MILANO
[illegible]naio 193[illegible] - Anno IX

Fascicolo I
Volume VIII

L'Energia Elettrica

[illegible] ATTI DI L'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA [illegible] NAZIONALE FASCISTA DEI GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
Direttore: SENATORE PROF. O. M. CORBINO

SOMMARIO del N. 1 del 1931

(da pag. 1 a pag. 88)

L'ENERGIA ELETTRIC[…] per il 1931

Il 1931 è l'VIII° anno della Rivista: L'ENERGIA ELETTRIC[…] nni di esistenza tengono il posto di un programma e valgono meglio di qualsiasi promessa. I miglioramenti continuar[…] ti, sia nella veste esteriore che nella materia trattata, le nuove rubriche attuate dimostrano un desiderio sempre vigi[…] rendere la Rivista pratica ed utile.

Il prezzo d'abbonamento – comprensivo della RIVISTA e del SUP[…] MENSILE ECONOMICO-STATISTICO – rimane invariato: Lire 105 per il Regno, Lire 210 per l'estero. Abbiamo però pe[…] llo scopo di rendere la nostra pubblicazione maggiormente accessibile alla classe degli elettrotecnici raggruppati nell'A[…] ZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA, e degli ingegneri iscritti al SINDACATO NAZIONALE FASCISTA DEGLI INGEGNERI, – di rid[…] ER GLI ABBONATI VECCHI E NUOVI, appartenenti alle due grandi Associazioni, il prezzo di abbonamento a L. 80 (ottanta[…] r il Regno, e a L. 150 (centocinquanta) per l'estero. Sarà però necessario che questi abbonati, per usufruire di tale benef[…], indichino l'associazione cui appartengono, la Sezione cui sono iscritti e il numero d'iscrizione. Tali abbonamenti dovranno [e]ssere fatti ESCLUSIVAMENTE presso la nostra Amministrazione e cioè non attraverso librerie, agenzie, ecc.

Anche quest'anno, per rendere più spedita ed economica la rinnovazione abbiamo stabilito che l'abbonamento possa farsi, per quelli del Regno, a mezzo del conto corrente postale. Chi intende abbonarsi, potrà, versando L. 105, oppure L. 80, ad un ufficio postale, risparmiarsi la noia dell'assegno, la spesa della raccomandata o quella della cartolina vaglia. L'abbonamento direttamente inviato è la forma migliore: essa evita le cause di possibili disguidi o errori e allevia le spese tanto per chi spedisce che per chi riceve. La sollecitudine poi impedisce le sospensioni ed evita di correre il pericolo della mancanza di qualche numero perchè esaurito.

Per coloro che desiderano le annate arretrate, ripetiamo, nel prospetto che segue, i prezzi di vendita per ciascuna di esse. Le sette annate de L'ENERGIA ELETTRICA coi loro 73 fascicoli e i tre numeri speciali, costituiscono una vera Enciclopedia dei più recenti studi in materia di elettricità.

Amministrazione de L'ENERGIA ELETTRICA.

Milano, dicembre 1930.

Le annate arretrate de L'ENERGIA ELETTRICA

1924	(3 fasc.)	L. 50.—	nel Regno;	L.	80.—	all'Estero
1925 (10 fasc. e gli estratti degli articoli pubblicati nei primi due numeri esauriti)		L. 200.—	nel Regno;	L.	300.—	all'Estero
1926	(12 fasc.)	» 130.—	»	»	200.—	»
1927	(12 »)	» 150.—	»	»	200.—	»
1928	(12 »)	» 150.—	»	»	200.—	»
1929	(12 »)	» 130.—	»	»	200.—	»
1930	(12 »)	» 120.—	»	»	200.—	»

Ai 12 numeri dell'annata 1927 è aggiunto il numero speciale dedicato ad Alessandro Volta, al quale hanno collaborato i più eminenti scienziati italiani.

Ai 12 numeri dell'annata 1929 sono aggiunti il numero speciale: SUGLI INTERRUTTORI IN OLIO e quello: SULL'IMPIEGO DELL'ENERGIA ELETTRICA NELLE BONIFICAZIONI MECCANICHE compilato dal Prof. ing. Francesco Marzolo, con 4 tavole e 100 illustrazioni.

Le 7 annate, vale a dire la raccolta completa della Rivista, compresa cioè l'annata 1925, che è valutata da sola L. 200 per il Regno e L. 300 per l'Estero, essendo esaurita (73 fascicoli, gli estratti degli articoli dei numeri esauriti, il numero voltiano e i due numeri supplemento), L. 700 nel Regno e L. 1000 all'Estero.

L'abbonamento al solo BOLLETTINO ECONOMICO-STATISTICO costa L. 15 all'anno per il Regno – L. 20 per l'Estero.

Per abbonamenti, ordinazioni indirizzare all'Amministrazione de L'ENERGIA ELETTRICA, Foro Bonaparte, 31 - Milano (109) (Conto corrente postale N. 3-14839 – Milano).

MILANO
Gennaio 1931 - Anno IX

Fascicolo I
Volume VIII

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

ING. TULLIO CRISTOFOLINI
SOCIETÀ INDUSTRIALE TRENTINA - SOC. ANON.
e
ING. GIACOMO PEDRELLI
SOC. ANON. BELLUNESE COSTRUZIONI CIVILI

La presa subacquea dal lago di Cavedine per la galleria di derivazione dell'impianto idroelettrico di Fies sul Sarca della Società Industriale Trentina

I. GENERALITÀ.

A Nord del paese di Dro nella valle del Sarca, il lago di Cavedine occupa un tratto dell'antico solco vallatico del fiume Sarca, solco che è stato sbarrato da quell'enorme frana che si chiama delle Marocche e che ricopre la superficie di oltre 12 km², con un volume che si può calcolare press'a poco di ½ miliardo di metri cubi.

È questo sbarramento dell'intera vallata che ha creato il dislivello utilizzato per gli impianti della Società Industriale Trentina: primo quello di Fies, ultimato nel 1909, e quindi quello di Dro, nel 1924.

La Centrale di Fies deriva l'acqua direttamente da un'ansa del lago di Cavedine, cosidetta «Laghisol», con un canale a pelo libero; quella di Dro dalla restituzione della Centrale di Fies, integrando inoltre la portata con una seconda presa costituita da una diga sul Sarca, nei pressi di Fies.

Nel 1926 la SIT decise di eseguire l'ultima fase del programma di sviluppo degli impianti idroelettrici sul Sarca, in primo luogo per dare agli esistenti impianti di Fies e Dro quell'assetto e quelle dimensioni atte a renderli entrambi capaci di utilizzare effettivamente e senza perdite notevoli le portate del Sarca fino a 30 m³/sec, ed inoltre per valorizzare al massimo limite possibile la capacità di accumulazione e di compensazione dei laghi di S. Massenza, Toblino e Cavedine, al fine di aumentare la elasticità, la potenza e la continuità di produzione degli impianti citati.

Tra le opere più importanti del progetto relativo al programma di sviluppo sopracitato, (oltre la centralina di Toblino, lo svaso dei laghi di S. Ma[illegible] Toblino, nonchè la dragatura del canale Rimone, de[illegible]za di 5 chilometri, congiungente i laghi di S. Mas[illegible]blino con quello di Cavedine) l'opera di presa e la gal[illegible]ta di derivazione della nuova Centrale di Fies era[illegible]e quelle che lascia[illegible]o prev[illegible]dere le maggiori difficoltà tecniche, data la natura ghiaiosa del terreno e la conseguente permeabilità delle sponde del lago.

Tali manufatti dovevano essere costruiti a 10 metri sotto il pelo normale del lago di Cavedine, onde ricavare, con uno svaso massimo di 5 metri, una dotazione di riserva di circa 5 milioni di metri cubi.

Il problema presentava una certa complessità, poichè bisognava tener conto dei diversi elementi che l'analisi stratigrafica dei terreni aveva messo in evidenza.

In proposito osservasi che i canali di derivazione delle due esistenti centrali, colle loro gallerie e i loro bacini di carico, hanno dovuto per forza essere costruiti sulle frane anzidette o attraverso ad esse.

Perciò la struttura di questo terreno è stata fatta oggetto, da parte del geologo consulente della SIT, l'illustre Prof. Dr. Gio. Batt. Trener, di un minuzioso studio, che comprende anche una relazione geologica in grande scala. I risultati di tale studio sono stati pubblicati nella seconda parte della monografia: *Gli Impianti Idroelettrici della Città di Trento* - Trento, maggio 1924-II°, pag. 33, con numerose illustrazioni, una carta geologica al 25.000 e una carta isobatica delle acque freatiche, pure al 25.000 (Stabilimento d'Arti Grafiche A. Scotoni, Trento).

Anche il regime delle acque freatiche è stato minuziosamente studiato per cura della Società, che, con una serie di pozzetti di assaggio e di livellazioni, ha fornito al geologo gli elementi necessari per la costruzione della carta isobatica sopra citata.

Uno dei risultati più notevoli dello studio geologico è stata la constatazione che sotto le frane esiste un apparato morenico di notevole estensione e che inoltre trovansi alcune basse collinette di roccia in posto sporgenti dalle morene.

Si è dunque trovata la traccia di un antichissimo paesaggio preglaciale, nel quale, dal fondo valle, emergeva una serie di piccole colline di roccia calcarea in posto. Queste colline furono

poi in parte ricoperte dalle morene, le quali, alla loro volta, sono state mascherate ed in parte travolte da quel complesso di frane che passano sotto il nome collettivo di frane delle Marocche (fig. 1).

Questa analisi dei terreni ha potuto essere fissata oltre che dal rilievo geologico, dallo studio dei vari profili delle due gallerie costruite per l'impianto di Dro e della vecchia galleria per l'impianto di Fies.

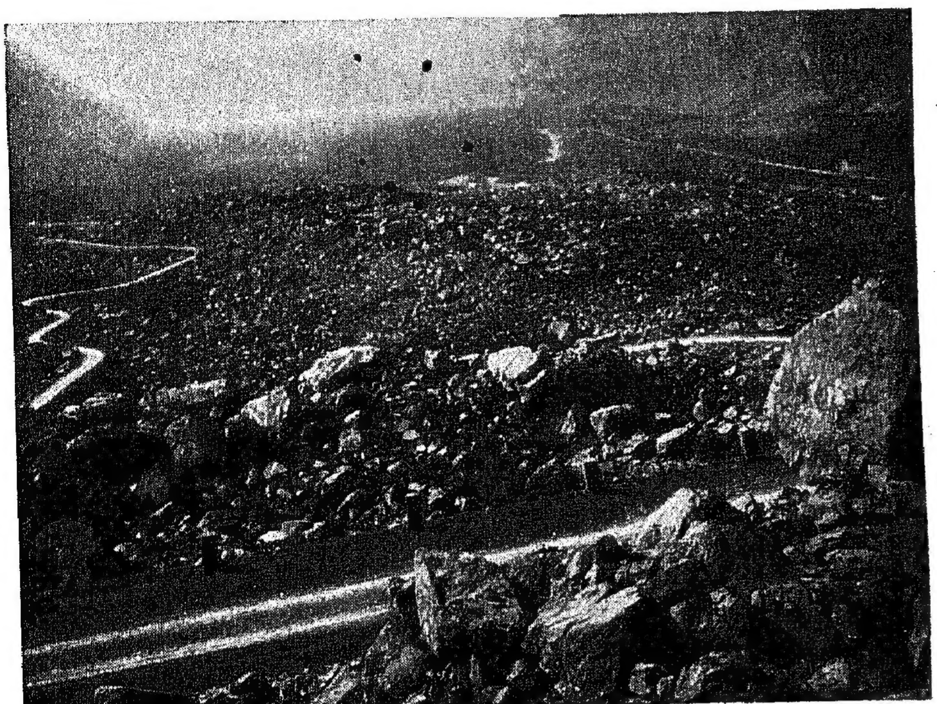


Fig. 1. - Aspetto panoramico delle frane delle «Marocche» viste dallo stradone di Drena. Nello sfondo il Sarca ed i monti di Arco.

Con tutte e tre queste gallerie si sono tagliati i terreni sopra ricordati, e precisamente: le colline rocciose (in numero di 4), le morene e alternativamente le frane.

Per entrare in particolari, diremo subito che, mentre lo studio geologico e l'osservazione diretta prevedevano nel primo tratto della nuova opera l'attraversamento di uno strato di frana ad elementi caotici e quindi permeabilissimi, si doveva tener conto della probabilità d'incontrare poco dopo terreni impermeabili, costituiti essenzialmente o da roccie in posto o da terreni morenici.

L'utilizzazione di queste cognizioni non sarebbe stata però tanto facile se non fosse esistita, come già detto, la vecchia galleria di presa che parte essa pure dal Laghisol e che, traversando lo stesso terreno della nuova presa subacquea ad una distanza relativamente piccola, poteva fornire dei preziosi elementi di raffronto.

Questi elementi sono riprodotti sullo schizzo planimetrico (fig. 2) dal quale risulta che la galleria della Centrale vecchia ha attraversato per una cinquantina di metri la frana permeabile, per 120 metri la roccia in posto calcarea, e subito dopo ha trovato uno strato di argilla con resti vegetali. Conseguentemente i terreni erano permeabilissimi fino alla progressiva 50 e sono stati asciutti appena la galleria è entrata in roccia.

Di fronte a questi risultati si poteva nutrire speranza di trovare, ad una cinquantina o ad un centinaio di metri al massimo dal lago, terreni impermeabili.

Partendo da questa premessa si decise, allo scopo di assaggiare il terreno, di costruire una discenderia (sezione 2.00 × 2.00 m²) con direzione parallela alla sponda del lago, alla distanza di circa 110 metri ed in direzione della galleria vecchia (vedi figg. 2 e 3).

A seconda dei risultati ottenuti si sarebbe fissata poi la traccia definitiva della galleria di derivazione, la quale si supponeva già a priori, dovesse incontrare condizioni tanto più favorevoli quanto più fosse stata spostata verso Ovest, cioè verso l'imbocco della galleria della Centrale vecchia.

Come è ovvio, la speranza era quella di trovare ad un centinaio di metri dalla sponda del lago uno dei terreni impermeabili, vale a dire roccia in posto, o morene, o uno strato d'argilla lacustre o almeno uno di quegli strati di materiale fino e mescolato con terra vegetale che, l'esperienza aveva insegnato, formano talvolta il rivestimento delle colline rocciose.

Diciamo subito che tali previsioni e speranze si sono completamente avverate.

2. Lavori preliminari.

Nell'aprile del 1927 si iniziarono i lavori di scavo della discenderia partendo da quota 250.90, ed in breve, raggiunta la quota lago, dopo circa 36 metri di cunicolo discendente, si proseguì orizzontalmente alla quota 236.20.

In questo primo tratto si attraversarono elementi di frana permeabile. Alla progressiva 39, un pozzetto d'assaggio ci indicò che avevamo incontrato la falda d'acqua freatica pressochè al livello del lago stesso. Le pompe installate per tentare il prosciugamento e facilitare lo studio di portata in quel punto non permisero di abbassare il pelo d'acqua che di poche decine di centimetri.

Non scoraggiati da questo primo risultato, d'altronde preveduto, si procedette sempre orizzontalmente, mantenendo il cunicolo a quota 236.20 verso Ovest, tentando con dei pozzi di assaggiare il livello dell'acqua freatica. A far ciò ci incoraggiava il fatto che il terreno, man mano che il cunicolo procedeva, diventava sempre più minuto e compatto. Infatti, a progressiva 74 ci riuscì di scendere con un pozzo fino a quota 232, cioè metri 4.00 sotto il pelo lago, senza avere se non poche infiltrazioni, allontanate da una piccola pompa a mano, della portata di 30-35 litri al minuto primo.

Considerato tale ottimo risultato, venne fissata la traccia della galleria (Iª traccia) a 15 metri di distanza da tale pozzo, cioè alla progressiva 89.00. Approntato un tronco cieco di cunicolo laterale per l'argano, si proseguirono gli scavi della discenderia, scendendo, con pendenza del 30% circa, nella direzione dell'asse della progettata galleria. Senonchè, raggiunta la quota 232.50, l'acqua, che, per i primi metri non dava alcuna noia, cominciò ad aumentare in un modo non troppo rassicurante.

La meta non era ancora raggiunta e non dava certo garanzia di buona riuscita il persistere negli scavi per mantenere ad ogni costo questo primo tracciato della galleria. Visto che il terreno aumentava le sue caratteristiche di impermeabilità quanto più si procedeva verso ovest, si decise senz'altro di proseguire il primitivo cunicolo alla quota 236.20, mantenendo l'asse rettilineo fin tanto che non si avesse avuto la certezza di rintracciare il terreno adatto a permettere di scendere a 10 metri sotto il pelo lago, senza avere la minima infiltrazione d'acqua. La decisione presa ebbe ben presto il risultato atteso. Infatti, alla progressiva 120, dopo aver eseguiti altri pozzetti di sondaggio, si ebbe la sensazione di aver finalmente raggiunto il punto opportuno, per iniziare con fortuna la discesa.

Il terreno ghiaioso appariva estremamente compatto ed assolutamente impermeabile.

Era successo che la discenderia aveva trovato dapprima quegli strati di materiale minuto di frana vecchissima mescolati con terra vegetale e formati probabilmente, almeno in parte, da detriti di falda travolta dalle frane, detriti che, per il contenuto di roccia polverizzata e di terra nera vegetale, avevano un certo grado di impermeabilità sempre maggiore man mano che ci si avvicinava alla mor[illegible]a.

Perciò fu deciso di scender[illegible]so [illegible] nuova traccia (IIª) con una discenderia pressochè ad[illegible]pe[illegible]endicolare, ciò che permetteva di trasportare ancora[illegible]co[illegible]to della galleria forzata verso O[illegible]st, dove le condizi[illegible]meabilità erano senza dubbio [illegible]pre più favorevoli[illegible]

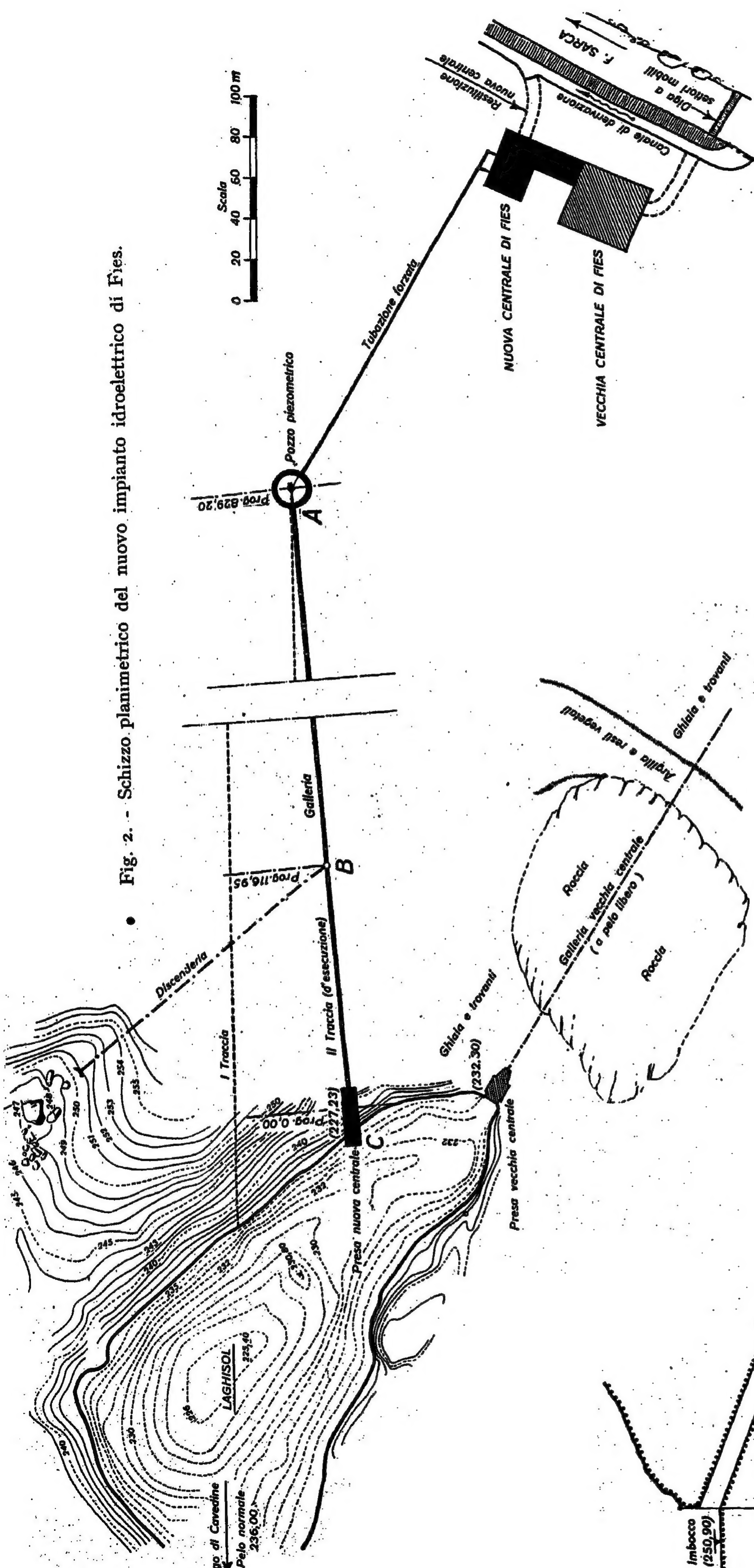


Fig. 2. - Schizzo planimetrico del nuovo impianto idroelettrico di Fies.

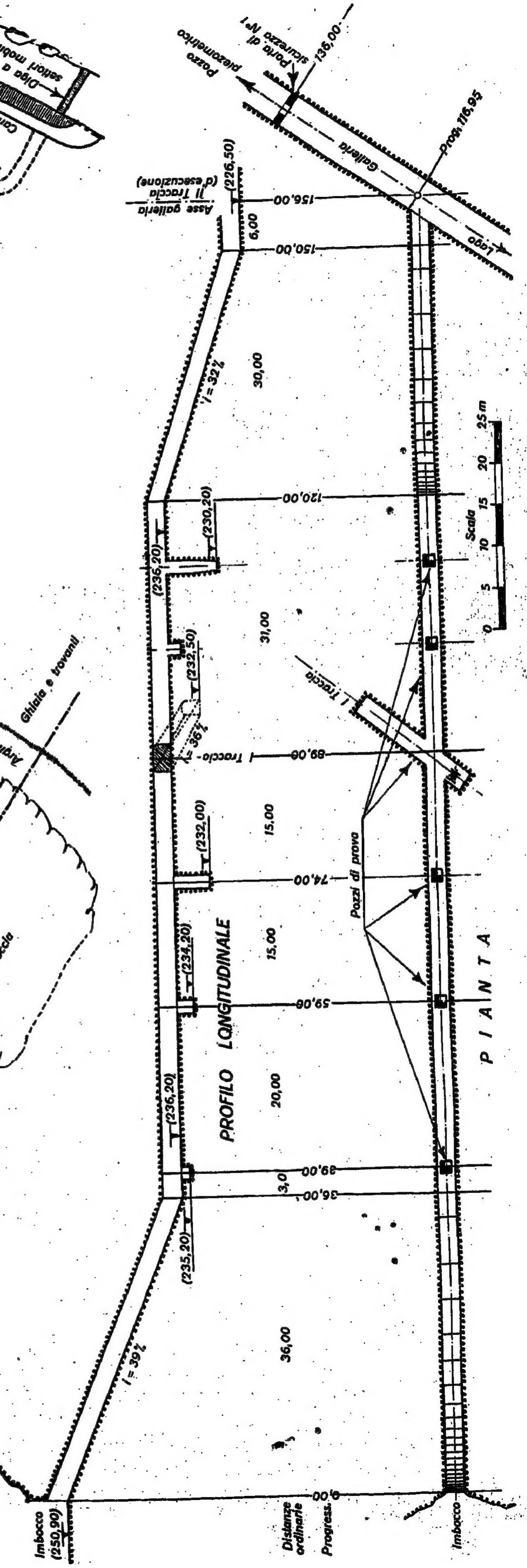


Fig. 3. - Discenderia (profilo longitudinale e pianta).

Alla fine di agosto fu raggiunta la quota 226.50 a metri 9.50 sotto il pelo lago (236) senza aiuto di pompe e senza la benchè minima presenza d'acqua. Eravamo arrivati alla zona di contatto con terreni morenici perfettamente asciutti.

Constatato così l'avverarsi delle nostre speranze, e fissata la traccia definitiva (IIª traccia d'esecuzione) della galleria forzata che doveva congiungere il Laghisol col pozzo piezometrico, si potevano fare queste ulteriori previsioni:

Nei riguardi della galleria tra pozzo piezometrico e discenderia, lo scavo poteva venir iniziato contemporaneamente su due imbocchi, poichè essa avrebbe attraversato un terreno morenico impermeabile per un tratto abbastanza lungo da scavalcare la falda freatica. Ricordiamo come la carta delle isobate della falda freatica ci insegnava, che, ad una certa distanza dal lago, per effetto della incisione prodotta nella frana dal nuovo corso del Sarca, la falda freatica doveva abbassarsi rapidamente.

Di conseguenza era prevedibile che anche quando la galleria fosse uscita dalla morena per sboccare nel pozzo piezometrico di Fies, attraverso le frane sciolte, l'acqua freatica non avrebbe più potuto dare nessuna noia.

Nei riguardi del tratto di galleria d'approccio, di circa 120 metri, verso il Laghisol, si poteva sperare, con molta probabilità, di trovare, almeno per una buona metà, un terreno avente una certa impermeabilità.

Per l'esecuzione dei lavori relativi a questa seconda parte si ritenne opportuno, in via preliminare, scavare un cunicolo di assaggio in partenza dalla sponda del lago con fondo a quota 236.50, seguendo l'asse della traccia d'esecuzione. Tale cunicolo avrebbe data la possibilità di assaggiare con pozzi verticali il terreno in vari punti. Eseguito il cunicolo stesso per una lunghezza di metri 55 circa e scavati tre pozzi, mediante prosciugamento con grosse pompe a distanza progressivamente maggiore a partire dalla sponda del lago, si potè accertare, come del resto si era previsto, che la consistenza del materiale aumentava quanto più ci si inoltrava verso la discenderia, diminuendo conseguentemente la quantità delle filtrazioni. Si potè così presumere in via di massima che per un tratto di almeno 50÷60 metri a partire dalla discenderia, sarebbe stato possibile scavare la galleria, pur con difficoltà progressivamente crescenti, senza però dover ricorrere a mezzi d'opera eccezionali.

3. Programma di lavoro.

Tenuto conto delle circostanze rilevate, dopo aver esaminata la questione sotto i suoi vari aspetti, venne concretato il seguente schema generale di esecuzione:

I tempo: Esecuzione del tratto di galleria forzata tra il pozzo piezometrico e la discenderia, completata da gunite armata (vedi fig. 2, tratto *A-B*).

II tempo: Esecuzione del tratto di galleria dall'incrocio discenderia–asse galleria, verso il Laghisol, colla relativa opera di presa, costituita da un manufatto contenente la doppia griglia, la paratoia di manovra e quella automatica di sicurezza (tratto *B-C*).

Attraverso la galleria già completamente ultimata, si rendeva così molto più agevole lo scarico dell'acqua, che presto o tardi si sarebbe avuta col procedere degli scavi verso il lago.

Con una paratoia, opportunamente collocata in prossimità della discenderia, si sarebbero poi assicurate tutte le opere a valle da eventuali minacciose irruzioni d'acqua o addirittura da sfondamenti di materiale, che avrebbero potuto provocare seri e gravi disastri.

Si ritiene opportuno rilevare che, in conformità alle previsioni la galleria forzata (tratto *A-B*) fu eseguita senza notevoli difficoltà dovute all'acqua, di cui non si verificarono che lievi trasudamenti. Solo in qualche zona, specialmente nella parte più a valle e per la lunghezza di circa 160 metri, si ebbero enormi pressioni causate dalla natura del materiale soprastante, costituito da grossi blocchi e da ghiaie sciolte. Ai primi di giugno del 1928 questo tronco di galleria era già ultimato, tanto da poter iniziare senz'altro il secondo tratto verso il lago (*B-C*).

Per quanto riguarda l'esecuzione delle opere relative al suddetto *II* tempo (tratto *B-C*) venne predisposto il seguente programma, d'accordo tra la Direzione Lavori della SIT e la Soc. An. Bellunese Costruzioni Civili, che aveva già eseguiti gli altri lavori inerenti al nuovo Impianto idroelettrico di Fies:

a) *Opere di presa:*

Costruzione ed affondamento, dalla parte del lago, di due cassoni ad aria compressa, occorrenti per il manufatto di prèsa, e per costituire il primo breve tratto di galleria, in quella zona di materiale che indubbiamente, data la sua completa immersione nell'acqua del lago, non consentiva lavori di scavo e muratura con altro mezzo.

b) *Galleria di approccio alla presa:*

1º) Prosecuzione della costruzione della galleria, procedendo da valle verso il lago con tutte le cautele possibili, prevedendosi che, appena oltrepassato l'ultimo diaframma di materiale abbastanza consolidato per la presenza di elementi argillosi, si sarebbe incontrato materiale più sciolto e, progressivamente, più permeabile ed in ogni caso più facilmente dilavabile con l'aumento delle filtrazioni.

2º Eventuale costruzione ed affondamento, a valle dei due cassoni di presa, di un terzo cassone, per ottenere, con lo stesso mezzo dell'aria compressa, un altro tratto di galleria nel caso che le difficoltà, dovute alla presenza d'acqua, l'avessero richiesto.

3º Applicazione di altri provvedimenti accessori, intesi sia a limitare eventuali invasioni d'acqua e di materiale in galleria di portata eccezionale (diaframmi e porte di sicurezza), sia a migliorare le condizioni del lavoro di scavo, di muratura e di finimento (iniezioni di cemento, pompe di esaurimento, applicazioni dell'aria compressa in galleria per l'esecuzione dell'intonaco a gunite).

4º Previsione, come ultima risorsa, di applicare lo scudo ad aria compressa, per ottenere il congiungimento della galleria (scavata da valle verso lago, mediante i mezzi suddetti) con il manufatto di presa.

In proposito, rileviamo però fin d'ora che questo ultimo provvedimento venne considerato da applicarsi soltanto in caso di estrema necessità, sia perchè ritenuto di scarsissimo rendimento e tale da richiedere grandissime cautele, data la natura eterogenea del materiale di frana, sia perchè in ogni caso avrebbe portato un grave onere finanziario, dovendo la spesa d'impianto essere caricata su un tratto di galleria della lunghezza massima prevedibile di 20÷30 metri.

Ad ogni modo, per non essere colti di sorpresa, nel caso si fosse resa indispensabile tale applicazione, venne di massima studiata anche l'apparecchiatura dello scudo per l'esecuzione con aria compressa (1), tenendo conto della natura del materiale.

4. Descrizione dei lavori (2).

Fissato così il programma nelle sue linee generali, si provvide all'impianto del cantiere per l'opera di presa, mentre dalla parte della galleria già costruita si cominciava a procedere con lo scavo in direzione del lago.

(1) Per i lavori in aria compressa la Società Bellunese si valse dell'opera della Ditta Gianfranceschi di Mestre, specializzata nel genere.

(2) Riteniamo opportuno avvertire che le note seguenti possono interessare in modo particolare chi intenda approfondire l'esame tecnico del lavoro nei suoi minuziosi dettagli.

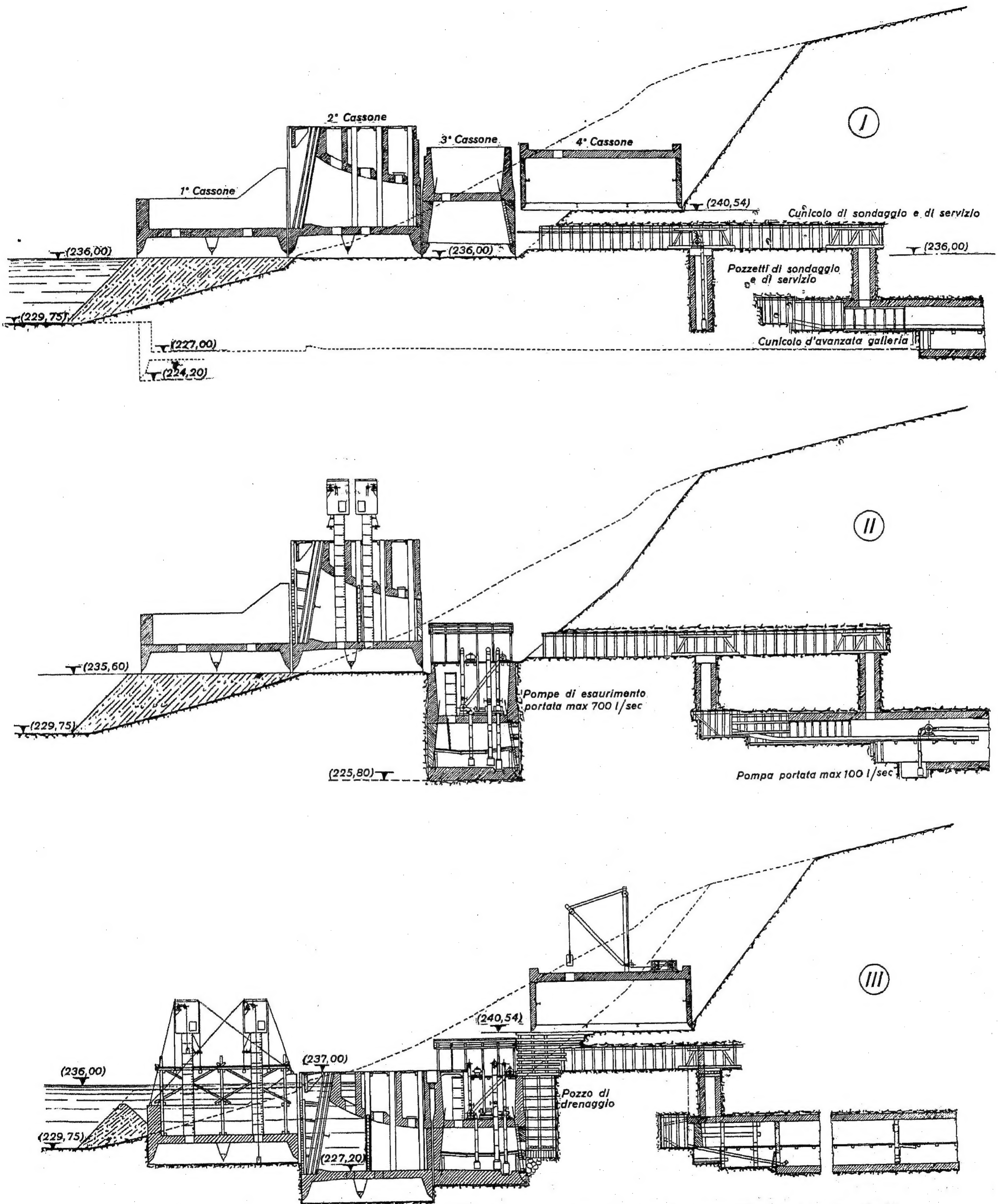


Fig. 4. - Opera di presa e galleria di derivazione al Laghisol nelle varie fasi di lavoro (Sezioni longitudinali).

a) *Opera di presa :*

Si compone di un manufatto con i muri d'ala d'imbocco nel lago e di un manufatto per la griglia e per le due paratoie.

I due suddetti manufatti dovevano costruirsi mediante affondamento, con aria compressa, come già detto, di cassoni in cemento armato, che avrebbero poi costituito la platea di fondazione per le opere murarie soprastanti, da eseguirsi man mano che i cassoni stessi venivano affondati (vedi figg. 4 e 5).

Per poter piazzare i due cassoni nel lago era stato previsto di dover prima fare un rinterro di materiale, per ricavarne appunto il piazzale occorrente a quota 236,20.

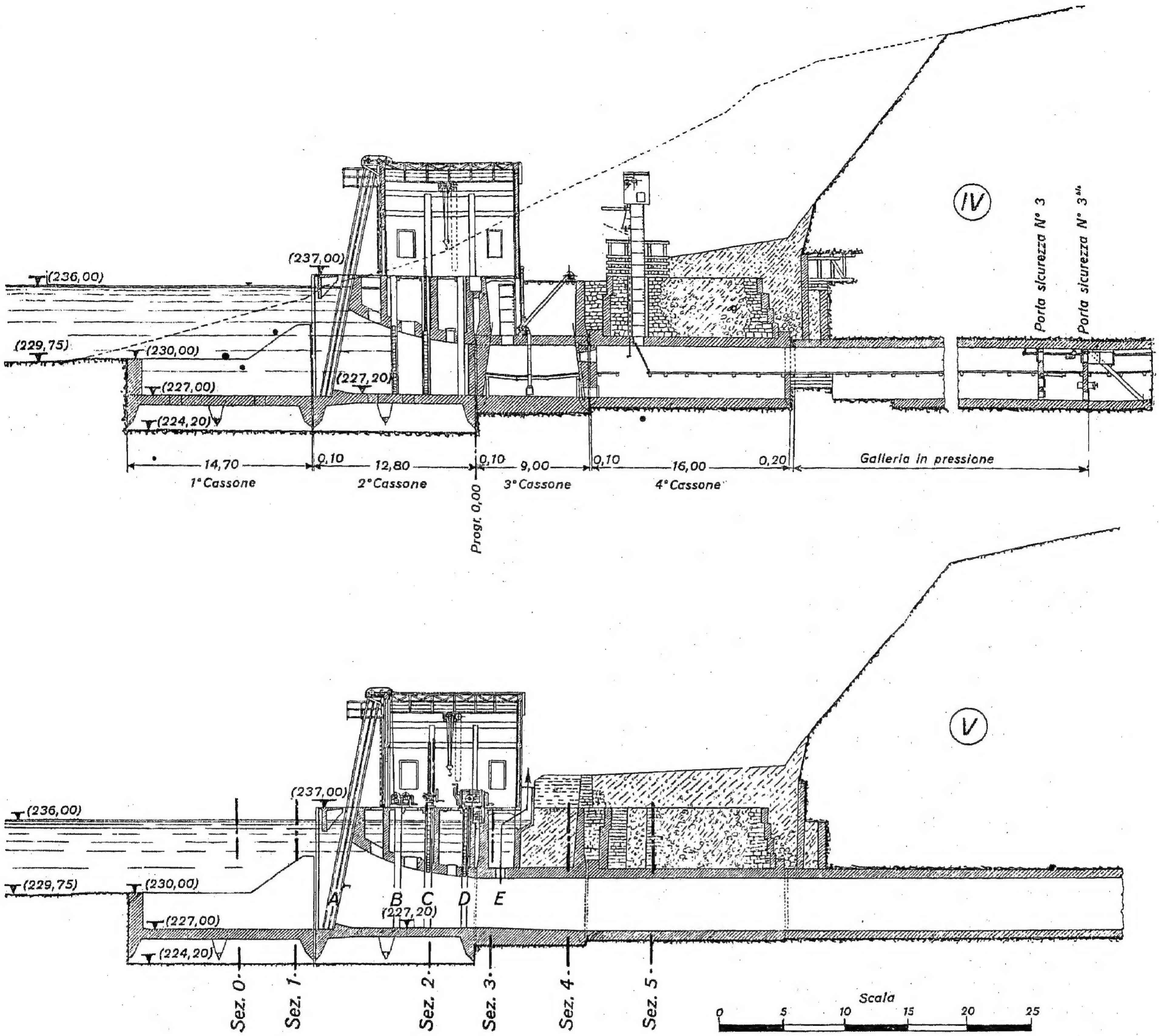


Fig. 4. - Opera di presa e galleria di derivazione al Laghisol nelle varie fasi di lavoro (Sezioni longitudinali).

I Posizione iniziale dei cassoni
II Fase di lavoro nell'Aprile 1929
III » » nel Giugno 1929
IV » » nel Novembre 1929
V Opera ultimata (31 Dicembre 1929)

A Griglia ed antigriglia estraibili
B Gargame sussidiario
C Paratoia di manovra a vite
D Paratoia automatica di sicurezza a catena Galle
E Foro di sfiato.

Cassone N.º 1, per i muri d'ala d'imbocco e di contenimento del materiale del fondo lago.

Le dimensioni fissate furono le seguenti: lunghezza metri 14.70, larghezza metri 8.00, altezza dal piano del tagliente in ferro al piano superiore della platea metri 2.80. La quota alla quale avrebbe dovuto risultare la platea, a cassone, affondato, era fissata a 227.

Le soprastrutture consistevano nei muri laterali d'ala, in calcestruzzo leggermente armato, e nel muro di testata verso il lago, per impedire franamenti del materiale di fondo sulla platea d'imbocco.

Cassone N.º 2, per le soprastrutture occorrenti per la doppia griglia e le paratoie.

Le dimensioni fissate per questo cassone furono le seguenti: lunghezza metri 12.80, larghezza metri 8,00, altezza tra il tagliente ed il piano superiore metri 2.90.

La quota alla quale avrebbe dovuto risultare la platea, a cassone affondato, era fissata a 227.23.

Le soprastrutture di questo cassone consistevano in due muri di fiancata, in calcestruzzo leggermente armato, portanti i gargami per le griglie e per le paratoie, con un robusto solaio in cemento armato che li collegava a circa metà altezza e che doveva servire per formare l'imbocco alla galleria, e con muri trasversali di collegamento al di sopra di detto solaio. Il piano di manovra delle griglie e delle paratoie veniva poi ottenuto con un'altra soletta in cemento armato, la quale, a lavoro ultimato, doveva risultare alla quota 237.

Al di sopra del piano di manovra si doveva poi costruire un edificio in cemento armato con muratura di mattoni, per rinchiudere e ricoprire tutti i meccanismi di manovra.

Si ritiene opportuno far presente che anche la parte della camera (galleria) di imbocco posta a valle della prima paratoia

era stata predisposta in modo da poter ricevere e contenere l'aria compressa qualora fosse stato necessario ricorrere a questo

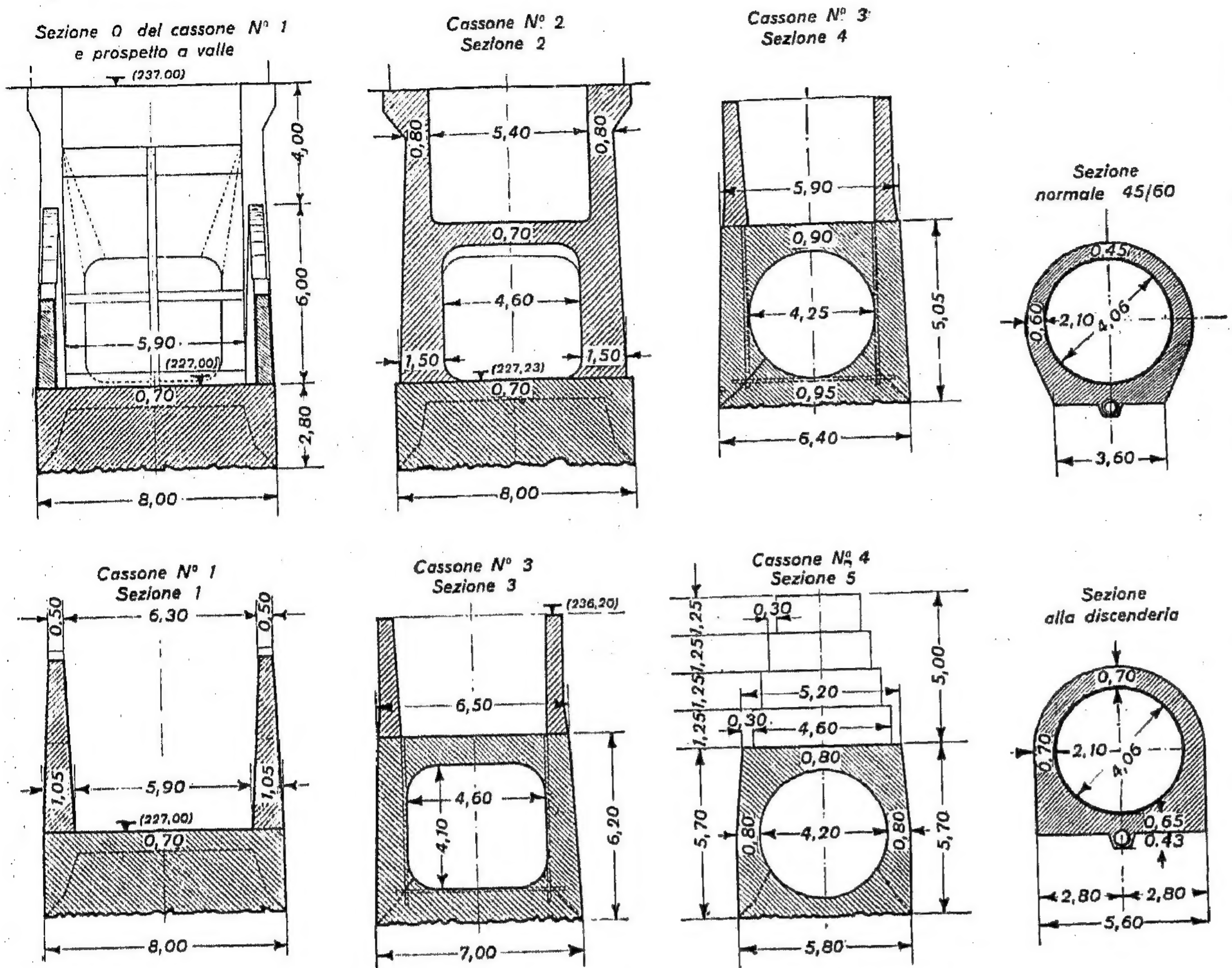


Fig. 5. - Alcune sezioni trasversali dei 4 cassoni.

mezzo per il congiungimento della camera stessa con la galleria a valle.

Venne stabilito che il cassone N.° 2 sarebbe stato affondato prima dell'altro, data la maggiore sua importanza per i meccanismi di manovra, e data l'opportunità di averlo pronto in tempo per il montaggio delle parti metalliche.

Eseguito il rinterro per formare il piano di piazzamento di questo cassone, verso la fine del febbraio e nella prima quindicina di marzo 1929 venne fatto il getto in cemento armato; prima di cominciare l'affondamento si provvide anche a piazzare le soglie in ferro per le paratoie e le griglie, ed a gettare in calcestruzzo un primo tratto dei muri laterali (per un'altezza di circa metri 4.00), fissando ad essi i corrispondenti pezzi dei gargami in ferro.

Alla fine di aprile venivano montate le due caminate in ferro colle campane per l'aria compressa, ed il 30 aprile si iniziava l'affondamento con tutte le cautele possibili per evitare che si verificassero sbandamenti.

Man mano che il cassone discendeva si provvedeva a completare il getto delle soprastrutture, murando contemporaneamente le occorrenti parti metalliche per i gargami.

Nel frattempo era stato impostato e costruito, a contatto verso lago con l'altro, anche il cassone N.° 1 che doveva portare i muri d'ala.

Cosicchè, mentre si provvedeva, durante l'affondamento del cassone N.° 2, ad armare e gettare le soprastrutture del N.° 1, se ne poteva anche iniziare l'affondamento in data 6 maggio 1929, con notevole vantaggio per il tempo e per la più regolare discesa dei due cassoni a contatto.

Il giorno 29 giugno il cassone N.° 2 raggiungeva, con il tagliente, la quota prestabilita (224.33) con approssimazione di due o tre centimetri, avendo mantenuta la perfetta verticalità dei gargami. Si provvedeva allora a riempire completamente la camera di lavoro con calcestruzzo magro di cemento, ottenendo così una platea massiccia dello spessore di metri 2.90.

Mentre venivano eseguiti i montaggi delle parti metalliche per le paratoie e le griglie, il cassone N.° 1 continuava l'affondamento (figg. 6 e 7) in modo che il 10 agosto 1929 il tagliente raggiungeva la quota prescritta 224.20 e si poteva eseguire il riempimento della camera di lavoro, come già fatto per l'altro cassone.

Ultimato così l'affondamento dei due cassoni con le soprastrutture occorrenti fino al piano di manovra delle paratoie, si provvedeva poi alla costruzione dell'edificio soprastante ed al completamento del montaggio di tutti i meccanismi.

Per poter mettere all'asciutto la camera delle paratoie fino al piano delle soglie (227.23), si approfittò del gargame sussidiario, predisposto a monte della prima paratoia, nel quale venne calata, in via provvisoria, una delle due paratoie in ferro completandola per la tenuta d'acqua con opere provvisorie in legname, eseguite anche con il sussidio del palombaro.

Mediante pompa di esaurimento venne prosciugata la parte a valle di questa chiusura provvisoria e così si poterono al-

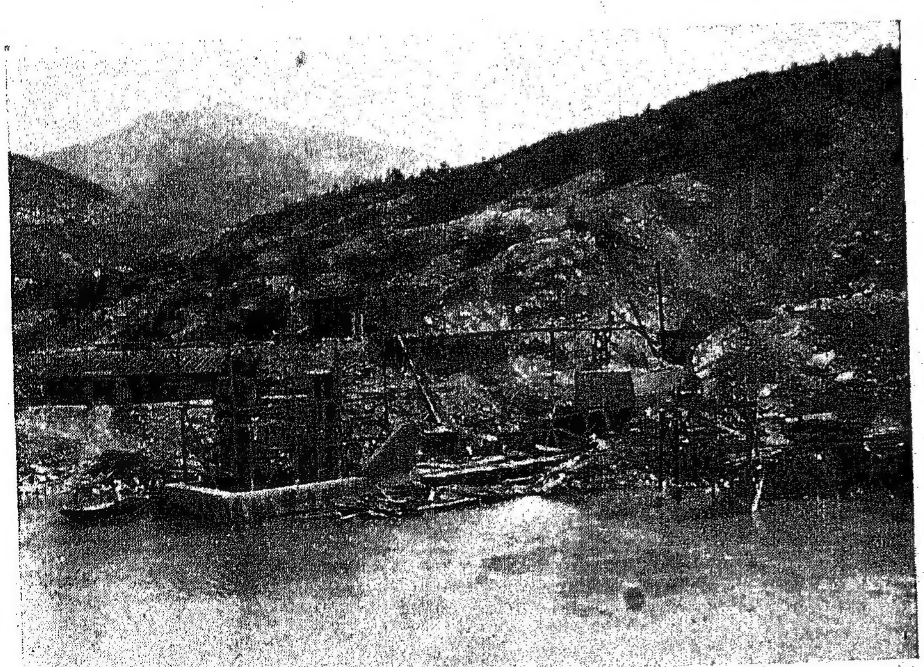


Fig. 6. - Affondamento ad aria compressa del cassone N. 1 nel lago e ad aria libera del N. 4 contro la scarpata del monte. I cassoni N. 2 e N. 3 interposti, sono già completamente affondati.

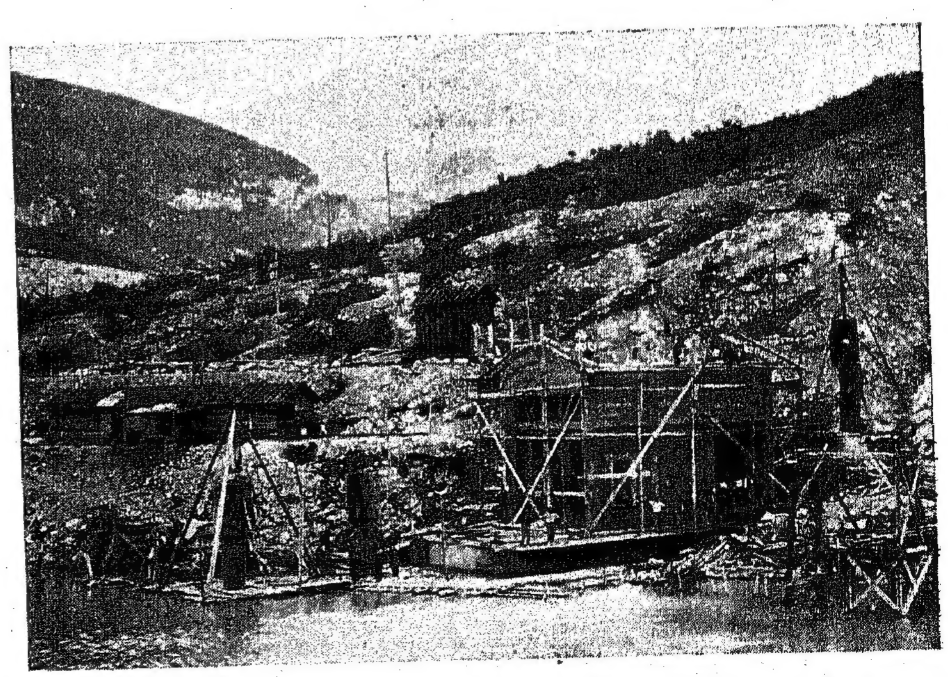


Fig. 7. - Prosegue l'affondamento ad aria compressa dei cassoni N. 1 e N. 4. Sopra i cassoni N. 2 e N. 3 si costruisce l'edificio di manovra.

l'asciutto calare successivamente le due paratoie nei rispettivi gargami e provarle in modo definitivo.

Rimaneva da demolire il diaframma provvisorio, in calcestruzzo magro, murato sulla testata verso valle del cassone N.° 2, costruito appunto per ottenere un compartimento stagno durante il montaggio delle paratoie.

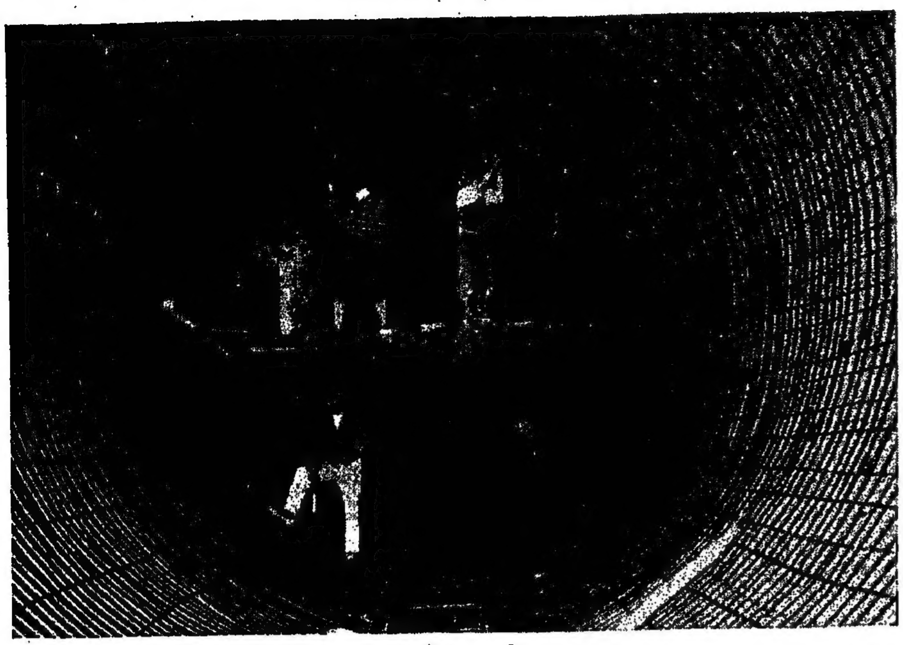


Fig. 8. - Posa dell'armatura in ferro per l'intonaco a gunite.

sivo scavo d'allargamento, seguito a breve distanza dal getto del calcestruzzo di rivestimento. Contemporaneamente si provvedeva a costruire, a metri 20 circa più a valle (pr. 136), la prima chiusura di sicurezza, porta N.° 1, costituita da un diaframma in calcestruzzo armato, munito di porta in ferro apribile verso monte a cerniera superiore orizzontale, e facilmente chiudibile per gravità ad un primo segnale di allarme.

Il lavoro della galleria per i primi 30 metri, e cioè fino alla progr. 87 circa (fig. 9) venne continuato all'asciutto, salvo lievi trasudamenti d'acqua; cosicchè si potè seguire il sistema di scavo e di muratura già adottato per tutta la galleria precedentemente costruita: e cioè cunicolo inferiore d'avanzata con sezione di m² 8.00, cunicolo superiore con sezione di m² 3.50, allargamenti in calotta, allargamenti ai piedritti, muratura dei piedritti, muratura della calotta, muratura dell'arco rovescio.

Arrivati però in prossimità della prog. 87 ai primi del luglio 1928, le filtrazioni d'acqua cominciarono ad aumentare rapidamente (fig. 10) e si stabilì di procedere d'allora, con le maggiori cautele.

Venne costruita a detta progressiva una seconda chiusura di sicurezza (porta N.° 2), formata da un diaframma di calcestruzzo armato, rinforzato con travi di ferro verticali e con porta in ferro a cerniera superiore orizzontale, analoga alla precedente, e munita a sua volta di portina a passo d'uomo e di tubi passanti, per il caso che si dovesse ricorrere all'aria compressa per la continuazione del lavoro (v. fig. 11).

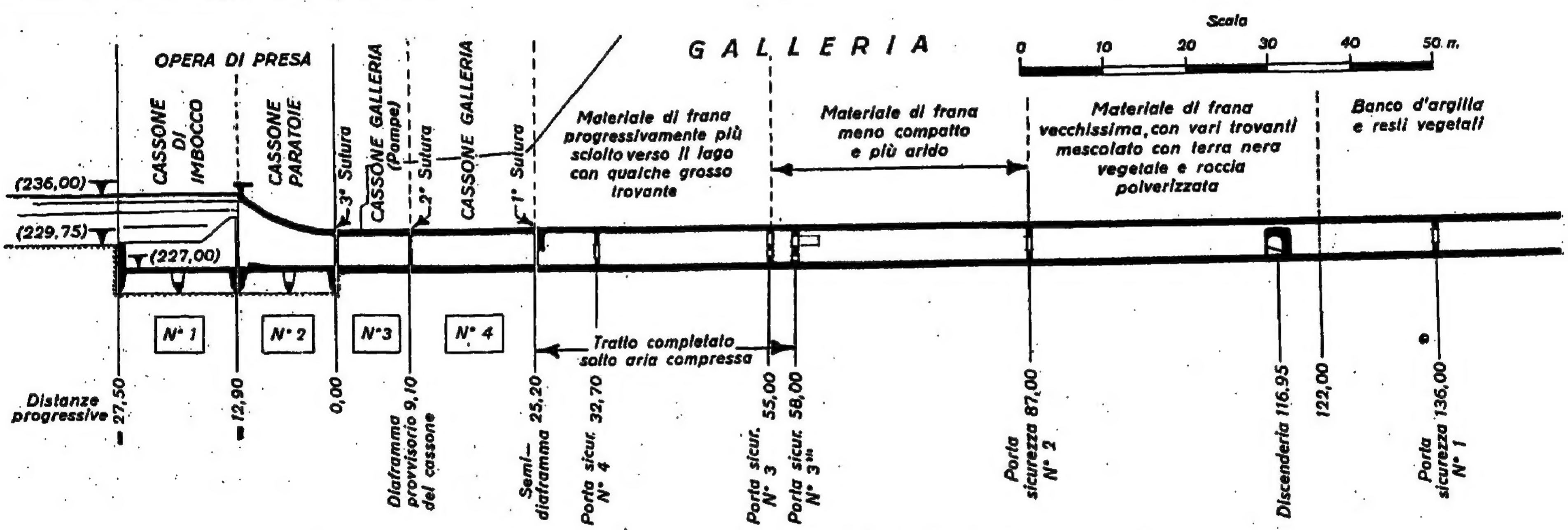


Fig. 9. - Galleria di approccio (di derivazione).

Mentre si eseguivano i lavori di completamento della presa, si provvedeva anche a dragare il materiale che durante la discesa del cassone N.° 1 nel fondo del lago era inevitabilmente franato entro i muri d'ala, ingombrando la platea di imbocco davanti alle griglie. Questa dragatura venne ottenuta con buon risultato mediante un raspo in ferro, sospeso ad una fune metallica tesa attraverso il lago (all'altezza di metri 6.00 circa dal pelo d'acqua): con tale raspo, manovrabile da terra mediante argani e funi metalliche (con sistema analogo al «drag-line») si riusciva a ripulire molto bene la platea tra i muri d'ala ed a sistemare le scarpate del fondo lago addossate ai muri stessi, scavando complessivamente oltre m³ 250 di materiale ghiaioso misto a massi anche di notevoli dimensioni.

b) *Galleria di approccio alla presa :*

1°) *Costruzione della galleria tra le progr.* 116.95 *e* 25.20.

A valle della progressiva 116.95 (punto d'incontro con la discenderia di servizio) la galleria era stata già ultimata come precedentemente accennato (fig. 8).

Ai primi del giugno 1928 si iniziava a partire dalla pr. 116.95 lo scavo del cunicolo d'avanzata verso il lago, nonchè il succes-

Il sistema di scavo e di muratura, a partire dalla progr. 87, venne modificato notevolmente rispetto a quello precedente-

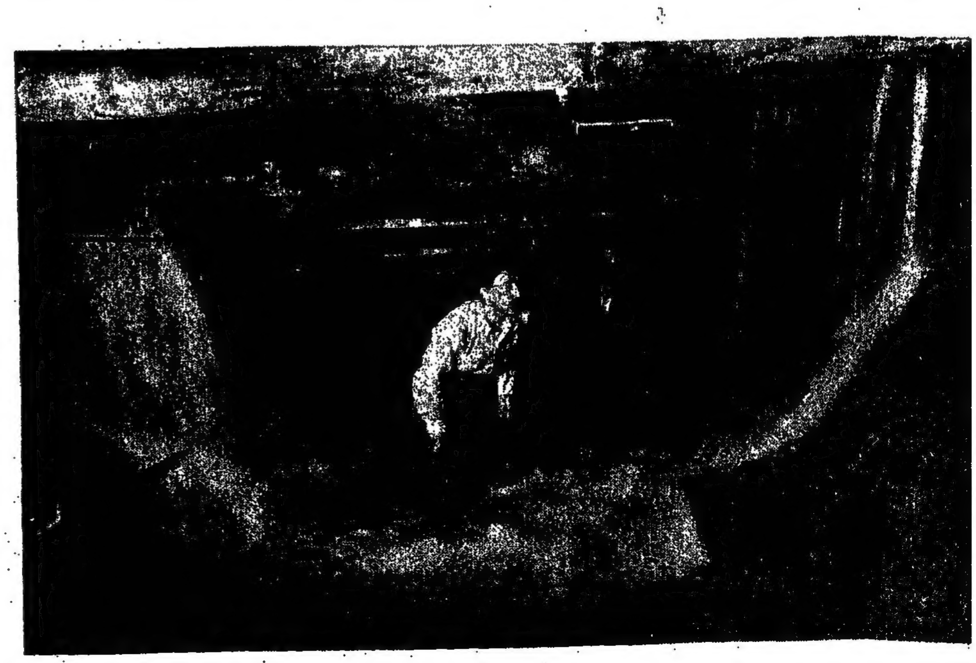


Fig. 10. - Aspetto della galleria di approccio nei momenti di filtrazioni preoccupanti.

mente seguito, per renderlo più adatto, in vista delle filtrazioni. Più precisamente, venne adottato un cunicolo d'avanzata in calotta con sezione di circa m² 3÷3.50, mantenendo fortemente armata la testata del materiale allo strozzo: eseguito il cunicolo di avanzata per m. 4÷5 di lunghezza, veniva attaccato subito



Fig. 11. - La galleria d'approccio si avvicina al lago e l'acqua di filtrazione defluisce in misura notevole. Sullo sfondo si nota la porta di sicurezza N.° 2, a destra lo sbocco della discenderia.

lo scavo d'allargamento in calotta e poi il getto del calcestruzzo di rivestimento della calotta stessa, appoggiandolo fortemente alle imposte su robuste banchine di legno. Si eseguiva quindi, a brevi tratti, lo scavo dello strozzo; e subito dopo la muratura dei piedritti per brevi campate di due metri di lunghezza, gettate alternativamente a destra ed a sinistra per evitare qualsiasi cedimento della calotta. Infine, a tratti più lunghi, veniva scavato e gettato l'arco rovescio.

Con questo procedimento, data la presenza d'acqua, si otteneva di rendere meno pericoloso lo scavo, e più agevole il getto del calcestruzzo, perchè veniva sopratutto assicurata l'opera in calotta portando sui fianchi e verso il fondo, dove meglio poteva raccogliersi e convogliarsi, la maggior parte delle filtrazioni.

Man mano che il lavoro procedeva, aumentando continuamente, con la vicinanza del lago, l'acqua di filtrazione, si intensificavano le cautele e si ricorreva a mezzi sempre più idonei per renderlo possibile e sicuro.

Infatti, alle palancole in legno per il rivestimento provvisorio (brandaggio con marciavanti), vennero sostituite in buona parte palancole di ferro formate con profilati del tipo pesante per traversine decauville, tagliate a lunghezze da metri 1.50 a 2.50.

Queste palancole di ferro presentavano il vantaggio che potevano venire infisse e guidate con uno sforzo molto minore, provocando minori scuotimenti nel materiale, e rendendo più difficile l'apertura di grosse vene d'acqua e di materiale, nonchè la formazione di camini.

Inoltre le acque di filtrazione venivano raccolte e portate verso i fianchi mediante lamiere di ferro formanti, specialmente nei punti di maggior filtrazione, un manto di rivestimento in calotta. Quando poi anche sui fianchi la quantità d'acqua cominciò a divenire tale da rendere preoccupante il getto del calcestruzzo per i piedritti, si adattarono le lamiere a guisa di casseforme, entro le quali il getto stesso riusciva più sicuro.

Sull'arco rovescio le acque venivano raccolte da tubi laterali di drenaggio e portate a smaltirsi in parte mediante un tubo collettore longitudinale (Ø 40 cm) murato nell'arco rovescio; ed in parte erano raccolte entro pozzetti dai quali venivano sollevate e convogliate a valle mediante pompe di esaurimento installate in galleria. Procedendo avanti quando l'acqua che sgorgava dal cunicolo d'avanzata e dagli allargamenti in calotta più avanzati ebbe raggiunto quantità rilevantissime (vedi prospetto cronologico), venne costruito, a circa metà altezza della galleria, un canalone di legno, largo m. 2.00 con sponda di m. 0.60 d'altezza, il quale raccoglieva, man mano che si avanzava, buona parte dell'acqua sgorgante dagli scavi superiori e la trasportava a valle del lavoro in corso (muratura piedritti ed arco rovescio), rendendolo attuabile e di buona riuscita. Nell'intento di consolidare il più possibile il materiale da scavare e quello circostante allo scavo, e profittando del già citato cunicolo d'assaggio precedentemente costruito a partire dalla sponda del lago nella direzione della galleria a quota (236.50), erano state anticipatamente eseguite molte iniezioni di cemento dall'alto verso il basso. Dall'interno del cunicolo si infiggevano a profondità fino a 4÷5 m dei tubi di ferro adatti per ricevere e diffondere le iniezioni; quindi con una apposita pompa, capace di creare una pressione fino a 25 atmosfere, si eseguivano le iniezioni. Vennero così iniettati, su un tratto di m 35÷40 di lunghezza, circa quintali 800 di cemento. Anche questo provvedimento, come si ebbe a riscontrare poi man mano che si avanzava con lo scavo della galleria, portò qualche facilitazione al lavoro, quantunque in misura limitata rispetto all'entità delle iniezioni eseguite. E questo specialmente per il fatto che, trovandosi in presenza di materiale ghiaioso di frana promiscuamente sciolto oppure frammisto ad elementi leganti argillosi e detritici, le iniezioni si diffondevano nel materiale più sciolto percorrendo anche lunghi tratti al di fuori della zona di lavoro, mentre non alteravano la composizione degli strati frammisti a detriti argillosi. Cosicchè poi, quando con l'avanzata dello scavo le vene d'acqua venivano richiamate dall'interno della galleria, sempre con crescente intensità, provocavano il dilavamento degli elementi terrosi-argillosi, e davano luogo a gravi minaccie di forti invasioni d'acqua e di camini. Ad ogni modo, anche le iniezioni fatte del cunicolo superiore hanno recato giovamento, consolidando in parte il materiale più arido e più disciolto.

Procedendo con tutti i provvedimenti e le cautele sopraccennate ed avanzando lentamente per evitare che una qualsiasi inavvertenza provocasse un disastro difficilmente riparabile, si arrivò nel febbraio 1929 a portare il cunicolo d'avanzata alla progr. 27, avendo le filtrazioni d'acqua raggiunta la portata rilevantissima (tenuto conto della natura del materiale) di oltre 400 litri al minuto secondo.

Intanto, per completare la descrizione della costruzione del tratto di galleria di approccio alla presa (tra la progr. 116.95 e 25.20) si fa notare che mentre tale lavoro procedeva tra difficoltà sempre maggiori, verso la fine del 1928 si adottavano provvedimenti intesi a contenere le filtrazioni in galleria entro limiti tollerabili; provvedimenti che sono dettagliatamente descritti nel capitolo seguente e dei quali il vantaggio non doveva tardare a farsi sentire. Cosicchè alla metà del febbraio 1929 si sospendeva il cunicolo di avanzata alla progr. 25.20 e si procedeva a completare, sempre tra difficoltà molto gravi, il tratto di galleria a valle di detta progressiva.

Al 15 luglio, questa parte di galleria era finalmente pressochè ultimata anche per la muratura di rivestimento, restando da eseguirsi, per un breve spazio (vedi fig. 12) i piedritti e l'arco rovescio, e per la lunghezza di circa metri 28 l'intonaco di gunite armata sull'arco rovescio: opere di completamento impedite per il dilavamento prodotto dalla forte corrente d'acqua in conseguenza della vicinanza del lago.

Giunti col lavoro a questo punto, considerate le difficoltà sopraccennate e tenuto conto di quelle anche maggiori prevedibili per l'ultimo tronco di galleria tutt'ora mancante (pr. 25,20÷pr. 0), si ritenne necessario provvedere al completamento della galleria adottando il sistema già predisposto e descritto nel capitolo seguente.

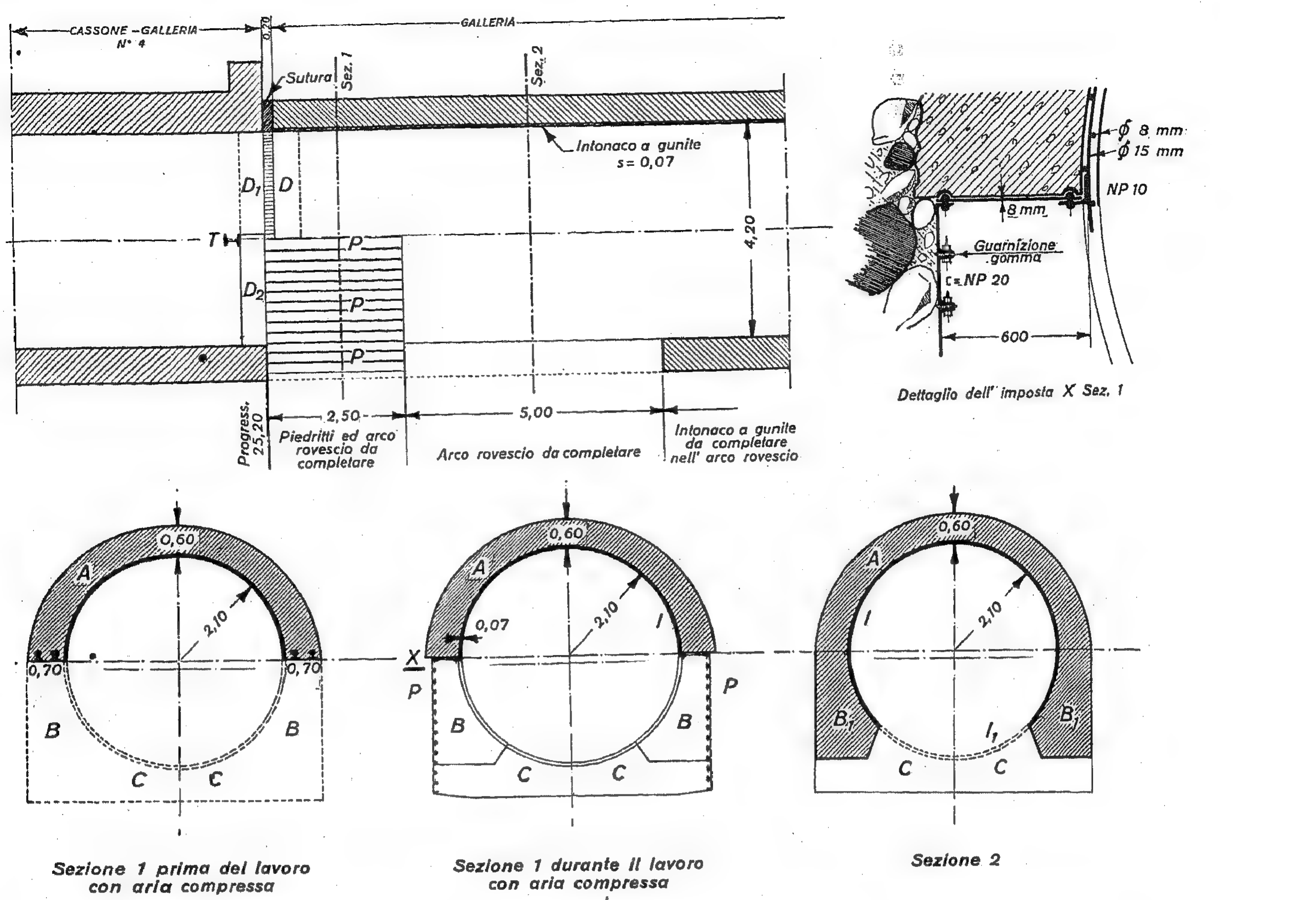


Fig. 12. - Dettaglio della sutura eseguita fra le calotte della galleria e del cassone N.° 4 e del completamento della galleria a valle della progressiva 25,20.

LEGGENDA

A = Calotta eseguita precedentemente ad aria libera;
B = piedritti eseguiti con aria compressa dopo aver abbassato il pelo d'acqua al piano di fondo;
B_1 = piedritti eseguiti come A;
C = arco rovescio eseguito con B;
D = diaframma (demolito) per la testata della galleria in calotta;
D_1 = » » » » del cassone N.° 4;
D_2 = » (da demolire) » » » » » »
I = intonaco a gunite eseguito ad aria libera;
I_1 = » » » » sotto aria compressa;
T = trave I NP 30 a rinforzo del diaframma provvisorio D_1 D_2;
P = profilati di ferro a [NP 20 posti in opera successivamente per completare la tenuta ad aria compressa in galleria e per eseguire il getto dei piedritti e dell'arco rovescio.

Alla progressiva 55 venne costruita una nuova porta di sicurezza (porta N.° 3) eguale a quella precedente, alla progr. 87 (in seguito demolita); e come questa predisposta in modo non solo da arrestare e contenere un eventuale allagamento del tratto di galleria più a monte, ma anche da consentirvi l'immissione dell'aria compressa. Nell'intento di assicurare la tenuta d'aria in galleria almeno fino al piano d'imposta della calotta, la testata a monte della galleria (progr. 25) venne chiusa con un diaframma trasversale di calcestruzzo, in modo che immettendo l'aria compressa si poteva fare assegnamento sull'abbassamento dell'acqua almeno fino al suddetto piano d'imposta.

A valle della nuova porta di sicurezza N.° 3 si eseguivano anche ritoccature a qualche punto dell'intonaco a gunite, e si facevano iniezioni verso l'interno della galleria, per consolidare il materiale circostante e creare quindi un ostacolo al formarsi di vie d'acqua dal lago verso valle, lungo l'estradosso: pericolo questo che avrebbe facilmente minacciato la galleria anche a lavoro ultimato.

Il prospetto cronologico qui riportato potrà dare un'idea riassuntiva delle difficoltà progressivamente incontrate in questo punto del lavoro, cioè tra le progressive 116.95 e 25.20.

Prospetto cronologico del lavoro della galleria fra le progressive 116.25 e 25.20.

Data		Filtraz. in l/sec
1928		
7/7	Cunicolo d'avanzata alla pr. 87; aumentando l'acqua di filtrazione si decide di murare la porta di sicurezza N. 2 (vedi figg. 4÷6); si sospende l'avanzata e si completa la galleria fino a detta progr.	10
20/7	Murata la porta di sicurezza, si riprende lo scavo in avanzata.	
20/8	Cunicolo d'avanzata alla progr. 77.	
20/9	Cunicolo d'avanzata alla progr. 67.	50
20/10	Cunicolo d'avanzata alla progr. 56.	

Data		Filtraz. in l/sec
16/11	Cunicolo d'avanzata alla progr. 45; sospeso il cunicolo d'avanzata per completare gli scavi e le murature dei piedritti più a valle..........	150
2/12	Ripreso il cunicolo d'avanzata.	
21/12	Cunicolo d'avanzata alla progr. 41 ..	200
31/12	Cunicolo d'avanzata alla progr. 38 ..	
1929		
20/1	Cunicolo d'avanzata alla progr. 32 ..	
1/2	Cunicolo d'avanzata alla progr. 28 ..	290
16/2	Cunicolo d'avanzata alla progr. 25; sospeso il cunicolo	400
1/3	Cunicolo d'avanzata sempre sospeso; getto calcestruzzo in calotta fino alla progress. 29	470
18/3	Getto calcestruzzo in calotta fino alla progress. 25.20. - Portato cunicolo d'avanzata alla progr. 24. - Costruito il canalone di scarico in legname per poter lavorare a valle	400
22/3	Attaccato il lavoro di scavo e muratura dei piedritti alla progr. 57, procedendo verso il lago..............	400
15/4	Scavo e muratura piedritti alla progressiva 49. - Iniziato il funzionamento delle pompe al 3º cassone (vedi cap. seg.)	400
30/4	Ultimazione muratura piedritti alla progr. 47. - Continua funzionamento pompe	280
17/5	Scavo e muratura piedritti alla progressiva 41	200
31/5	Muratura piedritti alla progr. 38; muratura arco rovescio fino alla progr. 40	200
15/6	Muratura piedritti alla progr. 33....	200
30/6	Muratura piedritti alla progr. 31; Muratura arco rovescio alla progressiva 32	220
15/7	Muratura piedritti alla progr. 28.50	270
22/7	Inizio intonaco di gunite armata per la calotta e la parte superiore piedritti	270
21/7 e 29/7	Costruzione e chiusura della porta di sicurezza N.º 3, alla progr. 55, per poi in seguito completare il lavoro tra le progressive 55 e 25.20, mediante l'aria compressa.	
1 e 15/8	Iniezioni per ridurre le filtrazioni attraverso il calcestruzzo di rivestimento nel tratto più prossimo a valle della porta N.º 3.	
15/8 e 30/9	Continuazione iniezioni suddette ed esecuzione dell'intonaco armato nell'arco rovescio a valle della porta N.º 3.	
Ottobre	Ultimazione intonaci a valle della porta N.º 3 e preparativi per poter completare la galleria nel tratto tra le progressive 55 e 25.20 (vedi capitolo seguente).	

2º) *Costruzione della galleria tra le progressive 25.20 e 0.00 e completamento tra le progr. 54.95 e 25.20.*

Prima ancora che il lavoro della galleria fosse portato alla progressiva 25.20, già fin dai primi del dicembre 1928, essendo giunto il cunicolo d'avanzata alla progr. 42 circa, con una portata d'acqua di filtrazione che già raggiungeva i litri 200 al minuto secondo, si era studiato a fondo, con la scorta di tutti i dati di fatto che si avevano ormai a disposizione, il modo di esecuzione dei lavori per completare la galleria fino al congiungimento con il manufatto di presa.

Data la lunghezza del tratto restante, ancora completamente da scavare, di oltre 40 metri, era stata senz'altro esclusa la possibilità di costruire la galleria per l'intero tratto seguendo i mezzi finora adottati. Un aumento progressivo fortissimo della filtrazione era ormai inevitabile. In considerazione di ciò si erano prese in esame, in via definitiva, le due seguenti soluzioni:

La prima consisteva nell'applicazione, appena le circostanze l'avessero richiesto, del sistema a scudo per lo scavo in galleria con aria compressa, creando una camera di equilibrio mediante due diaframmi attraverso la galleria già costruita, ed avanzando con uno scudo metallico del quale si erano già studiati alcuni dettagli.

La seconda prevedeva la costruzione all'aperto (previo sbancamento della sponda fino al livello del lago) di uno o due cassoni di cemento armato, da affondarsi mediante l'aria compressa fino a raggiungere la quota stabilita per la galleria.

Per questi nuovi cassoni si era prevista una sezione trasversale interna sagomata come quella della galleria (sezione circolare Ø = m 4.20), con le due testate chiuse da diaframmi trasversali provvisori. Raggiunta la quota di affondamento, si sarebbe poi dovuto eseguire il getto dell'arco rovescio (che come è ovvio non poteva venir costruito precedentemente), e provvedere alla demolizione dei diaframmi trasversali di testata, completando le suture con i tratti di galleria a monte e a valle.

A questo proposito si osserva (vedi anche figg. 5 e 6) che per i due cassoni descritti ad *a*) per l'opera di presa, era stata invece praticata la camera di lavoro normalmente in uso, cioè sottostante al manufatto del quale formava poi la platea.

Ritornando alle due soluzioni previste, la seconda si rendeva praticamente attuabile, anche in considerazione dei limiti imposti per il costo ed il termine del lavoro, soltanto se avesse dovuto applicarsi per un tratto di lunghezza non superiore a 25÷30 metri a partire dal manufatto di presa; e ciò perchè, dato il ripido pendio del terreno soprastante al lago lungo l'asse della galleria, lo sbancamento occorrente per piazzare i cassoni alla quota del lago sarebbe aumentato progressivamente in modo tale da divenire, ad una certa distanza dalla sponda, praticamente inattuabile. Per poter adottare questa soluzione si doveva quindi fare assegnamento sulla possibilità di costruire, per almeno altri 15 metri circa, un altro tratto di galleria, avanzando ancora, col sistema finora usato, da valle verso la presa.

Per assicurare tale possibilità venne quindi studiato il mezzo più idoneo a ridurre al massimo possibile la filtrazione d'acqua in galleria, contenendola almeno entro i limiti tollerabili per l'esecuzione del lavoro.

A tale intento, si pensò di creare, tra l'avanzata della galleria e la sponda del lago, un pozzo profondo, dal quale, mediante pompe potenti, si potessero richiamare in parte le filtrazioni d'acqua che altrimenti, attraverso il materiale ghiaioso, sarebbero state richiamate dallo scavo in galleria.

Inoltre, anzichè ricorrere alla costruzione di un pozzo provvisorio, si pensò di utilizzare appunto uno dei nuovi cassoni previsti, per farlo funzionare, una volta che avesse raggiunto la quota di fondo, come pozzo assorbente per le pompe.

Dopo aver esaminato con la maggior accuratezza le due soluzioni e dopo aver vagliati i vantaggi ed i presumibili inconve-

nienti dell'una e dell'altra, venne deciso di adottare senz'altro la seconda soluzione, come quella che dava maggiore affidamento di migliore riuscita, specialmente in considerazione della natura del materiale da attraversare.

Il sistema dello scudo in questo caso specifico presentava maggiori incertezze, maggiori pericoli ed un più grave onere finanziario.

Conseguentemente a tale decisione, nel gennaio 1929 veniva eseguito lo sbancamento per piazzare un cassone-galleria della lunghezza di m 9.00 (cassone N.° 3) a livello del lago (quota 236), e si provvedeva rapidamente alla sua costruzione. Data la rigidissima stagione (il termometro segnava fino a — 12° C), il cassone venne costruito con calcestruzzo, di cemento fuso, e dopo otto giorni dal getto, il 10 febbraio 1929, se ne iniziò l'affondamento con aria compressa.

A questo proposito si ritiene opportuno rilevare, per meglio precisare l'ordine cronologico di esecuzione del lavoro, che questo cassone N.° 3, fu il primo ad essere costruito ed affondato, appunto per accelerare il lavoro della galleria. Infatti i due cassoni, già precedentemente descritti per l'opera di presa propriamente detta, (cassoni N.° 1 e N.° 2) vennero costruiti ed affondati qualche mese dopo.

Il 26 marzo l'affondamento era ultimato avendo il tagliente raggiunto la quota fissata (226): nei giorni successivi venne gettato l'arco rovescio in calcestruzzo a completamento della sagoma interna di galleria, e poco dopo veniva tolta l'aria compressa per potere effettuare il piazzamento delle pompe.

Si ritiene qui possa interessare una breve descrizione dei dispositivi predisposti in questo cassone, allo scopo di usufruirne come pozzo assorbente per le pompe, ottenendone il miglior vantaggio possibile. Tali dispositivi dovevano soddisfare alle seguenti necessità:

1) che dall'interno del cassone, una volta affondato alla quota, e completato l'arco rovescio per evitare improvvisi colpi d'acqua, fosse possibile, mediante aperture richiamare la quantità massima compatibile con la portata delle pompe (fino a litri 700 al minuto secondo);

2) che i tubi pescanti delle pompe fossero collocati nell'interno del cassone alla quota più profonda, per abbassare, anche all'esterno, il livello delle acque filtranti dal lago e limitare l'afflusso alla galleria avanzante verso il lago. Per soddisfare alle esigenze indicate in 1), si stabilì anzitutto che il richiamo dell'acqua dall'esterno verso l'interno del cassone dovesse avvenire vicino alla testata più distante dal lago, e quindi più prossima alla galleria in corso di esecuzione: e questo non solo per rendere più efficace l'abbassamento del livello esterno delle acque di filtrazione dirette verso la galleria, ma anche per evitare il più possibile il maggior richiamo di acqua dal lago. Vennero quindi predisposti, durante il getto del cassone, diversi tubi di ferro da 20 e 25 cm, muniti all'interno di flange e dischi di chiusura, murati tutti nella parte più bassa e più a valle del cassone. La stessa testata costituente diaframma provvisorio da demolire poi, per dare il passaggio alla galleria, venne costruita ai fianchi in calcestruzzo e nella sua parte centrale, per una zona della larghezza di metri 2.00, con parete di grossi travi di legno che, in seguito, si sarebbero potuti parzialmente demolire durante il funzionamento delle pompe, man mano che fosse occorso aumentare la portata, richiamando sempre maggior quantità d'acqua dall'esterno.

Attraverso i due fianchi del cassone, a diverse altezze, vennero anche collocati dei tubi passanti di ferro da 5÷8 cm muniti di tappo o saracinesca, nell'intento di potere poi approssimativamente stabilire, stando nell'interno del cassone, il livello e l'entità dell'acqua circolante all'esterno, specialmente in conseguenza del fuzionamento delle pompe.

Per soddisfare alle esigenze indicate in 2), tenuto conto che l'arco rovescio nell'interno del cassone era fissato alla quota (227), ed il piano superiore del cassone alla quota media (232), mentre il lago oscillava intorno alla quota (236), venne stabilito di piazzare le pompe sul piano superiore stesso, in modo da far scendere i tubi pescanti attraverso la calotta, fino a metri 0.50 circa sopra l'arco rovescio.

E quindi superiormente al cassone venne costruita una camera in calcestruzzo a tenuta d'acqua, con i muri perimetrali raggiungenti la quota (236.50) per fare in modo che le pompe potessero mantenersi all'asciutto, installando però i motori elettrici con trasmissione a cinghia, per maggior sicurezza, su impalcato provvisorio, a quota 236.50.

Al piano dei motori venne anche piazzata una elettropompa da 50 litri al minuto secondo, pescante nella camera pompe, per poter rimettere queste all'asciutto in caso di allagamento.

Mentre si eseguiva il piazzamento delle pompe, si provvedeva anche al consolidamento del materiale lungo i fianchi del cassone, mediante iniezioni di cemento, specialmente nella parte più prossima al lago, nell'intento di chiudere fin dove possibile le vie di passaggio dell'acqua del lago lungo il cassone stesso. Già durante l'affondamento si erano adottate tutte le cautele possibili per evitare l'apertura di questi passaggi, facendo scendere il cassone con la maggiore regolarità e mantenendone ben rincalzati i fianchi con materiale adatto. Le iniezioni di cemento vennero effettuate con apposita pompa: in parte dall'esterno mediante tubi immersi verticalmente lungo i fianchi a diverse altezze dal livello del lago fino alla quota di platea; ed in parte dall'interno del cassone attraverso i tubi lasciati a tale scopo nelle murature durante la costruzione.

Essendo della massima importanza evitare che con il richiamo delle pompe si aumentassero specialmente le vie d'acqua dal lago lungo il cassone, anzichè attirare le filtrazioni già avviate verso lo scavo della galleria, si ebbe cura di persistere in queste iniezioni in modo da ottenere il migliore risultato possibile, tanto più che questo consolidamento sarebbe tornato molto utile anche a galleria ultimata.

In questa parte del lavoro, vennero infatti iniettati circa quintali 500 di cemento.

Dopo aver lasciato trascorrere diversi giorni per consentire al cemento iniettato di far presa sufficiente, il 13 aprile 1929 si cominciarono a provare le pompe, iniziandosi poi verso il giorno 15 il servizio ininterrotto di pompatura. In questa data, l'acqua di filtrazione nella galleria in costruzione raggiungeva e spesso anche sorpassava (a seconda del livello del lago) i litri 400 al minuto secondo; tanto che fino dal 1° marzo, come si è già detto, si era sospeso il lavoro di avanzata, reso ormai difficilissimo e pericoloso, e si provvedeva a completare, sempre con grande difficoltà, il lavoro di scavo e di muratura dell'ultimo tratto. Mentre le pompe funzionavano, dall'interno del cassone si aprivano, man mano, i tubi predisposti per la chiamata dell'acqua, e si cominciavano a demolire le travi in legno della testata a valle del cassone, per aumentare sempre più tale chiamata.

Dopo alcuni giorni di funzionamento delle pompe, l'acqua di filtrazione in galleria, che prima tendeva ad aumentare progressivamente con lo scavo, cominciò a segnare una sensibile riduzione, quantunque non ancora del tutto rassicurante. Venne però subito rilevato che la quantità d'acqua che poteva venire richiamata nell'interno del cassone, mentre aumentava fortemente con l'apertura di nuovi passaggi attraverso il cassone stesso, diminuiva poi di nuovo con il formarsi di ostruzioni parziali, dovute al materiale misto convogliato dall'acqua, all'imbocco di tali passaggi; cosicchè la portata media dell'acqua entrante nel cassone era di molto inferiore ai litri 700 al sec, che potevano venire smaltiti dalle pompe. Accertato questo inconveniente, si decise di rimediare, scavando, a ridosso della testata a valle del cassone, un pozzo provvisorio, con armatura in legname e con sezione di metri 2.00 × 3.00 circa, per dar luogo ad uno sviluppo molto maggiore della superficie di richiamo dell'acqua. Infatti questo pozzo, scavato quasi all'asciutto per

effetto delle pompe del cassone, potè venire costruito rapidamente fino alla quota (230) circa, e da questo momento l'acqua potè penetrare nel cassone e passare alle pompe in modo sufficiente, con una portata media di litri 500 al secondo.

Gli effetti di tale provvedimento si fecero rapidamente sentire in galleria; infatti il 30 aprile l'acqua di filtrazione era ridotta a litri 280 al sec, nonostante l'avanzamento del lavoro verso il lago, ed il 30 maggio a soli litri 200, mantenendosi poi in questi limiti per tutto il mese di giugno, e portandosi a litri 270 circa verso la metà di luglio, in conseguenza della forte vicinanza dello scavo di galleria al lago. A questo punto, come si è già descritto nel capitolo precedente in b), la costruzione della galleria aveva raggiunto la progr. 25.20, restando cioè un intervallo di soli metri 16 tra il cassone delle pompe e la galleria stessa.

In conformità al programma, il tratto di galleria corrispondente al sopracitato intervallo di 16 metri, si poteva costruire mediante un secondo cassone-galleria (cassone N.º 4) sagomato come il precedente N.º 3.

Per evitare il fortissimo sbancamento che sarebbe occorso per piazzare tale cassone alla quota del livello lago, con minaccia di provocare anche frane pericolose e caduta di sassi (data la forte pendenza del terreno) sul cassone stesso e sull'apparecchiatura dell'aria compressa, venne stabilito di piazzarlo a quota (241) aumentando così la profondità di discesa a metri 15.00. D'altra parte era da tenere presente il vantaggio che il cassone, data l'azione d'esaurimento delle pompe, sarebbe potuto discendere ad aria libera per una certa profondità, anche sotto il pelo lago.

Eseguito quindi lo sbancamento del piano alla quota (241), nel mese di giugno 1929 veniva costruito il nuovo cassone in cemento armato (N.º 4), avente lunghezza di metri 16, larghezza di base di metri 5.80, sezione interna circolare con diametro di metri 4.20; alla fine dello stesso mese se ne iniziava l'affondamento con scavo ad aria libera. Questo scavo richiedeva speciali avvertenze perchè, essendo lo spazio di metri 16.00 esattamente delimitato tra la testata a valle del cassone delle pompe e la testata estrema a monte della galleria già costruita, era necessario fare in modo che il cassone discendesse perfettamente secondo le previsioni.

Man mano che il cassone s'approfondiva, per evitare che la discesa provocasse frane nelle scarpate circostanti, veniva costruito sul cielo del cassone stesso un nucleo di bloccaggio contenuto da muretti in calcestruzzo (vedi fig. 4 e 5), in modo che il piede delle suddette scarpate fosse sempre sostenuto il più possibile.

Il 18 luglio il cassone era disceso alla quota (233), continuandosi lo scavo ad aria libera: tuttavia, nella previsione che la quantità d'acqua diventasse da un momento all'altro troppo forte rispetto alla portata delle pompe, venne piazzata la camera di equilibrio (campana) per un tempestivo intervento con l'aria compressa. Lo scavo veniva però ripreso e continuato ad aria libera fino alla quota (230).

A questo punto fu introdotta l'aria compressa. Durante gli ultimi giorni di discesa del cassone ad aria libera essendosi verificato uno sbandamento in senso trasversale, e manifestandosi inoltre una forte pressione tra il cassone stesso e quello delle pompe (conseguenze queste delle spinte rilevantissime ed irregolari dovute alla grande altezza del materiale soprastante), prima di iniziare lo scavo con aria compressa si ritenne necessario provvedere a consolidare le scarpate soprastanti e ad alleggerire il peso irregolare contro le pareti del cassone, mediante scavi superficiali e spillatura di materiale dal disotto dei taglienti.

Rimesso così a posto il cassone, e sospeso il funzionamento delle pompe, si riprese l'affondamento con l'aria compressa, procedendo con molte cautele e lentamente per evitare nuovi sbandamenti che difficilmente, data la sempre maggiore profondità ed il maggior incastro, si sarebbero potuti rettificare.

Il 28 settembre si raggiungeva la quota di fondazione e subito dopo si gettava l'arco rovescio.

Quindi ai primi dell'ottobre 1929 lo stato d'avanzamento del lavoro per l'ultimo tratto della galleria di approccio tra la progr. 0 (manufatto di presa) e 55 (porta di sicurezza N.º 3), era il seguente:

1º) I due cassoni-galleria (N.º 3 e N.º 4) tra le progr. 0 e 25.20, completi con l'arco rovescio, alla quota stabilita, perfettamente affiancati l'uno all'altro, ma separati dai rispettivi diaframmi trasversali.

2º) La galleria a contatto col cassone N.º 4, alla progr. 25.20 per la parte corrispondente alla calotta.

Mancavano ancora, come si è detto precedentemente, un breve tratto di piedritti e di arco rovescio, e l'intonaco a gunite sull'arco rovescio fino alla porta di sicurezza N.º 3.

3º) Il cassone-galleria N.º 3 a contatto con il manufatto di presa (cassone N.º 2) alla progr. 0, ma pure separato da questo mediante i rispettivi diaframmi trasversali.

Si tenga presente che, per evitare i danni gravissimi, che sarebbero stati provocati dal continuo passaggio di forti vene d'acqua, specialmente durante la discesa del cassone N.º 4,

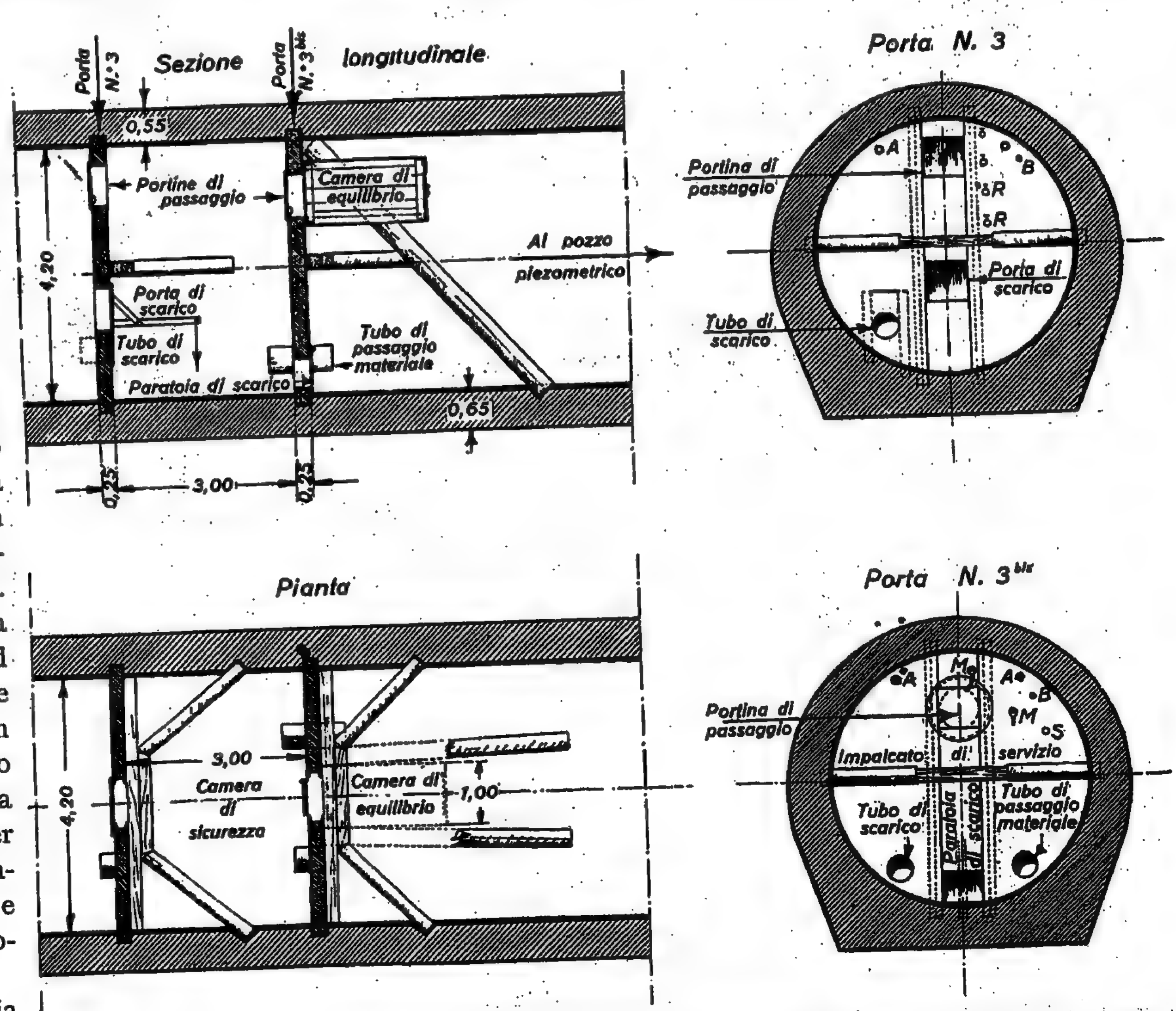


Fig. 13. - Dettaglio delle porte N. 3 e N. 3 bis, della camera di sicurezza ed apparecchiature per l'aria compressa in galleria.

A = tubi aria compressa;
B = tubo passaggio linea elettrica per illuminazione;
M = manometri;
R = rubin. di controllo aria ed acqua;
S = saracinesca di scarico aria compr.

si era provveduto in via provvisoria a riempire completamente d'acqua il tratto di galleria a monte della porta N.° 3, in attesa di riprenderne il completamento.

Quindi il lavoro che ancora si doveva eseguire per avere la galleria tutta aperta, completa, a tenuta d'acqua fino alle paratoie di presa era il seguente:

1°) Completamento del tratto di galleria a monte della porta di sicurezza N.° 3 (tra le progr. 55 e 25.20).

2°) Demolizione di tutti i diaframmi separanti i diversi tratti di galleria e completamento delle suture tra i singoli tratti.

Si procedette quindi nel seguente modo:

1°) *Completamento, in aria compressa, dell'intonaco nell'arco rovescio per il tratto di galleria a monte della porta di sicurezza N.° 3 e fino all'ultimo diaframma predisposto alla progr.* 32.70 (*porta N.°* 4).

Per creare una camera di sicurezza per gli operai, fu costruito a metri 3 a valle della porta N.° 3, un'altro diaframma in calcestruzzo attraverso la galleria (porta N.° 3 bis) e ad essa venne applicata, orizzontalmente in alto, una camera d'equilibrio in ferro (campana) per consentire il passaggio degli operai dall'aria libera all'aria compressa e viceversa (vedi figg. 4 e 13).

Il 16 ottobre venne immessa l'aria compressa in questo tratto di galleria, tra le porte N.° 3 bis e N.° 4, ottenendo gradatamente in poche ore l'abbassamento dell'acqua fino al punto in cui era già ultimato l'intonaco nell'arco rovescio. Provvedendo man mano a tappare le fughe d'aria con malta di cemento o con tamponi provvisori, si otteneva un graduale abbassamento del pelo d'acqua in modo da poter completare l'intonaco all'asciutto fino a tutto l'arco rovescio.

Per evitare che una eventuale diminuzione di pressione facesse risalire improvvisamente l'acqua sul fondo, deteriorando l'intonaco fatto di recente, questo venne eseguito, con ottimo risultato, in cemento fuso. Inoltre si era predisposto tutto in modo da avere sempre disponibile una forte riserva d'aria compressa, mediante serbatoi e mediante l'installazione di compressori capaci di una produzione d'aria (litri 16000 al 1') circa doppia di quella dimostratasi necessaria.

Il 26 ottobre l'intonaco di questo tratto di galleria era ultimato.

2°) *Esecuzione della sutura tra il cassone N.* 4 *e la calotta di galleria già costruita* (*progr.* 25.20) *previa demolizione dei diaframmi adiacenti.*

Accertato che scaricando l'acqua attraverso la galleria ed azionando inoltre contemporaneamente tutte le pompe piazzate nel cassone N.° 3, si poteva abbassare il livello dell'acqua che entrava in galleria in corrispondenza della sutura stessa, di quasi 2 metri al di sotto dell'intradosso della calotta, si ritenne conveniente eseguire la sutura tra cassone e galleria (per la parte più alta) ad aria libera, mediante tale abbassamento d'acqua. Si aprirono quindi gli scarichi di fondo attraverso le porte di sicurezza (N.° 3 bis, N.° 3 e N.° 4) e si misero in azione tutte le pompe: ridotta l'acqua in galleria a circa metà altezza, si potè arrivare al punto di congiunzione (progr. 25.20) tra cassone N.° 4 e galleria.

Demolito quindi il diaframma provvisorio in calcestruzzo alla testata della galleria si potè eseguire con calcestruzzo di cemento fuso la completa sutura; per la parte corrispondente alla calotta, fino contro al diaframma di testata del cassone posto a circa 20 cm di distanza. Subito dopo si demoliva anche la parte superiore di tale diaframma provvisorio, ottenendosi così il congiungimento regolare della calotta per i due tratti di galleria a monte ad a valle della progr. 25.20. Questo lavoro veniva ultimato il 10 novembre 1929.

3°) *Completamento dei piedritti e dell'arco rovescio per il breve tratto di galleria a valle della progressiva* 25.20.

Data l'abbondanza delle sorgive che si manifestavano in questo punto, e data la forte corrente d'acqua che ne derivava, sarebbe stato impossibile eseguire regolarmente il getto del calcestruzzo per completare il lavoro in aria libera. Si era quindi prestabilito di eseguirlo mediante applicazione dell'aria compressa. Per poter più agevolmente raggiungere l'intento di abbassare progressivamente l'acqua con la pressione dell'aria, si era progettato di ottenere la sottomurazione dei piedritti, a partire dal piano d'imposta della calotta, man mano che ci si abbassava collo scavo, mediante successive applicazioni di ferri profilati a I da 20 cm di altezza, collegati tra loro a tenuta d'aria da bulloni con interposte guarnizioni di gomma (vedi fig. 12). In questo modo, lavorando tutt'al più 30÷35 sotto cm d'acqua per piazzare e collegare i successivi ferri a ⊏ e mantenendo tappate le fughe d'aria in corrispondenza delle linee di giunto tra profilati e calcestruzzo, si poteva ottenere un abbassamento d'acqua mediante l'aria compressa fino al piano di fondo; successivamente quindi si poteva gettare all'asciutto il calcestruzzo per l'arco rovescio e per i piedritti fino all'imposta della calotta.

Mantenendo sempre l'aria compressa, si riuscì poi a completare anche nella parte inferiore la sutura tra galleria e cassone alla progr. 25.20, nonchè l'intonaco a gunite, in modo da avere così i due tratti perfettamente congiunti.

Immessa l'aria compressa in galleria il 13 novembre, questa parte di lavoro risultava ultimata alla fine dello stesso mese.

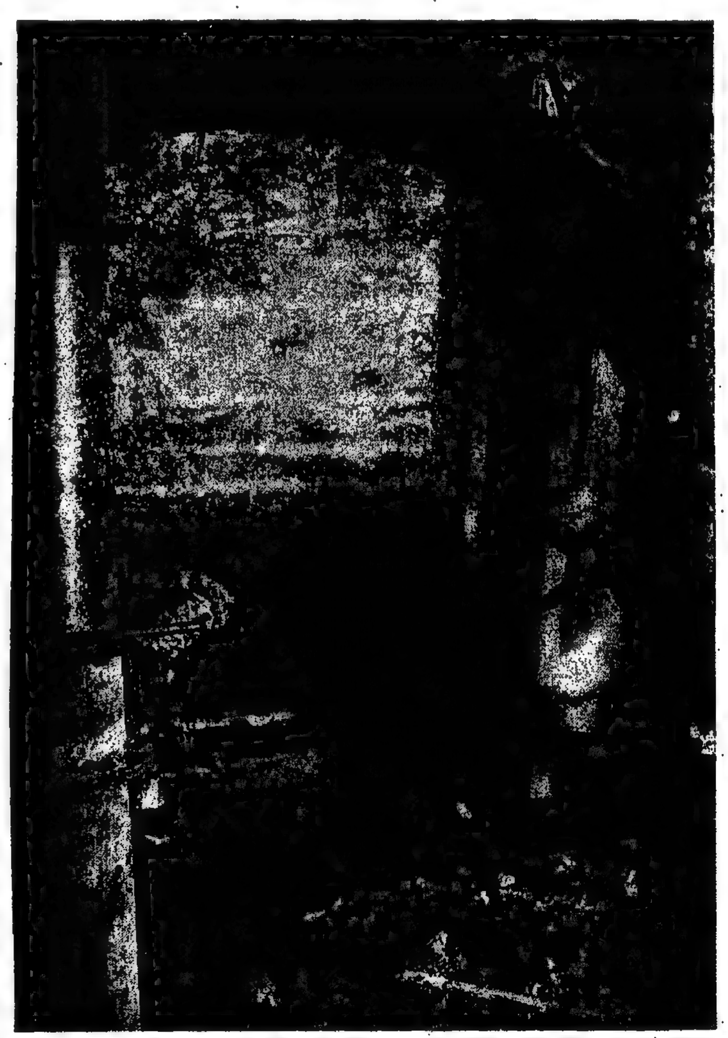


Fig. 14. - Inizio della demolizione del diaframma del cassone N. 3 adiacente al cassone N. 2. Nel primo piano vi sono due tubi d'aspirazione delle soprastanti pompe da smontare.

4°) *Esecuzione della sutura tra i due cassoni N.°* 3 *e N.°* 4, *previa demolizione dei diaframmi adiacenti.*

Preventivamente, dall'esterno e dall'alto, lo spazio di circa 10 cm rimasto tra i due cassoni era stato riempito con ghiaietto minuto, quindi iniettato con boiacca di cemento e sabbia, in modo da ottenere un sufficiente consolidamento.

Dovendosi eseguire la sutura, si tenne sotto aria compressa il tratto di galleria già finito e si cominciò a demolire in alto il

diaframma di chiusura provvisoria verso monte, fino a raggiungere la facciata del diaframma del cassone N.° 3, mantenendo sempre ben tappate con tamponi provvisori le fughe d'aria più notevoli. Messo così allo scoperto in calotta un primo tratto di sutura da eseguire, e rilevato il buon risultato ottenuto quasi ovunque, con le iniezioni di cemento entro il ghiaietto si provvedeva a ripulire, per una profondità di circa 30 cm, la fessura tra le due calotte, riempiendola poi con calcestruzzo di cemento fuso. E procedendo in tal modo dal colmo dell'intradosso di calotta, verso i due fianchi della galleria, e discendendo lungo i piedritti si riusciva, (sempre sotto aria compressa) a completare la sutura tra i due cassoni. Messo allora sotto aria compressa anche il cassone N.° 3, dopo aver completamente smontate le tubazioni aspiranti delle pompe e tappati i corrispondenti passaggi attraverso la calotta, si ultimava la demolizione dei diaframmi a contatto e si completava l'intonaco a gunite. Alla metà del dicembre 1929 anche questo lavoro era ultimato, e restava soltanto da eseguire il congiungimento tra cassone-galleria N.° 3 e la camera delle paratoie (cassone N.° 2).



Fig. 15. - Le due paratoie ai primi del gennaio 1930, a lavoro ultimato (si noti la perfetta tenuta di quella a monte completamente abbassata).

5°) *Esecuzione della sutura tra il cassone N.° 3 ed il manufatto di presa (progr. 0), previa demolizione dei diaframmi adiacenti* (v. fig. 14).

Questo lavoro venne eseguito in modo del tutto analogo al precedente.

Demolito sotto aria compressa il diaframma del cassone N.° 3 ed eseguita la sutura dell'interspazio, si toglieva l'aria compressa definitivamente, e si demoliva anche il diaframma provvisorio, costruito a valle della camera paratoie, completando l'intonaco in corrispondenza della sutura.

Anche tale lavoro era ultimato alla fine dicembre 1929.

Con ciò, la galleria risultava quindi completamente a contatto con le paratoie di presa (v. fig. 15). Si provvedeva da ultimo a tamponare con calcestruzzo lo sbocco della discenderia di servizio (progr. 116.95) e a demolire le porte di sicurezza rimaste.

Ai primi del gennaio 1930 la galleria era pronta per entrare in servizio.

Eseguita la prova di tenuta con il carico normale d'acqua, venne riscontrata una perdita di litri 0.9 al secondo, sull'intera lunghezza della galleria di metri 830 circa.

ING. TULLIO CRISTOFOLINI.
ING. GIACOMO PEDRELLI.

Ernesto Denina e Arturo Frates

Sulla misura della resistenza interna di un accumulatore e in generale di resistenze elettrolitiche

Gli accumulatori a piombo industriali posseggono, come è ben noto, una resistenza interna la quale conserva per lo più valori molto piccoli, almeno nel periodo utile di funzionamento; per conseguenza anche la quantità di energia che si disperde per effetto Joule non raggiunge praticamente che pochi centesimi di quella utilizzata. Tuttavia lo studio della resistenza interna di un accumulatore presenta notevole importanza teorica, sopratutto in relazione allo stato di carica dell'accumulatore e alle reazioni che avvengono alle piastre.

Natura della resistenza interna di un accumulatore.

L'accumulatore essendo costituito da un sistema di elettrodi ed elettrolito non differisce sostanzialmente da una qualunque altra cella elettrolitica, per cui la discussione che segue può applicarsi genericamente a qualunque sistema elettrolitico.

La resistenza interna di un accumulatore risulta complessivamente, come è ovvio, dalla resistenza presentata dal liquido compreso tra gli elettrodi, dalla resistenza degli elettrodi stessi (supporto e materia attiva) e dalla resistenza al contatto tra piastra e elettrolito. Si intende che in caso di diaframma questo comporta un aumento di resistenza dell'elettrolito; la cosidetta resistenza propria del diaframma; ed è anche noto come la forma della griglia deve essere accuratamente studiata, sopratutto per le positive, onde rendere minima la resistenza degli elettrodi.

D'altra parte la resistenza al contatto presenta il maggiore interesse, perchè in diretta relazione con le trasformazioni che avvengono alle piastre durante il funzionamento dell'accumulatore e perchè il suo studio si ricollega a quello della cosidetta « resistenza al passaggio » di un elettrodo (1).

La resistenza interna varia pertanto in relazione alla distanza e alle dimensioni delle piastre, alla presenza ed alla natura del diaframma e, per un dato elemento, è funzione di tutti quei fattori fisici che possono influire su qualcuna delle resistenze singole summenzionate, quali la concentrazione dell'acido, la temperatura, lo stato di carica dell'accumulatore, ecc.

Onde rendere la resistenza che si considera indipendente dalle dimensioni particolari delle piastre studiate, può convenire riferirla all'unità di superficie, considerando le piastre indefinitamente estese: a tale scopo basta moltiplicare il valore della resistenza misurata per la superficie delle piastre stesse, trascurando l'influenza dei bordi.

Ricordiamo poi che dallo stato di carica o di scarica dipendono in particolare la concentrazione attuale dell'acido e la composizione delle piastre, in relazione alle reazioni avvenute durante il funzionamento dell'accumulatore.

Per definire in modo quantitativo la resistenza interna di un accumulatore, r_0, sembra facile ricorrere alla solita relazione di Ohm, considerando la caduta di tensione — detta « ohmica » — che essa provoca durante il passaggio di corrente. Indicando ad es. con E la f. e. m. dell'accumulatore a circuito aperto, con E' la tensione attuale ai morsetti sotto scarica, i essendo la corrente erogata, sembra naturale scrivere:

$$r_0 = \frac{E - E'}{i} \qquad [1]$$

È questa però una grandezza che — a parità di tutte le altre condizioni — varia al variare della intensità di corrente erogata, per cui viene talora chiamata « resistenza virtuale » (1) dell'accumulatore.

Infatti i valori presentati dalla resistenza dell'elettrolito e delle piastre sono bensì indipendenti dalla intensità della corrente, ma la stessa cosa non si può dire a priori per la resistenza al passaggio tra le piastre e l'elettrolito. La resistenza tra piastre ed elettrolito, nel caso dell'accumulatore, dipende per la massima parte, come dimostreremo, dalle condizioni nelle quali si trova l'acido contenuto nei pori delle piastre, condizioni le quali pure variano al variare della densità di corrente. Inoltre, in generale, sulle misure di resistenza nei sistemi elettrolitici influiscono essenzialmente i fenomeni di « polarizzazione ». Infatti, come accenna G. Wood Vinal stesso (1), la resistenza al contatto tra piastre e acido si può riportare al caso generale della « resistenza superficiale » propria a qualunque elettrodo. Tale resistenza superficiale — messa in evidenza particolare dal Newbery (cfr. nota 1) — presenta il caratteristico comportamento di diminuire al crescere dell'intensità di corrente.

D'altra parte la resistenza al « passaggio » di un elettrodo in generale si rivela con una caduta di potenziale, la quale presenta le caratteristiche di una caduta ohmica, poichè accompagna istantaneamente il passaggio della corrente elettrica. Essa deve però trovare con grande probabilità la sua vera spiegazione nei fenomeni di squilibrio, che si manifestano nella « sovratensione » dell'elettrodo. Infatti una parte della sovratensione può presumibilmente comparire e scomparire con la corrente in tempo brevissimo, apparentemente istantaneo, essendo collegata all'esistenza di cariche elettriche libere nello strato di reazione, alla superficie dell'elettrodo.

(1) Newbery: *J. Chem. Soc.; Proc. Roy. Soc. London;* Scarpa e Denina: *Zeit. Phys. Chem.*, Cohenband, 1927.

(1) G. Wood Vinal: *Storage Batteries*, J. Wiley, New Jork, 1924 - Cap. VII, p. 297.

Su quest'ultimo argomento — e sulla vera natura della resistenza al passaggio — sono attualmente in corso ricerche in questo Laboratorio (1).

METODI DI MISURA DIRETTI.

La misura di r_0 viene sperimentalmente eseguita determinando le grandezze che entrano nella formula [1], misurando cioè la tensione E' ai morsetti dell'accumulatore attraversato dalla corrente elettrica, il valore i dell'intensità di quest'ultima e la f. e. m. E a circuito aperto.

Il valore della f. e. m. dell'accumulatore — come del resto in generale quello di tutte le f. e. m. di celle elettrolitiche — varia però nel tempo a partire dall'istante in cui si interrompe il circuito: in particolare nel caso dell'accumulatore interviene il noto fenomeno di « ristabilimento », dovuto alla diffusione dell'acido nell'interno delle piastre.

La f. e. m. di una cella elettrolitica subisce infatti un salto brusco al momento della interruzione del circuito, poichè scompare istantaneamente la caduta ohmica ed inoltre diminuiscono bruscamente i potenziali agli elettrodi. Lo stesso fenomeno si osserva per i potenziali dei singoli elettrodi, misurati ad es. mediante un elettrodo campione, ciò che ha portato al concetto della « resistenza al passaggio » alla superficie degli elettrodi stessi, di cui si è detto dianzi. Dopo la prima caduta la f. e. m. presenta per lo più un gomito spiccatissimo, al quale segue una diminuzione assai più lenta. Nel caso particolare di misure della resistenza interna, interessa naturalmente determinare il valore soltanto del primo salto, *eliminando le variazioni non istantanee.*

La misura deve pertanto essere effettuata « istantaneamente » alla apertura del circuito e cioè, praticamente, nel tempo più breve possibile. Servono perciò molto bene i metodi oscillografici, oppure, più semplicemente il dispositivo sensibile e di rapida lettura ideato da O. Scarpa (2).

Il metodo di Munro (3), che misura la carica di un condensatore derivato ai morsetti dell'accumulatore (o della pila) prima e dopo la chiusura del circuito di scarica — a parte le incertezze, ancora più gravi, sulle quali non è qui il caso di soffermarsi — si basa in definitiva sullo stesso principio.

I vari metodi non dànno però sempre lo stesso risultato, probabilmente in relazione alla diversa rapidità della lettura poichè, come si è già detto, il salto E-E' che si vuol determinare risulta diverso a seconda dell'intervallo di tempo trascorso tra le due letture, intervallo che, anche impiegando l'oscillografo, non si riesce mai a ridurre al disotto di un certo valore limite, che dipende dall'apparecchio usato.

La resistenza r_0 rimane pertanto influenzata da tutti i fenomeni di squilibrio agli elettrodi (volgarmente detti di « polarizzazione ») capaci di variare in tempo inferiore a detto limite. Questa considerazione — che si applica del resto in generale a tutti i sistemi elettrolitici nei quali l'influenza degli elettrodi non sia trascurabile, e particolarmente alla « resistenza al passaggio » di Newbery — può forse spiegare, almeno in parte, perchè la resistenza varia al variare alla intensità erogata (in relazione al variare delle condizioni di squilibrio suddetto) e perchè la resistenza misurata col metodo diretto risulta maggiore (Vinal, loc. cit.) che non la resistenza misurata in corrente alternata.

METODI DI MISURA IN CORRENTE ALTERNATA.

Anzichè misurare la « resistenza » con tali metodi « diretti », si usa spesso ricorrere a dispositivi a « ponte », o comunque all'impiego di corrente alternata, sovrapposta all'eventuale corrente continua, che attraversa l'accumulatore.

(1) Cfr. E. DENINA: Atti III Congr. Chimica; *L'Elettricista*, N. 8, 1929.
(2) O. SCARPA: *Ann. Chim. Appl.*, XVIII, N. 5, 1924, 306-9.
(3) GÉRARD: *Mésures Electriques*, Gauthier-Villards 1912; p. 546.

Sono ben noti i dispositivi a ponte di Kohlrausch, di Matthiesen-Hockin (alimentati con corrente alternata) i quali si possono applicare alle misure di resistenza degli accumulatori, particolarmente con gli artifici indicati successivamente da vari sperimentatori e descritti nei principali trattati sugli accumulatori (1). Così Uppenborn (2) usa una disposizione di quattro accumulatori a ponte; Nernst e Haagn ricorrono all'impiego di condensatori onde impedire la scarica dell'elemento nel circuito di misura; Gahl perfeziona il metodo onde evitare errori dovuti ai contatti (3).

In un altro dispositivo più complesso, ideato da Wien (4), si compensa la capacità degli accumulatori inserendo la batteria in un sistema di resistenze e di capacità variabili, mentre Vinal (5) ha proposto un ponte a « risonanza », nel quale il condensatore rimane fisso, ma si compensa la capacità totale con una induttanza variabile, ciò che richiede una corrente alternata molto « pura » e cioè perfettamente sinussoidale, priva di armonici, di frequenza estremamente costante.

I metodi più sensibili e più precisi per misurare in corrente alternata la resistenza interna di pile, accumulatori e in generale di celle elettrolitiche, percorsi o meno da corrente continua — studiati in questo Laboratorio — si basano però sull'impiego di lampade termojoniche, opportunamente disposte. Essi sono stati indicati in uno studio generale, sulle applicazioni delle lampade termojoniche alle misure fisico-chimiche (Atti III° Congresso Chimica); un montaggio simmetrico per la misura di resistenze è stato poi dettagliatamente descritto su *L'Elettricista* (6). Questi metodi permettono di misurare la resistenza di un determinato sistema, eliminando gli errori dovuti alle resistenze al contatto; di amplificare, ove ciò risulti conveniente, le resistenze troppo piccole, onde compararle a resistenze campioni di molto superiori, diminuendo così gli errori di misura; mentre risulta d'altra parte ancora possibile confrontare, volendo, i valori efficaci di impedenze di natura diversa, indipendentemente da ogni fenomeno di distorsione e di sfasamento.

NATURA DELLA RESISTENZA MISURATA IN CORRENTE ALTERNATA.

In tutti questi metodi che ricorrono all'uso della corrente alternata vengono essenzialmente determinate le variazioni che subisce la tensione ai capi del sistema considerato, in rapporto alle variazioni di intensità della corrente che lo percorre.

In altre parole, astraendo da tutti i fenomeni di distorsione — dovuti al fatto che la resistenza non presenta valori uguali nel tempo durante una semionda, poichè dipende dalla grandezza della tensione e della corrente — e di sfasamento — dovuti a fenomeni di capacità per cui dobbiamo ancora distinguere la « impedenza » complessiva dalla « resistenza ohmica » — i metodi suddetti portano a determinare il valore r_1 del rapporto

$$\frac{dV}{di} = r_1 \qquad [2]$$

dove dV rappresenta la tensione (alternata) applicata all'accumulatore per la misura e di la corrente corrispondente che lo attraversa.

Nel ragionamento elementare che porta a questa formula, dobbiamo supporre l'intensità della corrente alternata, la quale serve alla misura, sufficientemente piccola, in modo da poter introdurre nel ragionamento in prima approssimazione i simboli differenziali.

(1) V. ad esempio DOLEZALEK: *La théorie de l'accumulateur au plomb*, Beranger 1902; VINAL, loc. cit., ecc.
(2) Cfr. articolo successivo nel quale il metodo di Uppenborn verrà messo a confronto con il metodo da noi adottato.
(3) Cfr. loco cit. nella nota (1).
(4) *Bull. Bureau of Standards* 3, 1907; p. 378, *Scient. Papers*, N. 64.
(5) VINAL, loc. cit., pag. 300.
(6) E. DENINA e G. SELLA: *L'Elettricista*, n° 7, 1930.

Se noi immaginiamo di eseguire la misura per un accumulatore, percorso da corrente continua di intensità i, dV e di rappresentano rispettivamente gli incrementi subiti dalla tensione ai morsetti e dalla corrente che attraversa l'accumulatore per sovrapposizione della corrente (alternata) di misura. D'altra parte l'incremento dV della tensione ai capi dell'accumulatore corrisponde sia alla caduta provocata dalla «resistenza ohmica» propriamente detta dell'accumulatore, sia complessivamente a tutti quei fenomeni di squilibrio agli elettrodi i quali sono capaci di presentarsi nel breve intervallo di tempo che corrisponde ad una semi-onda della corrente alternata di misura, invertendosi nella semionda successiva. Le condizioni medie degli elettrodi debbono tuttavia mantenersi quali spettano al valore medio della corrente cioè al valore della corrente continua che percorre l'accumulatore: infatti quando la corrente varia in modo relativamente rapido (le variazioni dipendono dalla frequenza), i valori corrispondenti della tensione non rappresentano condizioni di regime, poichè i femoneni di squilibrio più «lenti», quali le variazioni di concentrazione dell'acido nei pori delle piastre ecc., non hanno tempo ad accompagnare la corrente, causa la rapida inversione della corrente di misura, e devono per conseguenza rimanere determinati esclusivamente dal valore della corrente continua che attraversa l'accumulatore (almeno per intensità sufficientemente piccole della corrente alternata).

Comparazione tra i vari metodi di misura.

Infine i metodi fondati ancora sul principio del ponte, ma in corrente continua erogata dallo stesso accumulatore, come ad es. quelli di Mance, Grassi, ecc. (1) forniscono un valore che misura una grandezza analoga, però mal definita, causa la lentezza con la quale viene a variare il valore della intensità di corrente che attraversa il sistema. Infatti il rapporto tra la variazione di tensione ai morsetti dell'accumulatore (o della pila) e la variazione di intensità di corrente viene determinato in condizioni, probabilmente intermedie, non ben definite, che tutt'al più si avvicinano a quelle di regime (nella quale ultima ipotesi il valore fornito rappresenterebbe approssimativamente il coefficiente angolare $\frac{dE'}{di}$ della tangente alla curva $E' - i$, — dove E' è la tensione ai morsetti, sotto scarica, in condizioni di regime — nel punto di ascissa i, punto del resto non determinato nel metodo).

In definitiva qualunque misura di resistenza consiste nel determinare il valore medio del salto di tensione ai capi della cella, in corrispondenza di due valori della corrente che la percorre. Nei metodi diretti, che abbiamo considerato per primi, il salto è relativamente ampio e giunge fino al valore zero della intensità di corrente; invece nei metodi a corrente alternata o a ponte, l'intervallo interessa soltanto un piccolo «intorno» di un determinato valore (medio) dell'intensità di corrente, valore che può d'altronde anche essere zero e allora i due metodi si differenziano soltanto per l'entità del salto di tensione determinato sperimentalmente.

Se fosse possibile eliminare l'influenza del tempo dovuta ai fenomeni di squilibrio agli elettrodi, il valore che abbiamo indicato con dV dovrebbe corrispondere semplicemente alla differenza fra i salti, $E - E'$, quali vengono determinati con il metodo diretto, portando la corrente ai valori rispettivamente i e $i + di$, (oppure $i - di$), cioè:

$$dV = d\,(E - E')$$

e quindi:

$$r_1 = \frac{d\,(E - E')}{di} \qquad [3]$$

(1) Cfr. Ferraris: *Misure elettriche.* Lattes, Torino, 1928.

A maggior chiarimento ricordiamo che E rappresenta la f. e. m. dell'accumulatore immediatamente dopo l'apertura del circuito, E' la tensione ai morsetti quando l'accumulatore è percorso dalla corrente i, mentre $E' + dE'$ rappresenta la tensione in corrispondenza della corrente $i + di$. I valori di E e di E' si suppongono misurati nelle stesse condizioni delle piastre, in modo che i fenomeni di squilibrio — almeno i più lenti — influiscano ugualmente su tutti i valori (cfr. discussione precedente sull'importanza di diminuire l'intervallo di tempo interposto tra le due misure).

In tal caso risulterebbe immediata la relazione tra il valore r_0, ottenuto con i metodi diretti, e il valore r_1, ottenuto con i metodi a ponte o comunque in corrente alternata. Precisamente, ricorrendo a un metodo grafico particolarmente evidente, la curva che ha per ordinate le differenze tra la f. e. m. E e la tensione ai morsetti E' dell'accumulatore in corrispondenza dei vari regimi di corrente (riportati come ascissa), presenta in ogni punto una tangente, il cui coefficiente angolare è definito dalla [3], mentre $r_0 = \frac{E - E'}{i}$ misura il coefficiente angolare del raggio vettore che unisce il punto di ascissa i con l'origine. Ora le due direzioni non coincidono in generale, se non nel caso in cui la curva si riduce a una retta, quando cioè la resistenza sia costante: in caso contrario esse si possono confondere soltanto nelle vicinanze dell'origine, per intensità cioè più o meno piccole, a seconda della curvatura.

In realtà però l'intervallo di tempo che intercede tra le due letture di E e di E' (nella misura diretta del salto $E - E'$) è generalmente diverso da quello in cui si determina il salto dV corrispondente ad una semionda della corrente alternata; il primo dipende, come si è detto, dalle caratteristiche del dispositivo di misura adottato e si può apprezzare in generale in modo poco preciso, il secondo invece è determinato esclusivamente dalla frequenza della corrente. Quest'ultimo pertanto può risultare assai più piccolo del primo, bastando innalzare sufficientemente il valore della frequenza; d'altra parte i valori di $E - E'$ e i valori di r_1, dipendono da tale intervallo di tempo poichè dipendono dai fenomeni di squilibrio che possono variare nell'intervallo: rigorosamente quindi i valori determinati sperimentalmente differiscono a seconda del tempo e quindi non si possono più mettere in relazione tra loro nel modo detto dianzi, se non quando i tempi si corrispondono.

Sembra tuttavia che a frequenze superiori a 3000 per/sec la resistenza misurata col metodo del ponte risulti ben determinata e indipendente dalla frequenza impiegata, almeno per le pile a secco (1): in questo caso probabilmente il salto di tensione accompagna «istantaneamente» il passaggio di corrente e corrisponde quindi a quello che più propriamente si può definire come resistenza ohmica «vera» del sistema.

Infatti *per resistenza ohmica «vera» può assumersi propriamente il valore limite ottenuto facendo aumentare la frequenza della corrente di misura,* poichè allora il salto di tensione dV si determina in un intervallo di tempo (semiperiodo) che tende a zero e quindi gli eventuali fenomeni di squilibrio agli elettrodi che possono influire sul valore limite, debbono determinarsi «istantaneamente» nel senso proprio della parola; d'altra parte risulta impossibile sceverare direttamente una caduta propriamente «ohmica» da altre cadute di tensione (agli elettrodi), che accompagnino *istantaneamente* la corrente e perciò *tutta la caduta di tensione che si verifica istantaneamente in una cella può attribuirsi a resistenza propriamente detta.*

Il ragionamento vale tuttavia soltanto finchè il limite venga praticamente raggiunto a frequenza relativamente bassa (di qualche migliaio di per/sec), altrimenti intervengono complicazioni dovute ai fenomeni di capacità tra elettrodo e liquido, tra i due elettrodi, ecc.

(1) Cfr. Vinal: loco cit., pag. 301.

CONCLUSIONE.

Noi possiamo pertanto concludere che i vari metodi di misura delle resistenze elettrolitiche — pur riducendosi tutti a determinare un rapporto tra una tensione e una corrispondente intensità di corrente — differiscono essenzialmente per l'ampiezza del salto di tensione che si determina e per le condizioni che si stabiliscono agli elettrodi, in quanto allo stesso valore di i corrispondono valori diversi della tensione, a seconda delle modalità con le quali la misura stessa si effettua, e cioè a seconda del tempo di « permanenza » della intensità di corrente a un dato valore e a seconda delle modalità con le quali tale valore viene raggiunto.

Tra i vari valori che si possono così ricavare da misure effettuate in modo diverso (1), conviene tuttavia distinguere fondamentalmente due grandezze che corrispondono, nelle linee generali, ai due tipi di metodi che abbiamo chiamato rispettivamente « metodi diretti » e « metodi in corrente alternata ». Precisamente la « resistenza » r_i, precedentemente definita, rappresenta la « resistenza » offerta dal sistema — nelle condizioni di regime considerate — alle « variazioni » di corrente e si può quindi chiamare « resistenza differenziale » o « resistenza attuale », mentre la resistenza « virtuale » fornita dai metodi diretti, r_0, rappresenta piuttosto un valore « medio » tra le condizioni di circuito aperto e quelle che si determinano a regime per il passaggio della corrente i, e quindi può anche prendere il nome di « resistenza media ».

(1) A rigore anche la forma della corrente ha influenza e quindi per maggior precisione sarebbe necessario usare correnti puramente sinussoidali.

Non ci dilunghiamo in questa discussione, che ha però grande importanza per chiarire l'esatto significato delle misure di resistenza, avendo noi finora eseguite soltanto poche esperienze comparative sui vari metodi di misura ed essendo dall'altra parte incerti e talora contradditori i risultati ottenuti dagli sperimentatori precedenti.

L'argomento verrà eventualmente ripreso in modo sistematico e discusso sperimentalmente in un altro lavoro.

Ci basti soltanto avvertire che — agli scopi di cui riferiremo nelle note successive — noi abbiamo misurato sempre resistenze « attuali », con un dispositivo a ponte, alimentato con la corrente fornita da una cicalina a lamina, del tipo comunemente usato per il ponte di Kohlrausch. Per i nostri scopi le piccole differenze che possono provenire dalle diverse modalità di misura della resistenza attuale non hanno importanza apprezzabile.

ERNESTO DENINA e ARTURO FRATES.

Il Conte Cozza lascia la presidenza del Consiglio Sup. dei LL. PP.

Con recente disposizione ministeriale il Gr. Uff. Conte Ing. Luigi Cozza, Presidente del Consiglio Superiore dei LL. PP., raggiunto dai limiti d'età, ha abbandonato la carica, tenuta fino dall'11 giugno 1925.

Valente funzionario del Genio Civile fece parte prima del Consiglio Superiore delle Acque, poi, quando dopo la Marcia su Roma fu modificato l'ordinamento del Ministero dei LL. PP., fu chiamato alla Presidenza Generale del Consiglio Superiore dei LL. PP.

Egli appartiene quindi a quella schiera di uomini egregi che diedero vita alla nuova Legislazione sulle Acque, creata dal Ministro Bonomi nel 1916, definitivamente stabilita con la Legge del 1919, dalla quale l'industria elettrica ha tratto una delle cause principali del suo grande sviluppo.

Nell'immediato dopoguerra le difficoltà da superare non erano poche nè piccole per chi era a capo dei sommi Organi consultivi. Alle lotte politiche succedevano e si univano quelle degli interessi, nè era facile liberare il campo dai residui dell'epoca bellica e dalle conseguenze di errori di governo d'ogni specie. Il senno e l'onestà adamantina del Cozza, trionfarono di innumerevoli difficoltà, dando a tutti e sempre un senso di sincera soddisfazione.

Energico, pur sotto l'aspetto di persona cortese e gentile, ebbe più d'una volta incarichi delicati, che condusse a termine con inflessibile dirittura. Basti ricordare a questo proposito la Sua coraggiosa inchiesta sul Porto di Napoli. Il Suo nome poi, insieme a quelli del Fantoli e del Guidi, rimarrà legato al progresso delle nostre grandi costruzioni idrauliche.

L'industria elettrica che, data l'alta posizione da Lui occupata, ha avuto numerose occasioni di sperimentarne le intelligenti ed oneste qualità, Gli rivolge a mezzo della nostra Rivista un reverente saluto ed un sincero augurio: che Egli possa, anche fuori della carica ufficiale ch'Egli ha illustrato, continuare a lungo la Sua opera di Ingegnere e di collaboratore di tutte le iniziative che tendano a rendere più grande il nome dell'Italia nelle opere pubbliche e nello sviluppo agricolo ed industriale.

Al Suo degno successore, Gr. Uff. Ing. Calletti, vada pure un saluto augurale: possa anch'Egli, come i Suoi precedenti non lasciano dubitare, continuare le nobili tradizioni che gli trasmette il Suo predecessore, per il progresso e l'onore del nostro Paese

K. B. Mc Eachron

Un nuovo tipo di scaricatore

Un notevole progresso nello studio dei fenomeni transitori è stato fatto successivamente alla memoria pubblicata nel 1925 (1) riguardante l'impiego dell'oscillografo a raggi catodici: anche gli scaricatori di sovratensioni sono stati sottoposti ad accurate ricerche tanto che se ne sono potute determinare le caratteristiche per ogni condizione di funzionamento. Questi studi, che inizialmente erano limitati nell'ambito dei laboratori, ultimamente sono stati spinti anche su impianti reali in modo da studiare le condizioni di esercizio. Questo progresso è stato possibile solo recentemente, dopo che i progressi nella tecnica permisero la costruzione di generatori di impulsi e di oscillografi a raggi catodici trasportabili e consentirono di escogitare mezzi per regolare il tempo d'azione degli apparecchi, in modo da poter registrare i fenomeni con gli oscillografi.

Le ricerche fatte coi clidonografi e con gli oscillografi a raggi catodici sugli effetti dei fulmini naturali sulle linee di trasmissione hanno già fatto fiorire un'abbondante letteratura in proposito; è invece scopo della presente memoria di riferire solo sulle ricerche riguardanti gli scaricatori, con particolare riguardo a quelle ricerche eseguite su impianti in esercizio le quali meglio mostrano il vero valore degli scaricatori come organi di protezione.

L'isolamento degli impianti.

È oggi ben noto per merito dello studio di Peek (2) che gli usuali isolanti quali l'aria, l'olio, la carta ed il cotone hanno la proprietà di resistere per breve tempo a impulsi di tensione di valore notevolmente maggiore a quello della tensione che possono sopportare per lungo tempo. Nel 1928 Wade e Smith (3) pubblicarono delle curve che danno per un isolatore di tipo a campana la tensione di scarica per fronti d'onda diverse. Queste curve mostrano anche che man mano che il fronte dell'onda d'impulso diventa più ripido, scompare la differenza di comportamento fra arco a secco e arco sotto pioggia, e così pure tendono a eguagliarsi gli effetti degli impulsi negativi con quelli dei positivi. Una di queste curve è riprodotta nella figura 1 (fig. 7 del rapporto di Wade e Smith). È da notare che la forma iperbolica di queste curve è la medesima per quasi tutte le forme di isolatori.

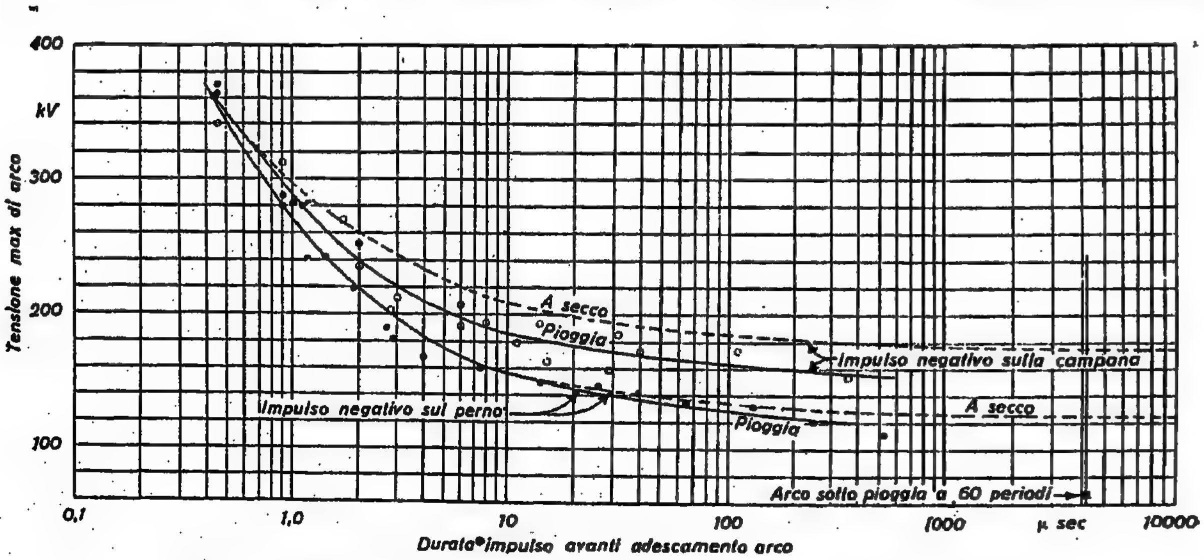


Fig. 1. - Prove d'impulso su isolatori a campana per 15 kV.

Successivamente a questi studi Torok (4), Fortescue (5) e Peek (6) hanno completato le ricerche riguardanti le curve della tensione d'arco in funzione della durata dell'impulso per spinterometri sia a sfere che a punte, e per catene di isolatori sospesi di qualsiasi numero d'elementi.

In base a questi dati è pertanto possibile determinare il massimo impulso di tensione che può sopportare, senza formazione d'arco, una conduttura conoscendo soltanto la formazione della catena di isolatori. Tale determinazione è importante perchè ci indica quale è la massima e quindi la più pericolosa sovratensione che può mantenersi sulla linea stessa.

Nei riguardi della protezione contro le sovratensioni di solito si deve considerare la condizione più gravosa che può presentarsi, poichè è quella contro la quale occorre proteggersi, piuttosto che una condizione che può non essere pericolosa senza la protezione.

In ogni problema di protezione di sovratensioni è necessario conoscere l'isolamento della linea per dedurne l'ordine di grandezza del massimo impulso che può mantenersi in linea e arrivare agli apparecchi di protezione: naturalmente, in mancanza di questi apparecchi, i trasformatori dovrebbero essere costruiti in modo da sopportare il massimo impulso che la linea può sostenere senza venire danneggiati.

La tendenza generale negli S. U. A. è stata fino ad ora quella di disporre di apparecchi di protezione piuttosto che di avere trasformatori atti a resistere ripetutamente agli impulsi di tensione che possono verificarsi. Quantunque statistiche attendibili in proposito non esistano, si può ritenere che più dell'80 % dei trasformatori per alte tensioni sono difesi da scaricatori. Però attualmente si va delineando la tendenza di coordinare l'isolamento del macchinario e degli apparecchi, quali trasformatori ed interruttori, con l'isolamento della linea.

Questa tendenza trae origine dal fatto che i dirigenti l'esercizio sono portati ad abbondare largamente nell'isolamento delle linee per ridurre le interruzioni dovute agli archi originati dalle intemperie. La conseguenza di questa pratica è che l'ordine di grandezza delle sovratensioni, che possono raggiungere le centrali o le sottostazioni, è aumentato e pertanto nasce la necessità di adeguare l'isolamento del macchinario, stabilendo un « livello base per l'isolamento » come indicato nella recente memoria di Montsinger e Dann (7). Un tale sistema non lascia il macchinario esposto a sovratensioni incontrollate e limitate soltanto dall'alto isolamento della linea, ma fissa vicino alle centrali o sottostazioni un limite ben definito per la resistenza alle sovratensioni. In tali condizioni il compito degli scaricatori è di impedire che il « livello base » sia superato, impedendo così gli archi e le conseguenti interruzioni. Questo livello è tenuto il più alto possibile; però la protezione non deve essere intesa come difesa dei trasformatori per prolungate applicazioni di sovratensioni. I moderni scaricatori, quali quelli a pellicola di ossido o i più recenti a tirite (8), dovrebbero mantenere la grandezza delle sovratensioni entro limiti notevolmente inferiori a quelli dati da Montsinger e Dann per la scarica di questo « livello base ». Come si vedrà più avanti, è più facile proteggere un singolo punto, come uno spinterometro in prossimità di uno scaricatore, che non tutto questo isolamento base che si estende per una notevole distanza oltre la centrale o la sottostazione. Per questa ragione si preferisce fissare il livello base d'isolamento per mezzo di un singolo spinterometro protetto da uno scaricatore.

La discussione precedente mostra chiaramente la tendenza americana di usare le protezioni, tendenza risultante da una chiara comprensione delle condizioni create dalle scariche atmosferiche, e dei vantaggi derivanti da un ben definito isolamento delle centrali o sottostazioni accompagnato da adeguate protezioni. Una lunga esperienza ha ormai dimostrato che gli scaricatori sono organi fidati e aventi un grado di sicurezza propria sufficiente per impedire che siano causa di disturbi, a meno che, per eccezionali condizioni di funzionamento, la tensione della rete non ecceda la tensione per cui è previsto l'apparecchio, il che però non dovrebbe mai avvenire se la tensione dello scaricatore è stata scelta con criterio.

Scaricatori, quali quelli a pellicola di ossido o a tirite, non richiedono manutenzione maggiore di quella richiesta da usuali apparecchiature e sotto questo aspetto essi differiscono completamente dagli scaricatori ad alluminio che per altro richiedono sorveglianza e l'operazione della carica giornaliera.

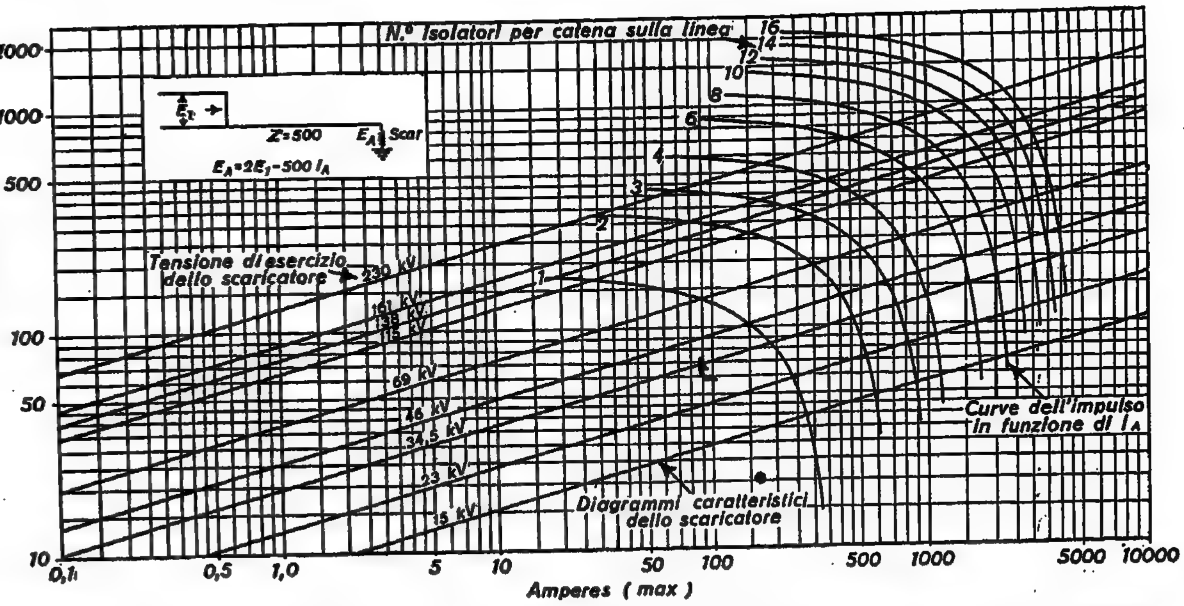


Fig. 3. - Funzionamento dello scaricatore a tirite per sistemi con neutro a terra (Inserzione all'estremità di una linea).

Con lo schema riportato, l'intersezione del diagramma caratteristico dello scaricatore con la curva dell'impulso dà la corrente assorbita dallo scaricatore e la tensione residua.

FUNZIONE DELLO SCARICATORE.

Lo scopo degli scaricatori è quello di ridurre il valore delle sovratensioni ad un limite tollerabile per il macchinario che deve essere protetto. Questo scopo è ottenuto creando un organo di resistenza ohmica tale che abbia a diminuire quando aumenta la tensione applicata, così che notevoli amperaggi vi possono defluire senza notevole incremento di potenziale.

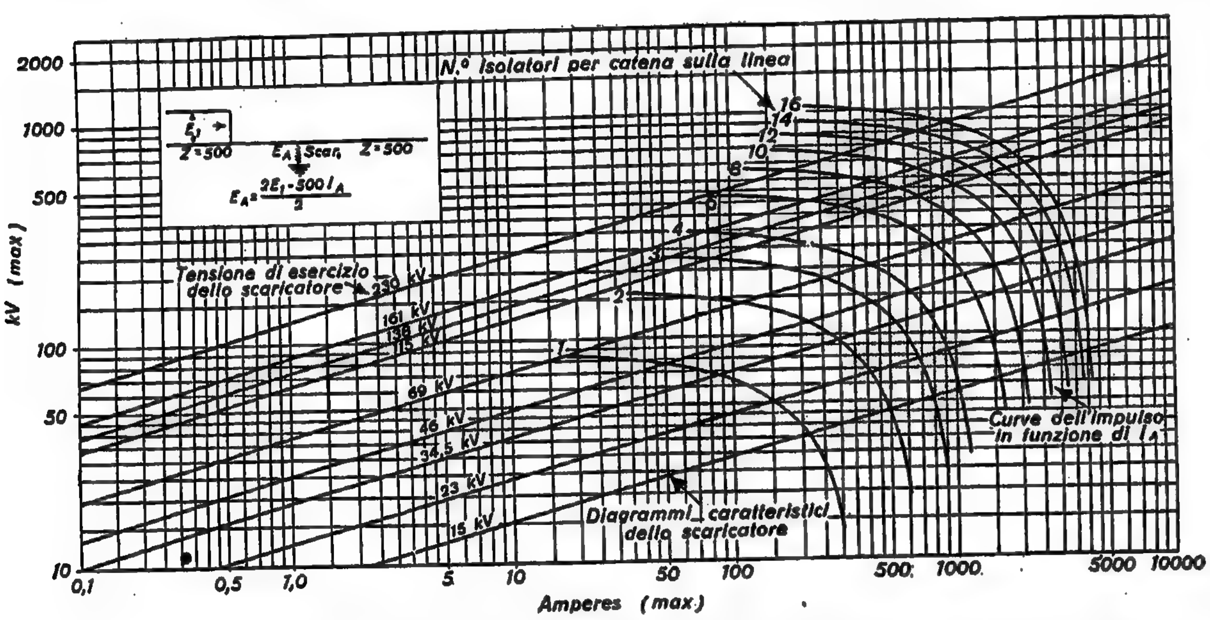


Fig. 2. - Funzionamento dello scaricatore a tirite per sistemi con neutro a terra (scaricatore derivato lungo la linea).

Con lo schema riportato, l'intersezione del diagramma caratteristico dello scaricatore con la curva dell'impulso dà la corrente assorbita dallo scaricatore e la tensione residua.

È ben noto che un impulso di tensione, che si sposta lungo una conduttura, rappresenta un quantitativo di energia immagazzinata metà nel campo elettrostatico e metà in quello elettromagnetico. Per ogni valore di questo la corrente equivale al rapporto fra la tensione e l'*impedenza naturale* della linea. Può dimostrarsi che, se l'impulso di sovratensione raggiunge un punto in cui la linea è aperta, tutta l'energia diventa elettrostatica e il potenziale raddoppia, mentre, se la linea è in corto circuito verso terra, tutta l'energia diventa elettromagnetica e la corrente si raddoppia. Nel primo caso l'onda di tensione si riflette mantenendo la stessa polarità dell'onda incidente, nel secondo caso invece si ha inversione di polarità. Supponendo che la resistenza sia infinita nel primo caso e zero nel secondo non si avrebbe alcuna perdita di energia e l'impulso riflesso sarebbe identico a quello originario. Se invece all'estremità della linea fra conduttore e terra viene collegata una resistenza di valore eguale all'impedenza naturale della linea, essa assorbirà tutta l'energia e non si verificherà riflessione di onde.

In base a questo concetto in qualche caso si è fatta la resistenza dello scaricatore eguale in valore all'impedenza naturale, in modo da assorbire la massima energia, ma in tale modo non si ottiene la massima possibile riduzione della sovratensione che raggiunge l'apparecchiatura.

Se invece la resistenza dello scaricatore è minore dell'impedenza naturale della linea, si ha un'onda riflessa di polarità opposta, la quale però non dà alcun disturbo perchè di valore inferiore a quello dell'onda in arrivo, la differenza essendo uguale alla tensione assorbita dallo scaricatore. Naturalmente è evidente che se l'onda originale non ha causato danni, non deve temersi l'onda riflessa che è di minore ampiezza.

L'efficacia degli scaricatori di impulsi è funzione diretta del valore dell'impedenza naturale del circuito, cioè quanto maggiore è questa impedenza, altrettanto maggiore è la riduzione di tensione prodotta dallo scaricatore. Anche il reciproco è vero; cioè quando due circuiti della stessa impedenza naturale scaricano impulsi equivalenti, nello stesso scaricatore la tensione assorbita dallo scaricatore è maggiore che nel caso di un solo circuito. Queste differenze di comportamento sono indicate nelle figure 2, 3 e 4 che si riferiscono a scaricatori a tirite per differenti tensioni applicate a circuiti aventi differente grado di isolamento, dipendendo da quest'ul-

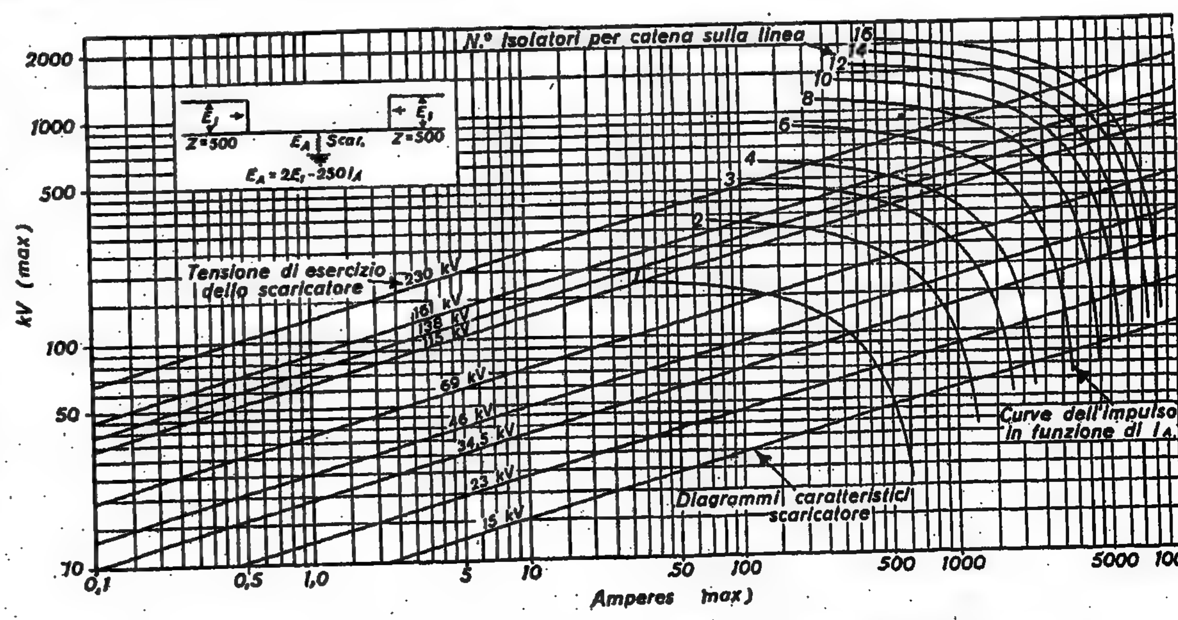


Fig. 4. - Funzionamento dello scaricatore e tirite per sistemi con neutro a terra. (Installazione all'estremità di due terne in parallelo).

Con lo schema riportato l'intersezione del diagramma caratteristico dello scaricatore con la curva dell'impulso dà la corrente assorbita dallo scaricatore e la tensione residua.

timo fattore l'entità delle sovratensioni che possono aversi in una linea. Le curve che si trovano alla destra dei diagrammi indicano la variazione di tensione della carica indotta in funzione della corrente assorbita dallo scaricatore.

Le curve sono calcolate secondo lo schema di inserzione e vanno dalla condizione di linea aperta, e quindi corrente nulla, alla condizione di linea in corto circuito e quindi tensione nulla, ma intensità di corrente raddoppiata. Il punto d'intersezione della curva caratteristica dello scaricatore con la curva della regolazione d'impulso per il grado di isolamento considerato, dà la tensione e la corrente assorbita dallo scaricatore nelle condizioni considerate. In seguito si vedrà come le esperienze eseguite su impianti in esercizio abbiano confermato questi calcoli.

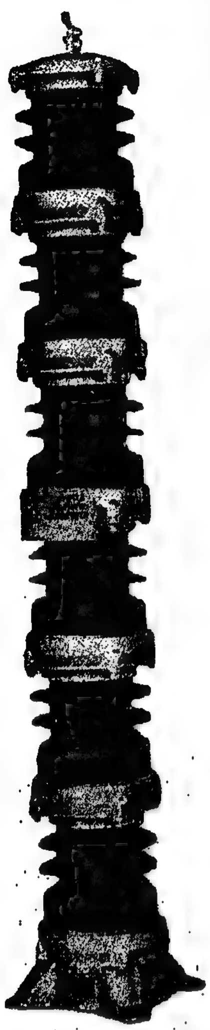


Fig. 5. - Fase di uno scaricatore a tirite, tipo per 69 kV, sistemi con neutro a terra.

Per fare il calcolo del comportamento probabile di uno scaricatore non è sufficiente conoscere la relazione fra la tensione e la corrente, ma è necessario conoscere anche la rapidità con cui la corrente può crescere. Fortunatamente la tirite non ha ritardo di tempo apprezzabile, così che non è necessario conoscere la legge di variazione della tensione; infatti la curva caratteristica della tirite eseguita anche con impulsi a fronte molto ripida è ben definita e non presenta anelli.

Un buon scaricatore di sovratensioni non deve avere come sola caratteristica quella di lasciar passare notevoli quantità di corrente, ma anche quella di impedire che il passaggio della corrente di linea continui dopo la fine del fenomeno transitorio.

Gli isolatori o gli scaricatori ad intervallo d'aria possono limitare la tensione impressa ad un predeterminato valore, ma una volta adescato, l'arco si mantiene, così che è inevitabile un'interruzione del servizio. Pertanto se lo scaricatore deve impedire il passaggio della corrente di esercizio, deve essere costruito in modo che la sua resistenza non sia costante ma variabile inversamente alla corrente. Le figure 2, 3 e 4 mostrano appunto che la resistenza degli scaricatori a tirite aumenta enormemente colla diminuzione della tensione e quindi della corrente. L'aumento della resistenza è così grande che la corrente si riduce ad un dodicesimo del suo valore iniziale se la tensione si riduce a metà. In questo modo è possibile avere un'altissima resistenza per la tensione di esercizio e contemporaneamente una resistenza sufficientemente bassa per gli impulsi. Questa caratteristica risulta bene ad esempio per lo scaricatore per 115 kV della figura 2, il quale dà una resistenza di 275 ohm per una corrente di 2000 A con una tensione di 550 kV, mentre a 94 kV (valore di cresta della tensione di esercizio) offre una resistenza di 23.500 ohm con una corrente di 4 Ampere (valore massimo).

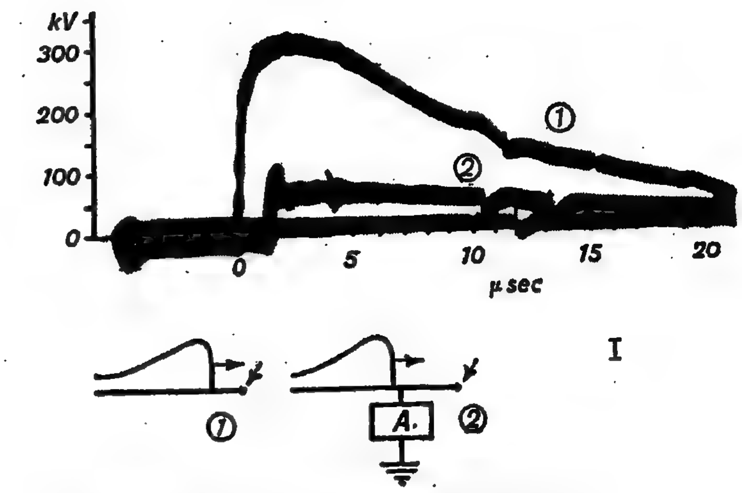
Un'unità di scaricatori a tirite, formata di 11 dischi di tirite di 150 × 20 mm riuniti insieme in uno speciale montaggio ad intervalli d'aria, serve per tensione di esercizio di 11,5 kV e per linee con neutro a terra. Una fotografia di un complesso di sei di tali unità collegate in serie è data in fig. 5. Il montaggio con intervalli d'aria usato è compensato in modo che l'arco si adeschi solo a 40 kV per una larga varietà di ripidità di fronte (9).

Lo scopo degl'intervalli d'aria è di fermare il passaggio della corrente normale di linea come si è detto sopra. Siccome lo scaricatore non deve mancare di interrompere la corrente per la tensione normale di 11,5 kV, dai diagrammi delle figg. 2, 3 e 4 risulta che il massimo lavoro che debbono eseguire questi intervalli d'aria è di interrompere 28 Ampere massimi a 11,5 kV efficaci, cosa che possono fare con un sufficiente coefficiente di sicurezza. Però in pratica è ben raro che lo scaricatore connesso fra fase e terra debba sopportare la tensione concatenata.

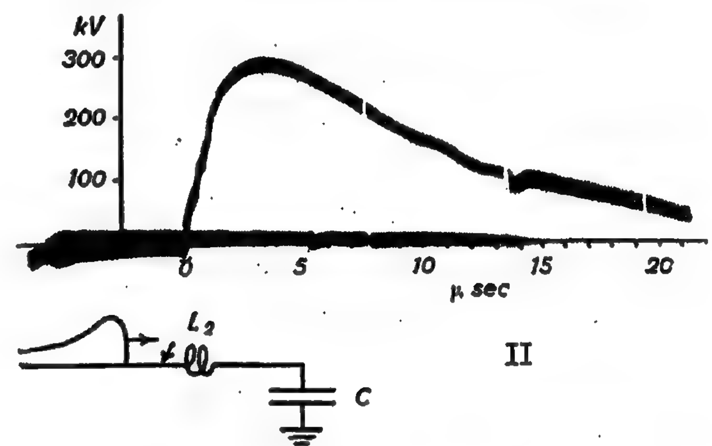
È evidente da quanto sopra detto che lo scaricatore a tirite è unico nel suo genere in particolare perchè non è influenzato dal cambiamento del fronte d'onda e perchè per ogni valore della corrente richiede una tensione ben definita.

Influenza dei macchinari agli estremi della linea.

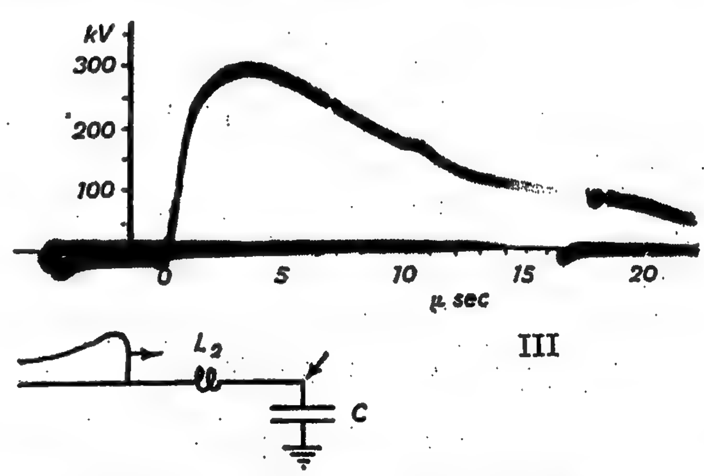
Sorge spesso la domanda se un impulso di tensione, che raggiunga una centrale o una sottostazione, rimanga influenzato dalla capacità elettrostatica della stessa nel senso che il suo fronte d'onda rimanga appiattito e il valore dell'impulso ridotto. In generale ciò non avviene, perchè la capacità delle centrali o cabine, pure includendovi i trasformatori, non raggiunge mai valori sensibili. Così un'onda incidente si rifletterà sul trasformatore raggiungendo un valore ben poco inferiore al doppio. La fig. 6 mostra appunto l'effetto prodotto dalla capacità di un trasformatore da 8000 kVA per 66 kV. Gli oscillogrammi sono stati presi con e senza il trasformatore.



1) Impulso a fronte ripida in circuito aperto.
2) idem, con scaricatore all'estremità.



Tensione d'impulso a monte di una capacità di 0,00114 μF e di una self di 0,034 m Henry



Tensione d'impulso a monte di una capacità di 0,00114 μF e a valle di una self di 0,034 m Henry.

Fig. 6. - Confronto del comportamento di un circuito con e senza trasformatore di estremità. (Il trasformatore è sostituito da una capacità).

Se l'impulso passa attraverso un cavo, prima di raggiungere il macchinario, il fronte d'onda viene modificato e il valore massimo viene ridotto in funzione del rapporto fra la lunghezza del cavo e la lunghezza dell'onda d'impulso. Quindi la capacità tende a costituire una protezione, ma perchè questa sia apprezzabile occorre che l'ordine di grandezza della capacità stessa sia almeno di 0,1 microfarad.

L'uso delle bobine di self (10) aventi una induttanza dell'ordine di 0,3 millihenry, connesse in serie con la capacità del trasformatore, non dà luogo, secondo le ricerche eseguite, ad oscillazioni se le self non sono accoppiate con scaricatori. Però gli esperimenti eseguiti su impianti hanno dimostrato che un eccessivo valore della self, cioè 3,8 millihenry, può dar luogo a fenomeni di risonanza con trasformatori e la sovratensione può raggiungere un valore doppio di quello che avrebbe raggiunto senza la self. Cioè un impulso di 150 kV che, senza l'uso di abbondanti bobine sarebbe diventato di circa 300 kV ai morsetti del trasformatore, diventa, per l'interposizione della self, di 600 kV

circa, il valore esatto potendosi calcolare col procedimento di Boehne (11). Se però la self è shuntata con una resistenza di valore eguale a quello dell'impedenza naturale della linea, si evitano le risonanze. Le esperienze eseguite hanno però dimostrato che l'impiego delle self non dà alcun beneficio per l'uso

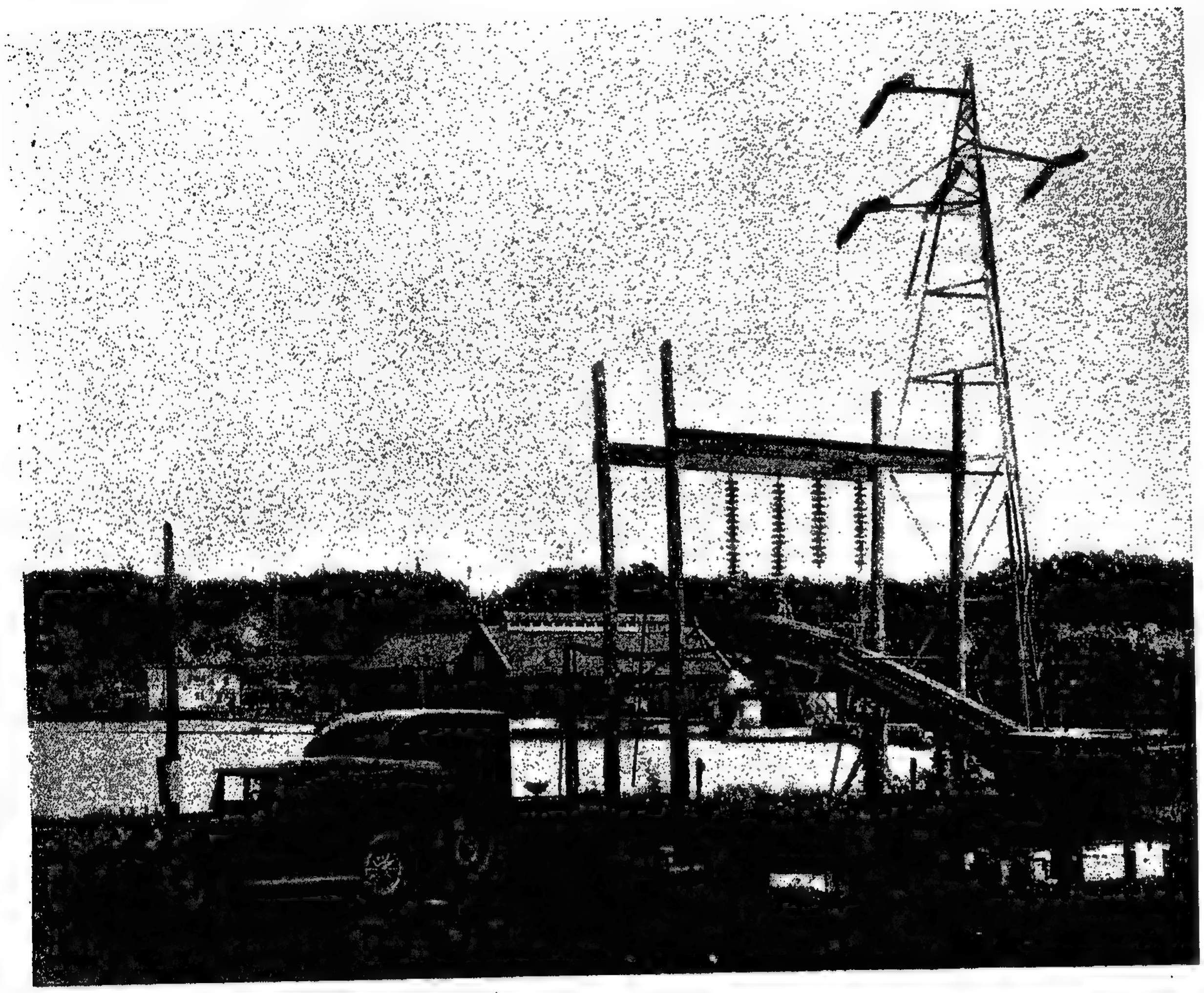


Fig. 7. - Installazione del generatore d'impulsi fino a 1500000 V lungo una linea.

degli scaricatori. Infatti è risultato che con le usuali self di limitata induttanza, il basso valore della resistenza dello scaricatore permette la formazione di oscillazioni fra self e trasformatore. È vero che anche queste oscillazioni possono venire eliminate shuntando la self con appropriate resistenze, ma dato che, come si è detto, la bobina non dà alcun beneficio pel funzionamento dello scaricatore, è consigliabile ometterla come accessorio di uno scaricatore.

Recenti esperimenti eseguiti con gli scaricatori tirite su impianti in esercizio.

Con la cooperazione della Consumers Power Company di Michigan è stata eseguita durante le estati degli anni 1929 e 1930 una vasta ricerca sullo spostamento lungo le linee dei fenomeni transitori e sui metodi di protezione. All'uopo fu messa a disposizione una linea a 75 kV lunga oltre 70 km estendentesi da Grand Rapids a Croton Dam nello Stato di Michigan. I più importanti risultati delle ricerche compiute nel 1929 sono già stati oggetto di altri rapporti (12-13). In questo rapporto verranno commentati soltanto alcuni delle diverse migliaia di rilievi oscillografici eseguiti nel 1930 e precisamente quelli concernenti l'impiego degli scaricatori.

Il generatore di impulsi usato era costituito da una batteria di 60 condensatori in serie, ciascuno di 0,5 microfarad. Gli elementi venivano caricati in parallelo a 25 kV e scaricati in parallelo secondo il noto schema di Marx dando così una tensione di 1.500.000 Volt. La fotografia in fig. 7 mostra appunto un tale generatore presso un palo della linea in esperimento.

Per la registrazione dei fenomeni è stato usato un oscillografo a raggi catodici montato su un autocarro. L'oscillografo stesso è di un nuovo tipo studiato da E. J. Wade.

È di piccole dimensioni e mantiene facilmente il vuoto, è di costruzione semplice e si presta per il rilievo di un gran numero di oscillogrammi in poco tempo. Come usualmente, l'oscillografo è del tipo a catodo freddo.

Per fare le prove, che verranno descritte, si usarono impulsi di polarità negativa, poichè questi vengono meno attenuati lungo la linea, così che risultò disponibile un maggior potenziale dove era installato lo scaricatore da provare. Tutte questo prove furono fatte in corrispondenza del palo N. 14 che distava 2,350 km dal punto dove era collegato il generatore d'impulsi. Fu necessario isolare gran parte del tronco di linea con nove elementi da 10" per evitare la formazione di archi. Le fondazioni dei pali avevano una mediocre messa a terra perchè, essendo il terreno sabbioso, era difficile ottenere buone terre.

Caratteristiche degli scaricatori.

Le prime prove ebbero lo scopo di controllare la validità dei calcoli teorici. Nelle fig. 2, 3, 4 sono già state date le caratteristiche degli scaricatori e le curve della tensione ridotta per differenti grandezze d'impulso e per diversi gradi di isolamento. Le prove ed i rilievi furono fatti per molte serie di scaricatori, ma per brevità verranno illustrate soltanto le prove sulle serie per 69 e 115 kV.

Le esperienze vennero eseguite nelle seguenti tre condizioni: 1) scaricatore connesso ad una sola terna con linea continua dopo lo scaricatore; 2) come prima, ma con linea sezionata a valle

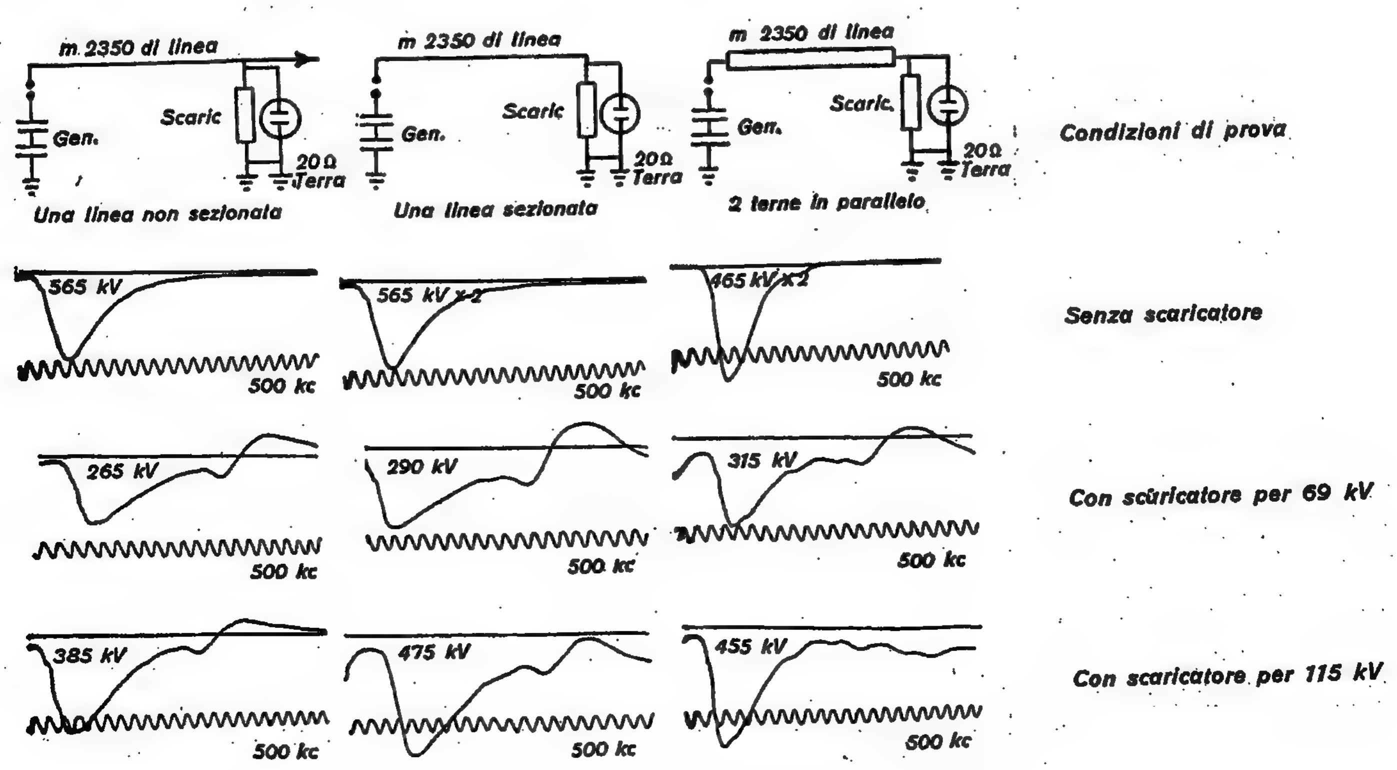


Fig. 8. - Influenza dello scaricatore a tirite.

dello scaricatore; 3) scaricatore derivato su due terne assoggettate all'identico impulso, essendo le due terne sezionate a valle dello scaricatore. Nella fig. 8 sono riportati i rilievi oscillografici eseguiti in tali tre condizioni con e senza lo scaricatore e per i due tipi anzidetti di scaricatori. In base ai dati ricavati da tali

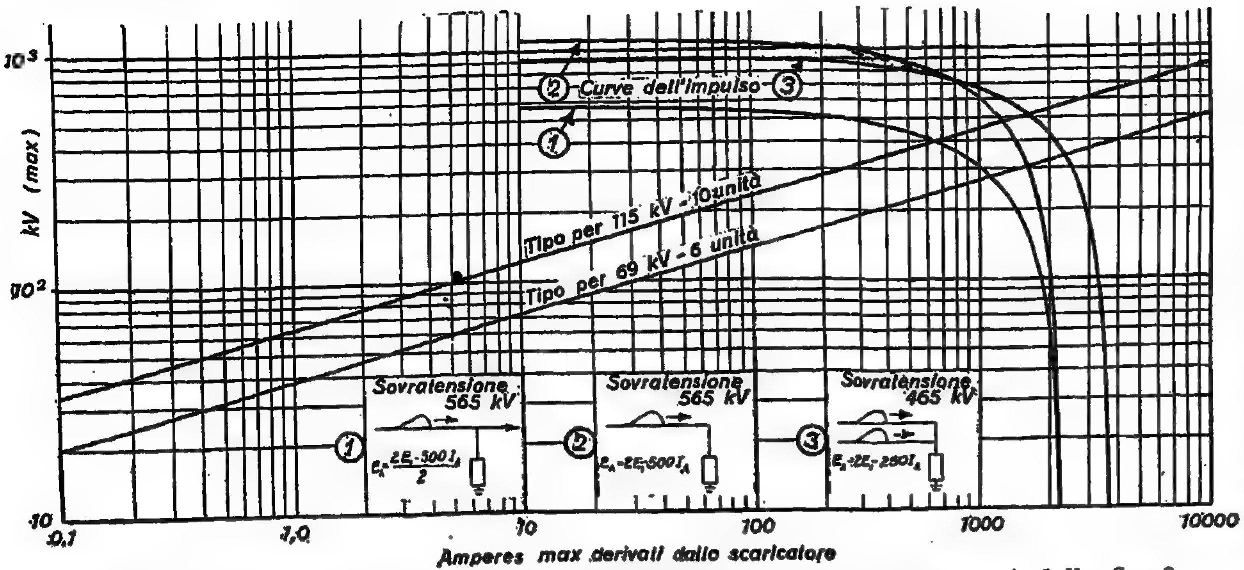


Fig. 9. - Diagrammi dello scaricatore a tirite in base agli oscillogrammi della fig. 8.

oscillogrammi sono state costruite le curve della fig. 9, curve simili a quelle delle fig. 2, 3 e 4, ma desunte dalla esperienza. Le curve si riferiscono alle tre condizioni in cui furono eseguiti gli esperimenti ed ai due tipi di scaricatori. Per il confronto fra i calcoli teorici ed i dati sperimentali può servire la seguente tabella:

Comportamento degli scaricatori a tirite.
Confronto fra i dati teorici e quelli sperimentali.

Tipo scaricatore	DATI					
	linea singola continua		linea singola sezionata		linee in parallelo sezionate	
	teor.	sperim.	teor.	sperim.	teor.	sperim.
Per 69 kV	260	265	285	290	318	315
» 115 »	380	385	445	475	480	455

I dati suesposti desunti dalle curve della fig. 9 suppongono una impedenza naturale di 500 Ohm. Il vero valore di questo elemento è però difficile da ottenersi, perchè varia col variare della tensione e della polarità dell'impulso in relazione al fenomeno corona inerente alla scarica. Ripetendo i calcoli, supponendo una impedenza naturale di 600 Ohm, la tensione assorbita dallo scaricatore risulta leggermente inferiore a quella data nella precedente tabella e precisamente di 10 kV in meno per il tipo 69 kV e di 20 kV in meno per il tipo 115 kV. Tenendo presente le possibilità di errori nelle prove e nel valore ammesso per la impedenza naturale, si può concludere che i dati teorici concordano abbastanza bene con quelli sperimentali.

Nella fig. 8 l'oscillogramma portante l'indicazione di 500 kc serve per la misura del tempo, ogni mezzo periodo rappresenta 1 microsecondo.

È interessante notare nella coda dell'oscillogramma della fig. 9, riguardante il comportamento dello scaricatore, l'onda riflessa proveniente dal generatore d'impulsi. Il fenomeno è tanto più rimarcato quanto più bassa è la tensione di esercizio dello scaricatore: perchè, riducendosi questa tensione e la resistenza dello scaricatore, aumenta il valore dell'onda riflessa negativa proveniente dallo scaricatore. Questo effetto risulta evidente dal paragone degli oscillogrammi analoghi dei due tipi di scaricatori. Evidentemente, aumentando la tensione di esercizio dello scaricatore, aumenta la sua resistenza interna, che così tende a raggiungere il valore della impedenza naturale della linea, il che comporta una riduzione nel valore dell'onda riflessa. Ciò concorda perfettamente col fatto che la resistenza dello scaricatore varia al variare della tensione d'esercizio, mentre la impedenza della linea è un valore costante.

ZONA PROTETTA DALLO SCARICATORE.

La questione, che nasce spontanea in materia di scaricatori, verte sull'estensione della rete efficacemente protetta da uno scaricatore. La risposta a questa questione è legata alla ripidità del fronte d'onda. Se questa fosse tale che in un microsecondo la tensione raggiunge un valore sufficiente per adescare l'arco sugli isolatori, evidentemente uno scaricatore situato a 150 metri non sarebbe efficace. E difatti la linea potrebbe essere messa a terra alla distanza di 150 metri e l'arco si adescherebbe ancora. Ciò avviene perchè l'arco si forma prima che l'impulso abbia percorso i 150 metri per raggiungere la messa terra e prima che l'onda riflessa negativa sia pervenuta a ridurre il valore dell'impulso.

Questo fenomeno risulta molto evidentemente dalla fig. 10 desunta dalla relazione di Mc Eachron, Hemstreet e Seelye (13) che dà gli oscillogrammi di un impulso di carica presi ai pali N. 30 e N. 50, essendo la linea messa a terra al palo N. 55. Dato che in questa conduttura la campata è di 150 metri circa, l'oscillogramma preso al palo N. 30 rappresenta il fenomeno con una terra distante 4 km, mentre per l'oscillogramma preso al palo N. 50 la distanza è di soli 800 metri. Con una ripidità di fronte, quale è indicata nella fig. 10, un oscillogramma ricavato alla distanza di 300 metri dalla messa a terra avrebbe dato ancora il pieno valore della tensione di carica.

Per rendersi conto esattamente del modo come si svolgono in pratica le cose, le prove furono disposte come risulta dalla fig. 11. Lo scaricatore venne inserito vicino al palo 14 ad una distanza di 27 metri dalla base del palo. La resistenza di terra del palo era di 35 ohm, mentre quella dello scaricatore era di 40 ohm. Durante le prove le due terre vennero collegate per riprodurre le condizioni che si hanno usualmente. Lo scaricatore usato era del tipo da 69 kV. Si fecero prove anche col tipo per 132 kV, ma vengono riportate solo le prime perchè i loro risultati sono più conclusivi per quanto riguarda l'estensione della zona di influenza dello scaricatore.

I rilievi oscillografici furono fatti sia al palo 14 che ai pali 13 e 10 distanti dal primo e dallo scaricatore rispettivamente 150 e 600 metri circa. Oltre al rilievo oscillografico dell'onda, è dato il numero degli isolatori da 10" che non vennero protetti.

Da tutti i dati così ottenuti e raggruppati nella fig. 11 risulta che al palo 14 con catene di 4 elementi non si ha arco, mentre con 3 elementi l'arco s'adesca in corrispondenza della coda dell'onda d'impulso. Similmente, retrocedendo di 150 metri al palo N. 13, il valore massimo dell'impulso sale da 315 a 480 kV e l'arco, che non si forma con 5 elementi, si forma con 4 alla tensione di 450 kV. A 600 metri dallo scaricatore la tensione è di 660 kV e con 7 elementi in un caso si formò l'arco sulla coda dell'onda. Poichè anche con lo scaricatore del tipo per 132 kV inserito al palo 14, si riscontrò al palo 10 ancora la tensione di 660 kV, è logico dedurre che a questa distanza lo scaricatore non ha più efficacia.

Nella figura 11, che si riferisce al caso di una linea continua, è indicato anche un oscillogramma preso al palo 29.

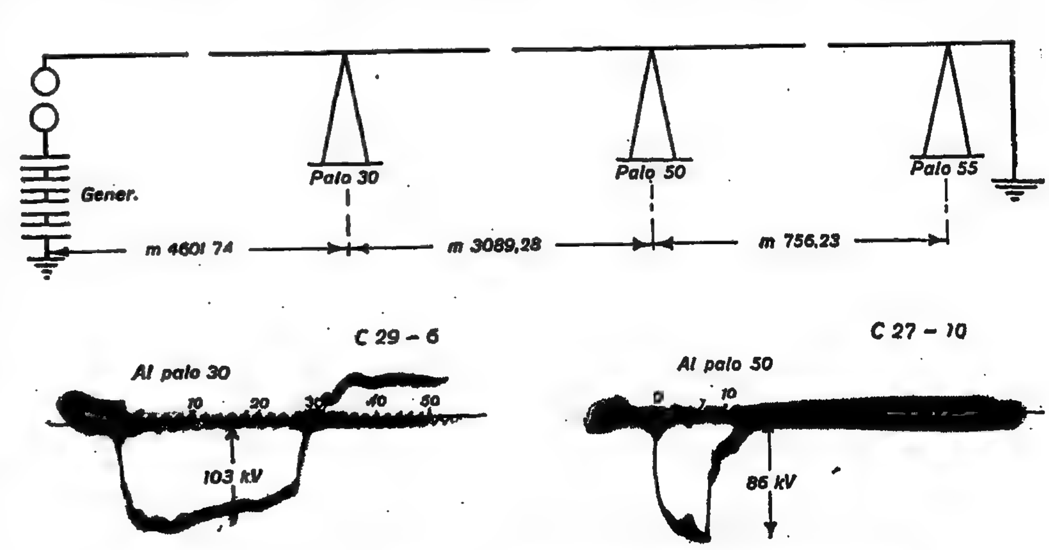


Fig. 10. - Sovratensioni misurate a differenti distanze dalla messa a terra.

L'oscillogramma mostra che in questa posizione, cioè 2,2 km a valle dello scaricatore, l'onda già ridotta dallo scaricatore si propaga ancora, ma naturalmente attenuata per le perdite. Nella fig. 9 è già stato riportato l'oscillogramma dell'onda per questa condizione di circuito nel punto in cui è installato lo scaricatore da esso si rileva che la tensione massima è di 265 kV.

INFLUENZA DELLA DISPOSIZIONE DELLO SCARICATORE.

Da tempo è stato ammesso il vantaggio di collocare gli scaricatori il più vicino possibile ai trasformatori e di rendere però quanto più corte é possibile le connessioni a terra.

Tuttavia fino ad ora tale asserzione era basata su considerazioni teoriche non avendosi dati attendibili. Nella fig. 12 sono

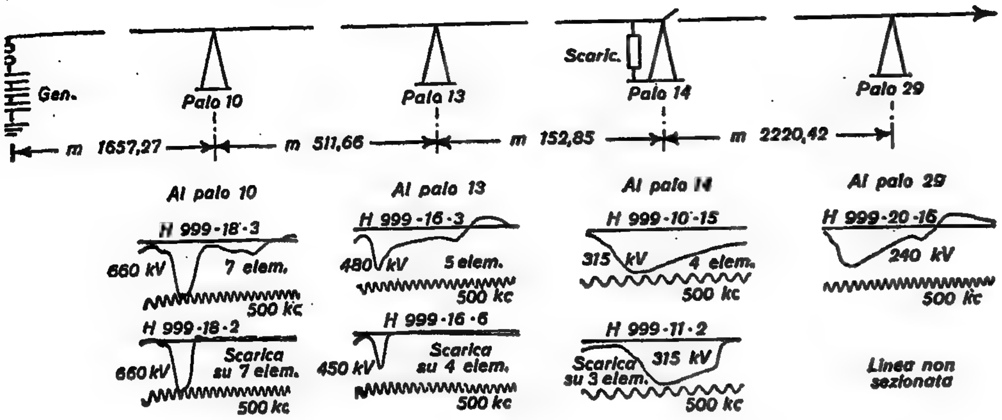


Fig. 11. - Efficacia dello scaricatore a tirite (tipo per 69 kV) in funzione della distanza dal suo punto d'inserzione.

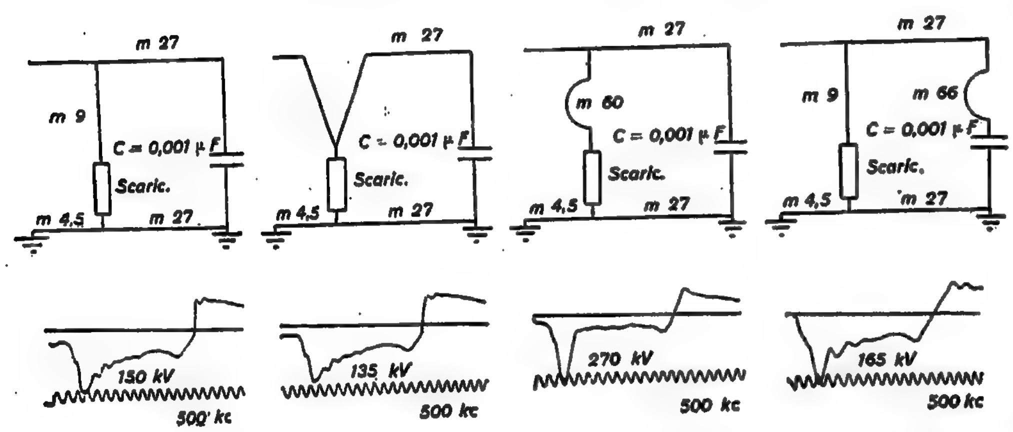


Fig. 12. - Influenza del modo d'inserzione dello scaricatore a tirite (Tipo per 23 kV., tensione d'impulso in arrivo di 1.130.000 V.).

ora riprodotti oscillogrammi che mostrano in maniera indiscutibile i benefici di un'appropriata disposizione per l'utilizzazione dello scaricatore e per le connessioni di terra. Sebbene le prove siano state fatte anche con scaricatori per 69 kV, sono riportati solo i risultati ottenuti col tipo per 23 kV, perchè coi tipi per basse tensioni di esercizio i vantaggi sono più sentiti.

Durante le esperienze il trasformatore è stato sostituito con una capacità di 0,001 microfarad. Le prove vennero ripetute senza la capacità e tutte le tensioni misurate risultarono inferiori di 5÷10 kV a quelle riportate nella fig. 12.

Nel primo esperimento la tensione misurata ai morsetti della capacità risultò di 150 kV. Eliminando poi la connessione di 10 metri circa fra le sbarre e lo scaricatore formando il così detto « anello a forcina », tale tensione si ridusse a 135 kV, malgrado che in questo modo si fosse aumentata la distanza dalla capacità. Allungando di 60 metri la connessione dello scaricatore, la tensione ai morsetti della capacità risultò di 270 kV; allungando invece di 67 metri la connessione della capacità, la tensione risultò di 165 kV. Questi dati mettono in evidenza un importante particolare da curarsi nella installazione dello scaricatore, e cioè che in linea di massima è più importante che sia ridotta la lunghezza della connessione dello scaricatore, che non la distanza fra questo ed il trasformatore. La ragione di questo risultato è ovvia, se si considera che aumentando la distanza fra lo scaricatore ed il trasformatore, il peggio che può succedere è che la tensione allo scaricatore venga raddoppiata per riflessione, mentre, se la connessione di quest'ultimo è troppo lunga, l'onda può raggiungere il trasformatore prima di sentire il beneficio della protezione.

Si ricade cioè nella situazione discussa a proposito della fig. 9 dalla quale risultò che la zona di influenza di uno scaricatore è limitata, specialmente se l'onda è a fronte ripido.

In conclusione occorre tenere lo scaricatore il più vicino possibile al trasformatore e sopra tutto ridurre al minimo la sua connessione di presa di terra.

CONCLUSIONE.

Non è possibile discutere in questa breve relazione tutti i fattori che influiscono nella protezione del macchinario per mezzo di scaricatori. Una notevole quantità di dati sono stati però acquisiti e verranno comunicati a suo tempo; per ora ci siamo limitati a dare informazioni per dimostrare che gli scaricatori sono stati accuratamente studiati, così che d'ora innanzi si potrà essere certi che il loro impiego darà i risultati previsti.

Sono stati fatti esperimenti, durante i quali sono state applicate agli scaricatori sia sovratensioni che energia ed essi hanno dimostrato che lo scaricatore è un apparecchio sicuro. Gli oscillogrammi presi su impianti in esercizio hanno confermato l'efficacia dello scaricatore, il suo funzionamento non dipendendo da fattori sconosciuti, ma seguendo leggi ben definite e che saranno sempre più comprese man mano che i risultati d'esercizio confermeranno la validità e l'attendibilità delle leggi stesse.

K. B. MC EACHRON.

BIBLIOGRAFIA

(1) K. B. MC EACHRON and E. J. WADE: *Study of Time Lag of the Needle Gap.* - A.I.E.E. Trans. Vol. 44, 1925, p. 832.

(2) F. W. PEEK, JR.: *Effect of Transient Voltages on Dielectrics* - A.I.E.E. Trans. Vol. 34, 1915, p. 1857.

(3) E. J. WADE and G. S. SMITH: *Time Lag of Insulators* - Electrical World, 18 Agosto 1928.

(4) J. J. TOROK: *Surge Characteristics of Insulators and Gaps* - A.I.E.E. Trans. Vol. 49, 1930, p. 1857.

(5) C. L. FORTESCUE: *Rationalization of Station Insulating Structures with Respect to Insulation of the Transmission Line* - A.I.E.E. Trans. Vol. 49, 1930.

(6) F. W. PEEK, JR: *TheEffect of Transient Voltages on Dielectrics IV* - A.I.E.E. Trans. Vol. 49, 1930.

(7) V. M. MONTSINGER and W. M. DANN: *Recommendations on Balancig Transformers and Line Insulation on Basis of Impulse Voltage Strength* - A. I. E. E. Trans. Vol. 49, 1930.

(8) K. B. MC EACHRON: *Thyrite A New Material for Lightning Arresters* - A.I.E.E. Trans. Vol. 49, 1930, p. 410.

(9) K. B. MC EACHRON and H. G. BRINTON: *Performance of Thyrite Arrester for Any Assumed Form of Traveling Wave and Circuit Arrangement* - G. E. Review, Giugno 1930, p. 350.

(10) K. B. MC EACHRON: *Cathode Ray Oscillograph Study of the Operation of Choke Coils on Transmission Lines* - G. E. Review, Dicembre 1929, p. 668.

(11) E. W. BOEHNE: *Calculation of Voltage Stresses due to Traveling Waves with Special Reference to Choke Coils* - G. E. Review, Dicembre 1929, p. 676.

(12) K. B. MC EACHRON, J. G. HEMSTREET e W. J. RUDGE: *Traveling Waves on Transmission Lines with Artificial Lightning Surges* - A.I.E.E. Trans. Vol. 49, 1930, p. 885.

(13) K. B. MCEACHRON, J. G. HEMSTREET e H. P. SEELYE: *Study of the Effect of Short Lengths of Cable on Traveling Waves* - A.I.E.E. Trans. Vol. 49, 1930.

ING. ETTORE CESÀRI

DIRETTORE DELL' UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE

L'industria elettrica all'estero

Svizzera

Caratteri dell'industria.

Fra i primi paesi nei quali prosperò l'industria elettrica va annoverata la Svizzera. L'abbondanza di forze idrauliche e la scarsità di combustibili fossili, quel bisogno, istintivo nello svizzero, di trovare *proprietà* in tutti gli accessori della vita che è una delle caratteristiche del paese nostro vicino, l'importanza che vi ha l'industria alberghiera e la conseguente necessità di favorire tutto ciò che contribuisce al « comfort » ne furono le cause principali: non ultime cause poi furono anche la disponibilità di capitali e l'intelligenza dei suoi tecnici e dei suoi finanzieri.

Poichè la Svizzera è, fra le Nazioni europee, una delle più benemerite dell'industria elettrica. Questa era appena nata e da poco era stata trapiantata felicemente fra noi quando, abbandonando la traccia di Edison, Thury cercava la soluzione del problema del trasporto a distanza dell'energia, perseverandovi lunghi anni: e forse qualcosa della sua opera è destinata a rivivere in un prossimo futuro. Due grandi case costruttrici, la Oerlikon e la Brown-Boveri, si contano fra le pioniere d'Europa: ed ognuno rammenta, chè è storia più giovane di parecchi di noi, il basilare esperimento di Brown (Lauffen-Francoforte), nel quale i tecnici svizzeri ebbero gran merito.

Non minore gratitudine è dovuta ai finanzieri svizzeri che in Italia, in Francia e altrove aiutarono fin dai primi passi il crescere della nuova industria, non sempre con soddisfacenti risultati finanziari.

Quindi non è da meravigliare se essa vi crebbe prospera e sana. L'istintivo senso di rispetto alla libertà individuale in ogni suo dettaglio ha fatto sì che essa sia cresciuta *libera*: condizione che sappiamo essere indispensabile al suo sviluppo. Ciò non ha impedito, ad esempio, il prosperarvi delle municipalizzazioni: ma esse non vi hanno assunto forma diversa da quella delle imprese private. Anzi, quasi sempre esse vi assumono la forma di Società Anonime, le Azioni delle quali sono in parte proprietà dell'Ente pubblico e in parte di privati. Ed Imprese private e pubbliche vi vivono in perfetta pace e concordia, tolta qualsiasi idea di concorrenza, di privilegio, di contraltare.

Secondo un recente e interessante studio dell'Ing. Ganguillet, le Imprese Svizzere si possono classificare in quattro gruppi:

a) *Grandi produttori*, che cedono l'energia a rivenditori, nella quasi totalità, consegnandola ad alta tensione.

b) *Imprese miste*, che vendono il loro prodotto parte a rivenditori come per la categoria *a*), parte su reti di minuta distribuzione.

c) *Impianti comunali*, per la maggior parte producenti per conto proprio l'energia che essi stessi distribuiscono.

d) *Imprese a distribuzione regionale* che non producono energia, ma l'acquistano a blocco da produttori per distribuirla su vaste zone.

Alcune di queste imprese (particolarmente della cat. *d*) sono Cantonali, e in alcune è interessato anche lo Stato.

Lo studio dell'Ing. Ganguillet esamina la situazione finanziaria delle principali Imprese od Aziende, raggruppandole come sopra.

Le Tabelle da I a IV sono prese da tale studio e forniscono notizie interessanti.

TABELLA I.

IMPRESE ELETTRICHE CHE VENDONO ENERGIA A RIVENDITORI, AD ALTA TENSIONE (6 Imprese).

Anno	Energia prodotta 10^6 kWh	Capitale non ammortizzato 10^6 Frs	Ammortamenti e versamenti ai fondi di riserva 10^6 Frs	Incassi 10^6 Frs	Incasso medio per kWh prodotto cts/kWh
1922	1033	195	3,72	23,7	2,3
1923	1053	195	4,36	25,9	2,4
1924	1068	210	5,00	28,4	2,6
1925	1196	216	5,46	32,2	2,7
1926	1267	218	5,77	33,7	2,68
1927	1360	221	6,82	36,9	2,72
1928	1604	227	8,75	40,8	2,55
1929	1662	234	9,1	43,1	2,58

Fonte: *Bulletin N.° 1*, 1931, periodico dell'*Associazione Svizzera degli Elettricisti* e dell'*Unione delle Centrali Elettriche Svizzere.*

Dai dati della Tabella I si rilevano alcune notizie interessanti, fra le quali la progressiva diminuzione dei costi d'impianto. Nel 1922 il kWh-anno costava ancora 18,9 centesimi di Fr. svizzero, come impianto: la cifra è scesa nel 1929 a 14,2 centesimi (circa L. 0,53), certamente assai bassa. Si noti anche che in otto anni si è ammortizzato o passato alle riserve il 18,5% degli incassi. Nei prezzi di vendita (non si dimentichi che trattasi di Enti produttori che vendono a blocco ad Imprese rivenditrici) si nota un aumento fino al 1927 al quale è susseguita una leggera diminuzione. Il prezzo odierno medio di vendita è di poco inferiore ai 10 centesimi di lira per kWh, ossia è il 19% del capitale investito. In Italia le grandi Imprese produttrici si contentano di rimunerazioni assai più modeste, nonostante gli oneri, sopratutto fiscali, più gravi.

TABELLA II.

IMPRESE ELETTRICHE CHE VENDONO ENERGIA ALL'INGROSSO E AL DETTAGLIO (9 Imprese).

Anno	Energia prodotta 10^6 kWh	Capitali investiti ancora da ammortizzare 10^6 Frs	Ammortamenti e versamenti ai fondi di riserva 10^6 Frs	Incassi realizzati con la vendita dell'energia 10^6 Frs	Incasso medio per kWh prodotto cts/kWh
1922	513,3	258,2	5,73	36,47	7,10
1923	644,7	255,8	8,12	38,90	6,03
1924	713,0	274,4	7,52	41,66	5,84
1925	784,3	269,7	8,50	45,01	5,74
1926	850,5	274,7	8,83	46,55	5,49
1927	914,1	302,5	9,54	47,96	5,25
1928	1004,4	314,5	9,89	51,02	5,1
1929	1052,2	315,6	11,19	54,5	5,2

Fonte: *Bulletin N.° 1, 1931*, periodico dell'*Associazione Svizzera degli Elettricisti* e dell'*Unione delle Centrali Elettriche Svizzere*.

Assai diverse sono le condizioni delle Imprese miste. In generale producono assai più in piccolo e hanno impianti più antiquati. Notevole è il loro forte aumento nella produzione, raddoppiata in otto anni. Il costo del kWh-anno installato, calcolato sul capitale ancora da rimunerare (cioè dedotti gli ammortamenti) sta sui 30 cent. sv. (circa L. 1.12). In questa cifra è compresa anche tutta la parte d'impianti che serve al trasporto ed alla distribuzione: siamo ancora in condizioni molto più liete delle nostre. L'incasso medio è ora di circa 19,5 centesimi di lira per kWh, il che dà una percentuale d'incasso del 16,55%, sensibilmente inferiore a quella delle grandi Imprese produttrici, ed ancora superiore alla corrispondente percentuale italiana.

Spese d'esercizio, amministrazione e manutenzione	41,5%
Interessi passivi	14,0%
Ammortamenti e riserve	20,0%
Versamenti ai Comuni	24,5%

È evidente che il denaro deve essere fornito a queste aziende a condizioni di grandissimo favore: da noi la quota interessi è di almeno il doppio: e trattasi in gran parte non di *utili*, ma di *oneri* da pagarsi ad obbligazionisti o per servizio di mutui.

TABELLA IV.

IMPRESE ELETTRICHE CHE ACQUISTANO ENERGIA AD ALTA TENSIONE E NON SI OCCUPANO CHE DELLA TRASFORMAZIONE E DISTRIBUZIONE (6 Imprese).

Anno	Energia acquistata 10^6 kWh	Capitali investiti ancora da ammortizzare 10^6 Frs	Ammortamenti e versamenti ai fondi di riserva e a nuovo 10^6 Frs	Incassi realizzati con la vendita dell'energia 10^6 Frs	Incasso medio per kWh acquistato cts/kWh
1922	256,6	38,64	3,45	20,01	7,8
1923	278,6	39,65	4,06	20,96	7,5
1924	317,2	37,85	5,01	23,14	7,3
1925	349,2	35,72	4,52	24,50	7,4
1926	347,0	35,62	5,76	24,15	7,0
1927	390,7	33,81	6,57	27,25	7,0
1928	437,9	35,27	5,11	28,25	6,4
1929	485,3	35,14	6,02	30,43	6,3

Fonte: *Bulletin N.° 1 - 1931*, periodico dell'*Associazione Svizzera degli Elettricisti* e dell'*Unione delle Centrali Elettriche Svizzere*.

TABELLA III.

DISTRIBUTORI CHE VENDONO ALL'INGROSSO E AL DETTAGLIO L'ENERGIA, PRODOTTA PER LA MASSIMA PARTE NEI LORO IMPIANTI (14 Imprese Municipali).

Anno	Energia prodotta e acquistata 10^6 kWh	Capitale ancora da ammortizzare 10^6 Frs	Ammortamenti e versamenti ai fondi di riserva 10^6 Frs	Incassi realizzati con la vendita dell'energia 10^6 Frs	Incasso medio per kWh prodotto o acquistato cts/kWh	Utili versati nelle casse municipali oltre l'interesse del capitale 10^6 Frs	Riduzione possibile del prezzo di vendita se nulla fosse versato nelle casse municipali cts/kWh	Numero degli abitanti serviti	Numero di kWh prodotti o acquistati per abitante
1922	412,6	165,0	7,9	53,33	12,92	13,54	3,28	1.012.000	407
1923	451,4	170,5	10,1	57,14	12,65	14,12	3,12	1.012.000	446
1924	499,7	185,5	12,0	59,24	11,85	13,99	2,79	1.012.000	493
1925	576,8	173,8	12,6	61,15	10,60	13,93	2,41	1.030.000	560
1926	593,3	169,2	12,2	61,43	10,35	13,35	2,25	1.031.000	575
1927	639,0	168,1	12,3	66,47	10,30	16,05	2,40	1.055.000	605
1928	713,7	177,2	14,1	72,08	10,09	17,12	2,39	1.060.000	673
1929	774,7	184,4	16,8	72,44	9,4	17,71	2,30	1.070.000	720

Fonte: *Bulletin N.° 1, 1931*, periodico dell'*Associazione Svizzera degli Elettricisti* e dell'*Unione delle Centrali Elettriche Svizzere*.

Si noti prima di tutto che le Centrali municipali hanno l'obbligo di versare nelle casse comunali una parte dei loro incassi: sono più di 60 milioni di lire annue, che costituiscono un onere fiscale non indifferente. Il prezzo medio generale di vendita sale a quasi 35 centesimi di lira, cifra poco lontana dalla nostra. Il costo primitivo del kWh-anno installato era di L. 1,60: per gli intervenuti ammortamenti è ridotto a L. 0,90 circa.

Secondo l'ing. Ganguillet gli incassi delle Imprese comunali svizzere vengono così ripartiti:

I rivenditori effettuano evidentemente ammortamenti molto rapidi, tanto che nonostante gli incrementi il capitale da rimunerare va diminuendo. Infatti essi passano ad ammortamento circa il 18% dei loro incassi ed i loro investimenti sono assai modesti (L. 0,27 per kWh-anno). L'acquisto di energia rappresenta nel loro bilancio il 54% delle spese.

La ricchezza di forze idrauliche, l'abbondanza di capitali disponibili a basso interesse ed il buon andamento dell'industria hanno prodotto un'intensificazione nella costruzione di nuovi impianti: e poichè la modesta popolazione non è in grado di smaltire tutta l'energia producibile, la Svizzera è divenuta esportatrice. Si può dire anzi che essa sia la nazione europea che fa la maggiore esportazione d'energia elettrica.

Sono allo studio grandi progetti a questo proposito, aventi specialmente per obbiettivo la Germania e la Francia.

La Svizzera è sede di numerose « Holding » che sono interessate nelle industrie elettriche di molti altri paesi (Francia, Levante, Germania, Sudamerica, Italia, ecc.).

Risorse naturali. Principalissima risorsa è quella idraulica. Si può dire che la Svizzera è un semenzaio d'impianti idraulici, pel suo importante sistema orografico, e per la frequente possibilità di crearvi serbatoi. È fra i paesi più ricchi di forze idrauliche.

Nel Vol. V° dell'Annuario del Servizio Idrografico Svizzero il suo patrimonio idraulico è precisato in 2.500.000 cavalli effettivi (misurati all'asse delle turbine) pari a 0,65 cavalli per abitante.

Nel Canton Vallese, lungo due zone una delle quali parte da Sion e giunge al Gran S. Bernardo, l'altra si estende ai due lati del Rodano a valle di Martigny, esistono giacimenti importanti di carboni magri, analoghi a quelli che esistono sui versanti italiano e francese corrispondenti. Il loro potere calorifico varia fra 4000 e 6500 calorie, con una media di 4700 calorie: ascendono a circa cento milioni di tonnellate. Si è tentato di sfruttare questi giacimenti durante la guerra, e si è anche studiata la costruzione di una o più centrali termiche integratrici, alimentate da tale combustibile, per far fronte alle grandi magre invernali (Ved. Art. dell'Ing. Hans Büchler, in *Schweizerische Wasserwirtschaft*, 1929, N.° 10, pag. 165 e segg.).

Non sono note altre risorse in combustibili. La Svizzera consuma principalmente carbone tedesco, che le giunge principalmente per la via fluviale del Reno.

Gli impianti produttori. L'incremento delle Centrali svizzere è stato continuo e costante: dai 4 000 kW del 1886 si è giunti ai 7 000 kW del 1890, ai 97 000 kw del 1900, ai 364 000 kW del 1910, ai 777 000 kW del 1920, al 1 600 000 kW del 1929.

Esistono solo sette centrali termiche di qualche importanza ed anche queste vanno gradualmente sparendo. È probabile che in un avvenire non lontano si impianti qualche grande centrale moderna a vapore da servire di riserva, sia nel Vallese (vedere sopra) sia altrove. Per ora la loro funzione è trascurabile (non arrivano a produrre il 4‰ del totale).

Gli impianti produttori si suddividono secondo la loro appartenenza come precisato nella Tabella V.

TABELLA V.

POTENZA INSTALLATA NELLE CENTRALI SVIZZERE ALLA FINE DEL 1929

GENERE DI IMPRESA	Numero		Potenza installata in HP		% del totale
	inf. a 450 HP	sup. a 450 HP	inferiore ai 450 HP	superiore ai 450 HP	
Imprese private (comprese le centrali inferiori ai 450 HP) ..	5785	134	125.218	971.436	48,0
Comunali	—	49	—	201.090	8,9
Cantonali e miste ..	—	41	—	645.206	28,5
Federali (Ferr. Fed.)	—	7	—	331.500	14,6
TOTALE SVIZZERA .	5785	231	125.218	2.149.232	100,0

Fonte: *Schweizerische Wasser und Elektrizitätswirtschaft*, n. 6 - Anno 1930.

Fra le Centrali Svizzere alcune fra le più recenti sono degne di studio: quella, ad esempio, di Oberhasli è fra le più moderne e meglio studiate d'Europa. Abbondano i serbatoi, la capacità dei quali corrisponde a 392 milioni di kWh. Data la piccola superficie del paese, essi adempiono perfettamente alla completa integrazione di tutte le reti.

Alla fine del 1929 erano in costruzione 12 grandi impianti idroelettrici per una potenza complessiva di 950 000 HP.

Tra questi sono però comprese anche le centrali di Reckingen (42 000 HP), Dogern (93 600 HP) e Ryburg-Schwörstadt (170 000 HP) che appartengono alla Svizzera solo per la metà della potenza indicata, e per metà alla Germania.

La produzione dell'energia. La Svizzera offre l'esempio di una elevatissima utilizzazione dei suoi impianti idroelettrici, dovuta al particolare congegno delle sue tariffe ed alla generalizzazione che l'uso dell'energia elettrica vi va assumendo per tutte le applicazioni.

TABELLA VI.

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA PARTE DI IMPRESE DELLE QUALI IL FINE È LA VENDITA DELL'ENERGIA.

	1926/27 10^6 kWh	1927/28 10^6 kWh	1928/29 10^6 kWh	1929/30 10^6 kWh
Energia disponibile nelle centrali a deflusso continuo	3515	3622	3788	3730
Energia prodotta nelle centrali ad accumulazione stagionale	439,5	457,5	506,6	494,9
Energia importata	20,5	15,7	21,4	35,2
Energia prodotta nelle centrali termiche	1,7	2,18	5,07	12,1
Energia totale disponibile .	3976,7	4097,4	4321,17	4272,2
Di questo totale non fu utilizzato	900,7	736	762	743,6
La quantità utilizzata fu di	3076	3361,4	3559,1	3528,6
La quantità esportata fu di	984	1085,4	1094,1	960,8
Fu utilizzato in Svizzera:				
a) per i bisogni normali della clientela	1880	2002	2208	2362,2
b) per le applicazioni termiche (forniture senza garanzia di continuità)	212	274	257	206,5
L'energia utilizzata in Svizzera può essere classificata approssimativamente come segue:				
Per uso generale	1433	1590	1800	1899
Per trazione (non comprese le Ferrovie Federali)	180	192	204	214,8
Per elettrochimica, metallurgia, elettrotermica (non compresa l'energia prodotta nelle installazioni appartenenti agli industriali stessi)	479	494	461	454
TOTALE DELL'ENERGIA UTILIZZATA IN SVIZZERA	2092	2276	2465	2567,8

Fonte: *Bulletin N.° 23*. - 1930, periodico dell'*Associazione Svizzera degli Elettricisti* e dell'*Unione delle Centrali Elettriche Svizzere*.

N.B. - Questa statistica considera le centrali superiori ai 1000 kW, essa trascura quelle inferiori ai 1000 kW la cui produzione si ritiene sia il 3% della censita. Le statistiche svizzere si chiudono il 30 settembre di ogni anno.

La produzione termica è stata di circa 12 milioni di kWh, corrispondenti al 3,5‰ della totale. Trattasi evidentemente di interventi di breve durata in occasione di interruzioni accidentali.

L'utilizzazione del disponibile è stata nel 1929÷30 dell'82,8% (circa 7200 ore). È un « record » del genere difficilmente raggiungibile.

La punta massima complessiva nelle centrali di vendita dell'energia si ebbe nel dicembre 1929, con 629 000 kW corrispondenti ad una utilizzazione da parte della clientela di circa 5600 ore.

Oltre alla quantità di energia prodotta dalle centrali per la vendita a terzi, considerata nella tabella VI, le industrie e le Ferrovie Federali producono nei propri impianti circa il 30÷35% della produzione integrale.

Tale produzione globale che nel 1913 era di 1700 milioni di kWh è salita nel 1929 a 5520 milioni di kWh.

L'energia prodotta per gli anni 1927-28-29 fu utilizzata come precisato nella tabella VII.

TABELLA VII.

PRODUZIONE INTEGRALE DELL'ENERGIA ELETTRICA IN SVIZZERA SUDDIVISA A SECONDA DELL'USO AL QUALE FU DESTINATA.

OGGETTO	1927 10^6kWh	1928 10^6kWh	1929 10^6kWh
Produzione totale	4593	5304	5520
Tale produzione si suddivide in:			
Luce, Forza, Calore	1470	1700	1900
Trazione	600	610	785
Industrie chimiche e metall.; appl. termiche in industrie speciali	500	560	450
Elettrochimica ed elettrometallurgia	862	1200	1200
Piccoli produttori per uso proprio	200	200	200
Esportazione	961	1034	985

Fonte: *Schweizerische Wasser u. Elektrizitätswirtschaft*, N. 4, Anno 1929 e N. 6, Anno 1930.

Si leggono spesso previsioni sulla produzione avvenire della Svizzera. Dagli studi fatti si prevede che nel 1950 la produzione potrà raggiungere da un minimo di 10 miliardi kWh ad un massimo di 20 miliardi.

La produzione per abitante, precisata nella Tabella VIII, mostra il diffusissimo impiego dell'energia elettrica in Svizzera che a tale riguardo è la seconda in Europa dopo la Norvegia e la terza nel mondo dopo la Norvegia e il Canadà.

TABELLA VIII.

PRODUZIONE IN kWh PER ABITANTE IN SVIZZERA

Anno	Produzione	Produzione meno esportazione
1923	760	630
1924	870	720
1925	940	780
1926	1015	802
1927	1140	907
1928	1320	1060
1929	1380	1130

Fonte: *Schweizerische Wasser u. Elektrizitätswirtschaft*, N. 6. Anno 1930.

Trasmissione dell'energia.

La rete ad alta tensione Svizzera misurava nel 1895 circa 800 km di lunghezza: nel 1925 raggiungeva i 16 000 km. Le reti a bassa tensione misuravano alla medesima epoca 28000 km. Sono allo studio sempre nuove linee ad alta tensione, alcune delle quali destinate al trasporto dell'energia all'estero, particolarmente in Germania. Sono ormai comuni tensioni superiori a 100 kV: certamente per l'esportazione in Germania e in Francia si dovranno in seguito adottare tensioni maggiori: probabilmente di 220 kV, e forse più tardi anche maggiori.

Utilizzazione dell'energia. Tariffe e prezzi.

L'impiego dell' energia avviene in Svizzera in modo molto uniforme durante tutte le stagioni, anche per la presenza di parecchi impianti che utilizzano energia di scarto.

Ma la principale ragione di tale uniformità come dell'alta utilizzazione va cercata nello studio posto fin dai primi passi dell'industria nella diffusione delle applicazioni diverse dalla luce e dalla forza motrice.

La Svizzera è stata fra i primi paesi che abbiano adottato tariffe orarie. Esse erano state assunte anche al fine di ridurre le punte e migliorare i diagrammi di consumo: ma questo scopo o non fu raggiunto, o in qualche caso lo fu oltre il bisogno.

Occorre considerare che la Svizzera ha una popolazione di soli 4 milioni d'abitanti, con un tenore di vita elevato: condizione favorevole, in un paese così ricco d'energia d'origine idroelettrica, a dar sviluppo alle applicazioni domestiche. La guerra contribuì allo sviluppo delle applicazioni termiche d'ogni specie col rialzo del costo dei carboni e col render più manifesto il bisogno di emancipare il paese dall'importazione dei combustibili.

Le tariffe adottate sono talora di grande complicazione. Spesso si hanno circuiti multipli (fino a tre, con tre tensioni differenti). Variabili sono anche gli orari di commutazione dei contatori, spesso frazionati anche in periodi di breve durata, sia da luogo a luogo che nelle varie stagioni. Vi si usano anche tariffe scalari.

Pel riscaldamento si usano spesso circuiti distinti (apparecchi ad accumulo ed apparecchi comuni). Gli apparecchi ad accumulo sono ad orario limitato, generalmente solo notturno: notevole il fatto che anche a queste utenze si concede il consumo a contatore.

Per le cucine si hanno una tariffa estiva ed una invernale. Esse consumano in media 1 kWh al giorno per persona, con utilizzazione annua di 1600 ore.

Per la forza motrice industriale vi sono pure numerosi tipi di tariffe, per lo più scalari o del tipo Hopkinson.

Quanto ai prezzi, per luce a contatore libero si arriva (in lire italiane) anche a 2,25 per kWh, e si scende fino a 1,30. A Zurigo il prezzo per kWh è di L. 1,85, a Losanna L. 1,38 a Lucerna L. 1,66.

Per la doppia tariffa, generalmente nelle ore di poco consumo i prezzi sono la metà di quelli delle ore più cariche, e questi sono uguali a quelli a contatore libero. Sul consumo a bassa tariffa si fanno poi quasi sempre forti sconti scalari quando esso eccede quantitativamente il consumo ad alta tariffa.

L'energia per accumulazione termica si vende a prezzi variabili fra 16 e 20 cent. di lira. Per le cucine ed altre applicazioni saltuarie si scende a prezzi fra L. 0,20 e L. 0,35 (val. italiana) a seconda dei casi e delle stagioni.

La trazione ferroviaria.

È noto come la guerra abbia avuto in Svizzera, fra le altre conseguenze, quella di favorire l'elettrificazione ferroviaria. Da parecchi anni le Ferrovie Federali hanno iniziato e proseguono energicamente l'elet-

trificazione della loro rete principale. Alla fine del 1929 erano elettrificati circa 2500 km di linee delle quali circa 1700 a scartamento normale, con 4400 km di binario. I tronchi erano i più importanti per traffico, e cioè:

Rete principale delle Ferrovie Federali
Bonigen, Spiez, Briga, Sempione.
Schwarzenburg, Berna, Thun, Spiez, Zweisimmen.
Burgdorf, Thun.
Burgdorf, Langnau.
Friburgo, Murten, Ins.
Martigny, Orsières.
Montreux, Zweisimmen, Lenk.
Coira, Filisur, St. Moritz; Coira, Davos, Filisur e diramazioni.
Zurigo, Sihlbrugg.
Tunnel del Sempione (oggi prolungato fino a Domodossola).
Lucerna, Emmenbrücke, Wildegg.

Altri tronchi (specialmente verso transiti internazionali) sono ora in via di elettrificazione.

Ad eccezione dei due tronchi facenti capo a Burgdorf, che impiegano il trifase, tutta la rete federale e le altre linee sono esercitate col monofase: a 15 000 V per le federali, a diverse tensioni per le altre.

La rete federale ha consumato nel 1929 quasi 400 milioni di kWh misurati alla linea di contatto. L'energia viene prodotta da centrali proprie per le Federali, parte da centrali proprie e parte acquistata per le altre linee.

Produzione di materiale elettrico.

La Svizzera è fra le più antiche ed accreditate costruttrici di macchinario e di apparecchi elettrici: tutti conoscono le sue fabbriche di fama mondiale, tanto nel campo del grosso macchinario che in quello degli strumenti ed apparecchi accessori. Una di tali fabbriche è fra le prime del mondo ed ha creato stabilimenti filiali in diversi altri paesi e di recente anche in America. Finora l'industria delle costruzioni vi è stata fiorente, sebbene ora risenta fortemente della crisi generale.

La Svizzera è grande esportatrice in tutti i rami del macchinario e del materiale elettrico: le sue importazioni di macchinario sono trascurabili, nè sarebbe facile introdurvi prodotti stranieri.

Le importazioni ed esportazioni di materiale elettrico nel 1928 sono precisate nella tabella IX.

TABELLA IX.

IMPORTAZIONE ED ESPORTAZIONE DI MATERIALE ELETTRICO IN SVIZZERA NEL 1928

MATERIALI E MACCHINARI ELETTRICI	Importazione		Esportazione	
	kg	Frs	kg	Frs
Tubi isolanti	2.875	4.004	24.631	21.161
Mica, conduttori e tubi con amianto e mica	419.744	1.766.915	316.486	1.877.377
Isolatori di porcellana	1.191.907	1.821.486	33.995	89.010
Materiale refrattario per applicazioni termiche	13.663	63.543	497.952	1.925.186
Filamento di ferro per applicazioni elettrotermiche	5.520	23.425	144.808	467.641
Cavi e fili isolati	208.018	763.414	236.146	1.485.065
Locomotive elettriche	—	—	1.295.189	5.671.955
Macchine e Dinamo elettriche	566.927	3.518.047	12.237.273	36.364.284
Strumenti di misura	37.642	676.110	1.265.184	16.696.207
Apparecchi elettrici vari	682.335	5.016.231	1.819.855	13.824.407
Attacchi per lampade ad incandescenza	118.097	3.481.935	187.838	3.579.299

Fonte: *Bulletin N.º 7* - 1929, periodico dell'*Associazione Svizzera degli Elettricisti* e dell'*Unione delle Centrali Elettriche Svizzere*.

Austria

Caratteri dell'industria.

La Repubblica austriaca è costituita da un paese eminentemente alpino, che ha qualche rassomiglianza, anche dal punto di vista etnico, con la Svizzera.

A differenza di quest'ultima che fino dai primi passi fu una tenace assertrice dell'industria idroelettrica, l'Impero austro-ungarico non solo non fece nulla per favorire lo sviluppo delle utilizzazioni idrauliche, ma giunse perfino ad osteggiarle. Ciò per un falso preconcetto, che molti asseriscono dovuto ad influenze interessate, pel quale si riteneva assai più vantaggioso il favorire l'impiego del carbon fossile che non delle forze idriche: le quali, fino al crollo dell'Impero, furono impacciate nel loro sviluppo da una legislazione assurda, fatta apposta per osteggiarle.

Questo stato di cose, prima della guerra, aveva favorito la creazione di centrali sporadiche: molti Comuni e privati costruirono impianti locali, talora idraulici, ma sempre di piccola importanza. Grandi impianti termici furono costruiti anche dalle città di Vienna e di Graz.

Quest'ultima si era anche assicurata concessioni sulla Mur e sulla Drava in unione al Comune di Marburg: quest'ultimo, insieme con una parte delle concessioni, fu annesso alla Jugoslavia, e la cosa non ebbe seguito.

La costruzione dei grandi impianti elettrici, specialmente idraulici, del dopoguerra è dovuta quasi esclusivamente all'iniziativa privata. Fra queste iniziative è da segnalare la *Steirische Wasserkraft und Elektrizitäts - A. G.* (*STEWEAG*), finanziata in Italia e che ha costruito impianti nelle vicinanze di Graz che servono utenze locali oltre alla città di Vienna.

Gli impianti di distribuzione sono nelle mani degli Enti pubblici per circa un terzo nel caso della produzione idraulica e per metà in quello della termica. Sembra che le condizioni economiche degli impianti in mano agli Enti pubblici non siano le più brillanti.

L'Austria, dopo la guerra, non si è ancora completamente assestata, sebbene sia sulla strada di utilizzare nel miglior modo le riserve rimastele. È probabile che anch'essa, come la Svizzera, diventi fornitrice d'energia agli Stati vicini, particolarmente alla Germania ed all'Ungheria.

Risorse naturali.

Nonostante la poco felice conformazione del territorio assegnato alla nuova Repubblica austriaca, pure ad essa è rimasto un complesso di risorse che, ad esempio, è invece venuto a mancare alla mutilata Ungheria. Oltre ad una buona dotazione di forze idrauliche (secondo il Geological Survey americano sarebbero 1.660.000 cavalli, ma da altre fonti si hanno cifre prossime al doppio) essa possiede anche una modesta dotazione di combustibili fossili. Anche il cascame di legno, di cui buona parte del territorio è assai ricco, contribuisce in piccola parte alla produzione d'energia. Vi abbondano particolarmente carboni poveri (Braunkohle), aventi in media 3700 cal. Ne sono stati accertati

giacimenti per almeno 600 milioni di tonnellate. Tuttavia l'Austria è ancora importatrice per buona parte del combustibile fossile che le occorre.

Non si conoscono altre risorse utilizzabili al fine di produrre energia elettrica.

La Tabella I dà un'idea della disponibilità di carboni e di forze idrauliche secondo i calcoli del Gerbel:

TABELLA I.

COMBUSTIBILI E FORZE IDRAULICHE DISPONIBILI IN AUSTRIA

FONTE DI ENERGIA	Unità di misura	Quantitativo
Presunta quantità di carbone esistente nel sottosuolo	milioni t	623
della quale: carbone fossile	» »	12
» » lignite	» »	611
Richiesta annua di carbone	» »	3,7
Richiesta annua di carbone per persona	t	0,57
Esaurimento dei giacimenti di carbone ammesso che la richiesta non aumenti	anni	170
Consumo annuo di carbone	milioni t	10
del quale proveniente dall'estero	%	66
Forze idrauliche utilizzabili	milioni di kW	2,5 a 3

Fonte: *V. D. I.*, 20 settembre 1930.

Gli impianti esistenti e in costruzione.

Nel dopoguerra si è dato considerevole impulso particolarmente alla costruzione di impianti idroelettrici: infatti dal 1919 al 1929 ne entrarono in esercizio per una potenza di oltre 500.000 HP. Alla fine del 1929 la situazione di tali impianti era la seguente:

TABELLA II.

POTENZA INSTALLATA IN IMPIANTI IDROELETTRICI IN AUSTRIA ALLA FINE DEL 1929

SCOPO DELLA UTILIZZAZIONE	Potenza installata (alle turbine) 1.000 kW			Produzione annua possibile 1.000 kWh		
	In esercizio	In costruz.	Totale	In esercizio	In costruz.	Totale
Impianti di distribuzione	375	256	631	1459	515	1974
Centrali ad uso di trazione	74	—	74	201	—	201
Impianti industriali	162	13	175	830	68	898
TOTALE	611	269 (1)	880	2490	583	3073

Fonte: *V. D. I.*, 20 settembre 1930.

(1) Nei 269.000 kW in costruzione alla fine del 1929 è compreso l'impianto di Vermunt entrato in esercizio nel maggio 1930.

Gli impianti idroelettrici destinati ad industrie private erano così classificati:

TABELLA III.

IMPIANTI IDROELETTRICI APPARTENENTI AD IMPIANTI INDUSTRIALI PER USO PROPRIO ALLA FINE DEL 1929.

GENERE D'INDUSTRIA	Potenza installata (alle turbine) 1.000 kW	Produzione annua possibile 10^6 kWh
Industrie chimiche	43,5	172
Industrie del legno, della carta	52	280
Industrie minerarie e metallurgiche	39,5	227
Industrie del cemento e del gesso	8	43
Industrie tessili	19	108
Totale	162	830

Fonte: *V. D. I.*, 20 settembre 1930.

Le centrali termiche vanno sempre diminuendo di numero: rimangono molte centrali miste. Oltre alle due grandi Centrali di Vienna (180.000 kW) e di Graz non ve ne sono di molto importanti: numerose sono quelle che impiegano Diesel. La potenza termoelettrica installata alla fine del 1929 ammontava a 570.000 kW.

La potenza totale alla medesima epoca nelle centrali elettriche austriache risulta quindi:

Potenza termo elettrica	570.000 kW
» idroelettrica	611.000 »
» totale alla fine del 1929	1.181.000 kW

Nella tabella IV sono precisati gli impianti idroelettrici ampliati o recentemente entrati in esercizio in Austria fra i quali notevolissimo l'impianto di Vermunt di 120.000 HP entrato in esercizio nel maggio 1930.

In Austria sono attualmente in costruzione 13 grandi impianti idroelettrici, e la loro potenza prevista è di 247.000 HP con una capacità di produzione di 442 milioni di kWh all'anno. Tali impianti raggruppati per provincia sono indicati nella Tabella V.

Per favorire lo sfruttamento delle risorse idriche vennero esentate in Austria da tutte le tasse e per un periodo di dieci o dodici anni le centrali di produzione e distribuzione di energia elettrica purchè di potenza non inferiore ai 5000 HP e la costruzione delle quali fosse iniziata fra il 1° gennaio 1927 e il 31 dicembre 1931. Le officine per poter godere di tale privilegio devono impiegare nella costruzione materiale ed attrezzamento interamente di origine austriaca e cedere ad altri almeno il 55% dell'energia prodotta.

Numerosi sono i progetti di nuovi impianti idrici fra i quali importantissimo quello per l'utilizzazione del Danubio da Passau fino a Theben. Si tratta di 13 centrali tutte con basse cadute (da 4,50 a 13,50 m), ma con alte portate (da 50 a 100 fino a 1000 mc) e per una potenza media continua da 33.000 a 126.000 HP. La potenza complessiva dei 13 impianti è di 1.140.000 HP con una produzione annua presumibile di 5,5 miliardi di kWh. Detti impianti per la loro favorevole ubicazione rispetto ai centri di maggior consumo saranno presi in considerazione prima d'ogni altro progetto.

TABELLA IV.

IMPIANTI IDROELETTRICI AMPLIATI O RECENTEMENTE ENTRATI IN ESERCIZIO IN AUSTRIA

PROVINCIA LOCALITÀ	Genere di impianto	Salto m	Potenza installata HP	Potenza media annua HP	Produzione annua milioni di kWh	Scopo dell'utilizzazione
Carinzia						
Mallnitz	ad acqua fluente	320	20.000	8.600	50	trazione
Mühldorf II	» » »	460	12.000	7.000	41	industriale
Austria inferiore						
Opponitz	» » »	115	15.000	9.200	55	distribuzione
Gaming	» » »	188	11.600	5.050	32	»
Austria superiore						
Partenstein	» » »	170	45.000	14.700	85	vendita a grossi utenti
Steeg	» » »	190	18.000	9.000	50	trazione
Salisburgo Ranna	» » »	182	8.000	6.000	36	trazione
Bären	» » »	280	10.700	7.400	46	distribuzione
Stubach	con serbatoio	522,3	48.000	7.900	44	trazione (linea Innsbruck Wörgl-Salzburg)
Lend	ad acqua fluente	95	20.000	5.200	30	prodotti chimici
Strubklamm	con serbatoio	105	10.500	4.200	24	» »
Wiestal	ad acqua fluente	85,3	6.350	6.000	35	distribuzione
Tirolo						
Rütz	» » »	176	8.000	6.700	40	»
Achensee	con serbatoio	380	70.000 (ad impianto ultimato 120.000 kW)	14.900	86 (ad impianto ultimato 160)	» e trazione linea Innsbruck - Hall Schwatz
Wiesberg	ad acqua fluente	84	16.000	7.500	43	produzione chimica
Vorarlberg						
Bregenzer Ache	» » »	62	11.200	5.100	30	industriale
Spullersee	con serbatoio	800	24.000	4.400	25	trazione, linea Innsbruck - Lindau
Vermunt	» »	680	120.000	24.000	140	per integrazione invernale
Gampadel	» »	1000	10.000	3.300	20	esp. in Germania
Stiria						
Teitisch	con serbatoio	240	32.000	8.700	55	distribuzione
Peggau-Deutch Feistritz	ad acqua fluente	11,6	11.500	9.400	55	

Fonte: *E. T. Z.*, 9 ottobre 1930.

Nelle Alpi del Salisburghese, Tirolo e Vorarlberg si possono realizzare importanti forze idrauliche, fra cui quella della regione degli Alti Tauri. Ma l'effettuazione di tutti questi progetti dipende sopratutto dalla possibilità di sviluppo dell'esportazione di energia.

La produzione di energia elettrica.

Al notevole sviluppo nell'utilizzazione delle forze idrauliche dell'Austria di questi ultimi anni corrisponde l'incremento percentuale nella produzione dell'energia idroelettrica rispetto alla totale prodotta.

La produzione integrale di energia elettrica sia delle Imprese elettriche che delle industrie che utilizzano per proprio uso l'energia prodotta è precisata nella Tabella VI.

Dei 2550 milioni di kWh prodotti nel 1929 circa il 60% fu ottenuto dagli impianti appartenenti alle Imprese ed Aziende Elettriche.

La produzione per abitante dal 1920 in poi dimostra l'incremento progressivo dell'impiego dell'energia elettrica.

Anno	kWh/abitante
1920	270
1921	272
1922	282
1923	292
1924	308
1925	327
1926	335
1927	353
1928	367
1929	390

TABELLA V.

IMPIANTI IDROELETTRICI IN COSTRUZIONE IN AUSTRIA ALLA FINE DEL 1930.

Provincia	Genere di impresa	Numero di impianti	Potenza prevista in HP	Produzione possibile Mill. kWh	Osservazioni
Carinzia	Impr. Elettriche	2	13.700	50,0	
Austria Sup.	» »	1	1.500	5,5	Centr. Gosan IV
Salisburgo	Impianto Ind.	1	9.000	34,8	
»	Impr. Elettriche	4	8.560	32,6	
Stiria	» »	2	23.000	107,0	Centrali di Murkraff Mixintz e Packsperre della Steirischen Wasserhraft El. A. G.
Tirolo	» »	1	31.000	100,4	Centrale Bosdornau (Zillertaler Kraftwerke Als).
Vorarlberg	» »	2	160.000	112,0	Centrale Gampadel II della Vorarlsberger Landes - Elektrizitäts A G (10.000 HP); Centrale Lunersee (150.000 HP)
	TOTALE........	13	246.760	442,3	

Fonte: *E. T. Z.*, 19 giugno 1930.

La produzione di energia idroelettrica fu nel 1929 di 1760 milioni di kWh: si ebbe cioè un'utilizzazione del 71% della produzione possibile (2490 milioni di kWh, Tabella II).

Si cerca anche in Austria di dare grande sviluppo alle applicazioni domestiche, e si sono create apposite tariffe. Ma l'attenzione dei produttori d'energia idraulica è sopratutto attirata dalla possibilità di esportare energia *in grande* verso la Germania, l'Ungheria, la Cecoslovacchia e l'Italia. Si parla di una disponibilità esportabile di 15 miliardi di kWh-anno. Finora hanno osteggiato tali progetti anche le difficoltà finanziarie.

L'utilizzazione complessiva degli utenti fu nel 1929 di 3020 ore (quoziente dell'energia prodotta per la massima richiesta simultanea complessiva).

TABELLA VI.

PRODUZIONE INTEGRALE DI ENERGIA ELETTRICA IN AUSTRIA (milioni di kWh)

FONTE DI ENERGIA	1926	1927	1928	1929
Energia idroelettrica	1390	1510	1610	1760
» termoelettrica ...	800	800	790	790
TOTALE PRODOTTA ..	2190	2310	2400	2550

Fonte: *E. u. M.*, 12 ottobre 1930.

TABELLA VII.

SUDDIVISIONE DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA A SECONDA DELL'IMPIEGO

SCOPO DELL'UTILIZZAZIONE	1926	1927	1928	1929
Per uso generale	1100	1200	1230	1340
Trazione	90	100	120	190
Per uso speciale di industrie (energia prodotta nei propri impianti)	970	950	940	900
Esportata	30	60	110	120
TOTALE PRODOTTA ..	2190	2310	2400	2550

Fonte: *E. u. M.*, 12 ottobre 1930.

La trasmissione dell'energia. Le linee di trasporto ad alta tensione che collegano le centrali ed i centri di utilizzazione più importanti raggiungeranno presto i 12000 km di sviluppo, trascurando i piccoli trasporti locali. Il problema di una razionale distribuzione dei collegamenti è reso non facile dalla configurazione delle frontiere della Repubblica. Il problema è collegato anche alla possibilità di esportare quantità notevoli d'energia nei paesi confinanti.

Utilizzazione dell'energia. L'energia elettrica prodotta in Austria si suddivide a seconda dello scopo dell'utilizzazione come precisato nella Tabella VII.

Nel 1929 l'industria austriaca oltre ai 900 milioni di kWh prodotti negli impianti industriali acquistò dalle imprese elettriche 300 milioni di kWh, così fu di 1200 milioni di kWh il totale utilizzato.

Poichè il consumo totale di energia nell'industria nel 1929, fu di 1550 milioni di kWh se ne deduce che il grado di elettrificazione dell'industria austriaca è del 78%.

TABELLA VIII.

PREZZI DELL'ENERGIA PER kWh NELLE PRINCIPALI CITTÀ AUSTRIACHE

CITTÀ	Prezzo per kWh in Lire It.	
	Luce	forza
Vienna	1.42	0.68
Graz	1.90÷1.36	0.92÷0.54
Linz	1.96÷1.15	0.76÷0.39
Salisburgo	1.63	0.76
Klagenfurt	1.63	0.95÷0.19
St. Polten	1.28	0.84÷0.70
Bregenz	1.63	0.44
Sauerbrun	1.77	1.77
Hoheneich	1.90	1.28

Fonte: *Statistik der Elektrizitätswerke Österreichs.*

Prezzi dell'energia. I prezzi dell'energia per kWh sia ad uso illuminazione che per forza motrice nelle principali città austriache sono precisati nella Tabella VIII.

La trazione ferroviaria. Come la Svizzera, anche l'Austria ha posto in prima linea il problema della trazione elettrica ferroviaria, per ragioni analoghe: forti pendenze, numerose gallerie, povertà di combustibile.

I tronchi elettrificati a tutto marzo 1930 sono i seguenti:

Innsbruck-Telfs	km	26
Telfs-Landeck	»	46
Stainach-Bad Aussee	»	30
Bad Aussee-Attnang-Puchheim	»	77
Landeck-Langen	»	39
Langen-Bludenz	»	25
Bludenz-Feldkirch	»	22
Feldkirch-Buchs	»	18
Feldkirch-Bregenz	»	37
Wörgl-Innsbruck	»	60
Kufstein-Wörgl	»	14
Saalfelden-Wörgl	»	80
Innsbruck-Brennero	»	36
Salzbung-Schwarzach-S. Vito	»	67
Schwarzch-S. Vito-Saalfeden	»	46
TOTALE	km	623

La trazione si effettua col sistema monofase, 15 000 V alla linea di contatto, 16 2/3 periodi, come in Svizzera. Le linee di trasporto sono a 55 000 Volts. L'energia è prodotta quasi interamente con centrali idroelettriche proprie: Mallnitz, con 10000 HP di potenza installata da portarsi a 20000; Stubach con 32000 HP da portarsi a 48000; Rutz con 16000 HP; Spullersee con 32000 HP. Il consumo annuo d'energia supera i 60 milioni di kWh.

Produzione, esportazione e importazione di materiale. L'Austria possiede diversi stabilimenti per la produzione di macchinari, apparecchi e materiali elettrici, lampade ecc. Buona parte del suo fabbisogno di tali materiali e macchinari viene costruito in paese. Il movimento di importazione ed esportazione nel 1929 è precisato nella Tabella IX.

TABELLA IX.

IMPORTAZIONE ED ESPORTAZIONE DI MATERIALE ELETTRICO NEL 1929

OGGETTO	Importazione (Migliaia di Scellini)	Esportazione (Migliaia di Scellini)
Generatori e motori	9.410	10.290
Parti di detti	930	2.180
Motori e generatori connessi ad altre macchine	2.240	1.780
Trasformatori	2.650	5.450
Convertitrici	110	—
Contatori e app. di misura	3.100	2.300
Lampade a incandescenza	3.570	19.920
Apparecchi di riscaldamento e per cucine	670	830
Tubi isolati	440	260
Vari	13.700	12.750
Conduttori isolati	1.340	2.570
» sotto piombo	77	1.890
Accumulatori e accessori	370	600

Fonte: *The Electrical Review*, 27 giugno 1930.

L'Austria offre quindi una bilancia commerciale sensibilmente attiva nel campo dei materiali elettrici.

Le *importazioni* provengono dalla Germania, dall'Ungheria e dalla Svizzera: in piccola parte dalla Cecoslovacchia e dalla Svezia. L'Italia esportò in Austria nel 1929 soltanto 10 quintali di cavo isolato.

Le esportazioni vanno verso i Paesi balcanici, l'Inghilterra, la Polonia, l'Italia, la Germania, la Russia, la Cecoslovacchia, la Turchia, la Cina, il Sudamerica. L'Italia importò nel 1929:

	(in quintali)
Generatori e motori	790
Trasformatori	280
Telefoni	160
Lampade a incandescenza	1730
Apparecchi di riscaldamento	85
Diversi	370.

ING. ETTORE CESARI.

PAUL S. CLAPP

DIRETTORE DELLA NATIONAL ELECTRIC LIGHT ASSOCIATION

L'attività delle Società Elettriche negli Stati Uniti d'America nel 1930 e le previsioni per il 1931

Tenuto conto delle condizioni economiche generali che si sono verificate nel 1930 le Società Elettriche del nostro paese possono davvero vantare a fine d'anno dei risultati degni di nota.

Nel 1930 infatti:

sono stati serviti 550 000 nuovi utenti;

sono stati compiuti nuovi impianti per un valore di circa 850 milioni di dollari, impianti sparsi su tutto il territorio degli Stati Uniti e che hanno comportato notevoli spese per mano d'opera e materiali;

gli impianti esistenti sono stati mantenuti in ottime condizioni di esercizio;

l'elettrificazione dell'agricoltura ha avuto un incremento del 18 %, il massimo verificatosi sinora;

il consumo totale dell'energia elettrica da parte di tutte le categorie di utenti è stato pressapoco lo stesso di quello del 1929;

il consumo domestico ha avuto un aumento del 14%;

gli introiti lordi nel 1930 sono del 3% superiori a quelli dell'anno precedente mentre si è avuto contemporaneamente una riduzione del 5% del prezzo medio di vendita dell'energia per uso domestico;

sono stati costruiti e messi in servizio migliaia di km di nuove linee di trasmissione e di distribuzione;

la potenza installata è stata aumentata del 7%;

le ricerche di laboratorio e le esperienze pratiche sono state attivamente continuate e nei nuovi impianti si ottengono rendimenti sempre migliori;

è stata particolarmente spinta la propaganda per la vendita di apparecchi elettrodomestici;

nonostante vi siano state alcune discussioni politiche di ordine generale, le relazioni tra gli utenti e le Società Elettriche nelle rispettive zone si sono mantenute ottime.

ESTENSIONE DEL SERVIZIO.

Circa 550 000 nuovi utenti furono allacciati durante l'anno e di questi circa 472 000 sono nuovi utenti domestici. Tale incremento è molto soddisfacente in particolar modo tenuto conto della diminuita attività dell'industria edilizia in tutto il paese (per quanto si riferisce a case d'abitazione) e del fatto che le Società Elettriche vanno sempre più avvicinandosi al grado di saturazione assoluta del 100% come case servite, specialmente nei centri urbani. I maggiori incrementi numerici si ebbero negli Stati della Pennsylvania, New York, California, New Jersey, Massachusetts, mentre i maggiori incrementi percentuali si verificarono negli stati meridionali. Oggi circa il 70% di tutte le case americane sono servite e le fattorie costituiscono la maggior parte di quelle non servite.

Il consumo annuo medio di energia elettrica da parte dell'utente domestico è aumentato durante l'anno da 502 a 550 kWh; queste medie sono però largamente superate in alcune regioni.

L'uso dell'energia elettrica per la cucina e lo scalda-acqua sono importanti fattori di tale aumento, prova ne sia che il consumo domestico è massimo appunto nei territori dove questa particolare attività è stata maggiormente sviluppata.

Le possibilità di un futuro notevole incremento nel consumo d'energia elettrica, estendendone l'uso ai 20 200 000 case non ancora servite, sono considerate grandissime. Il punto di saturazione con gli apparecchi domestici attualmente utilizzabili non è ancora in vista e nuovi apparecchi domestici vanno sempre più imponendosi. Le Società curano molto queste possibilità commerciali ed hanno in corso programmi aggressivi di vendita in fatto di apparecchi elettrodometici e di illuminazione.

Durante l'anno furono elettrificate circa 100 000 fattorie ciò che costituisce un record, con un incremento percentuale del 18 %. Le Società stanno attivamente cercando di accaparrarsi tali utenze per quanto la popolazione di certi territori è così sparsa che esse vengono a trovarsi di fronte a problemi economici difficili. Dal 1923 il numero delle fattorie elettrificate è andato aumentando con un ritmo che si raddoppia ogni 3 anni e mezzo. Sono ora elettrificate oltre 680 000 fattorie. Le applicazioni dell'energia elettrica all'agricoltura vanno continuamente aumentando e gli apparecchi migliorano sempre; l'incremento del consumo d'energia elettrica nelle fattorie si verificherà certamente e così pure la ulteriore estensione delle linee per allacciarne altre ancora.

Nel 1930 fu eseguita l'elettrificazione di due importanti sistemi ferroviari: quello della Cleveland Union Terminal s Co. e la zona suburbana di Lackawanna nel New Jersey. Così pure furono continuati i lavori di elettrificazione delle ferrovie della Pennsylvania Railroad tra Trenton, Philadelphia e Wilmington e delle linee suburbane della Reading Railroad.

NUOVI IMPIANTI.

Durante il 1930 ben 850 milioni di dollari furono spesi dalle Società Elettriche per nuovi impianti di produzione e di distribuzione e per migliorare il servizio. Le spese si possono suddividere approssimativamente in ragione del 70% per linee di trasmissione e di distribuzione dell'energia e del 30% per impianti di produzione. Questo programma di costruzioni comportò notevoli spese per mano d'opera e materiali e fu suddiviso su tutto

il territorio della nazione in modo che praticamente ogni località ne fu beneficata. Per quanto tali programmi di elettrificazione siano stati accelerati per evitare la disoccupazione, tuttavia essi fanno parte di un programma organico di sviluppo lungamente ed attentamente studiato.

Furono installati circa 2.750.000 HP di nuovo macchinario di produzione con un aumento percentuale del 7% circa. Di questi, 2 milioni di HP, pari al 73 %, furono installati in impianti a vapore e 750 000 HP in impianti idroelettrici; la metà di questo incremento degli impianti idroelettrici è costituita dai soli due di Fifteen Miles Falls (New England) e di Waterville (Western North Carolina). Il maggior aumento si ebbe ancora, come negli ultimi anni, negli impianti a vapore; i principali impianti nuovi od ampliamenti di impianti furono: Ashabula (Ohio) 200 000 HP; Buffalo (New York) 200 000 HP; Brooklyn (New York City) 150 000 HP; Powerton (Illinois) 140 000 HP; Long Beach (California) 130 000 HP. Si costruirono 10 000 miglia di nuove linee di distribuzione, le interconnessioni furono moltiplicate per migliorare la continuità del servizio e la potenzialità delle linee locali fu aumentata. Gli impianti sono stati mantenuti in buone condizioni e grazie alle nuove linee costruite nell'anno le Società si trovano meglio attrezzate per fronteggiare l'aumentata richiesta di energia che si attende con fiducia quale conseguenza del miglioramento delle condizioni economiche generali. I nuovi programmi di costruzioni delle Società Elettriche per il 1931 comporteranno una spesa valutata in circa 700 milioni di dollari ed i relativi programmi finanziari sono ora allo studio. Questi tuttavia sono elastici. I fattori che avranno massima influenza sulle spese saranno la ripresa della richiesta di energia per usi industriali, le condizioni del mercato del denaro e *la garanzia di un reddito sufficiente sul capitale investito per attirarne del nuovo.*

PRODUZIONE E CONSUMO.

La produzione complessiva di energia elettrica durante il 1930 fu dell'1,6% inferiore a quella del 1929, ma del 9% superiore a quella del 1928. La produzione totale delle Società Elettriche si aggirò su kWh 95.800.000.000 circa.

La produzione idroelettrica fu in sensibile diminuzione a causa della grande siccità che si ebbe negli stati del nord e dell'est. L'esercizio di quest'anno ha dimostrato quale enorme importanza abbiano gli impianti a vapore e le interconnessioni per garantire un buon servizio adeguato alle necessità. Gli impianti a vapore hanno prodotto una percentuale della produzione totale di energia superiore a quella di molti anni precedenti ottenendo di conseguenza anche un notevole miglioramento della loro utilizzazione.

L'uso domestico dell'energia ha avuto un andamento assolutamente contrario a quello generale degli affari registrando un aumento del 14%. Questo è dovuto al rapido incremento dell'uso degli apparecchi elettro-domestici in particolar modo del frigorifero, dei fornelli elettrici, delle macchine per lavare, degli scalda-acqua e della radio.

Una grande quantità di questi apparecchi fu venduta nel 1929 e anche durante quest'anno gli acquisti furono numerosi.

La categoria dei piccoli consumatori, comprendente l'illuminazione stradale, le insegne luminose, i negozi, l'illuminazione dei fabbricati ecc. ha avuto un aumento del 10% rispetto al 1929.

Il consumo di energia elettrica negli stabilimenti, nelle miniere e da parte degli altri grossi utenti è stato nel complesso del 7 ½ % inferiore a quello del 1929, ma del 5 % superiore a quello del 1928. Oggi i tre quarti degli stabilimenti del paese sono serviti dalle Società Elettriche, le quali, nel complesso su ogni 3 HP di motori elettrici installati ne alimentano 2, e per conseguenza la diminuita attività industriale si ripercuote sulle Società Elettriche come riduzione di richiesta. Tale riduzione di richiesta di energia elettrica è stata però inferiore alla diminuzione della produzione industriale, ciò che dimostra che gli industriali hanno dato durante l'anno la preferenza all'energia elettrica acquistata dalle Società rispetto a quella di produzione propria.

INTROITI.

Gli introiti lordi totali saranno di circa il 3% superiori a quelli del 1929 aggirandosi su circa 2 miliardi di dollari.

La diminuzione di introiti dovuti alla minore richiesta di energia elettrica per uso industriale è stata più che largamente coperta dall'aumento notevole verificatosi nel consumo domestico per luce e forza motrice, mentre il prezzo medio per kWh per usi domestici è diminuito durante l'anno del 5 % circa. L'uso degli apparecchi elettrodomestici nelle abitazioni sembra abbia risentito molto poco delle cattive condizioni economiche generali; nel corso dell'anno si è poi rilevato quale grande valore abbia come fattore stabilizzatore degli introiti delle Società Elettriche l'uso intenso dell'energia per scopi domestici da parte di milioni di utenti privati con caratteristiche svariatissime. Le tariffe di quasi tutte le Società Elettriche sono studiate in modo che ogni maggior consumo nella casa comporti una diminuzione nel prezzo unitario. Per questa ragione con l'aumentare del consumo e con il più completo sfruttamento degli impianti idroelettrici i prezzi dell'energia domestica continueranno a diminuire.

RAPPORTI CON GLI UTENTI.

In pochissime località gli utenti si sono dimostrati poco soddisfatti o si sono comunque agitati per quanto si riferisce alle tariffe e alla qualità del servizio. Questo probabilmente è dovuto al fatto che il servizio è stato sostanzialmente migliorato e le tariffe sostanzialmente diminuite. Gli attacchi contro le Società Elettriche non sono venuti dagli utenti domestici nè da quelli industriali che comprano i loro servizi, ma hanno avuto quasi esclusivamente origine politica.

PAUL S. CLAPP.

DOTT. GALILEO MOTTA

L'utilizzazione delle acque negli Stati Uniti d'America

Il Federal Water Power ACT.

Ad uno studio sulla legislazione delle acque negli Stati Uniti giova premettere anzitutto una osservazione di ordine generale e cioè che: come in qualsiasi altro campo del diritto, anche in questo, le disposizioni relative non sono tutte riunite in un testo solo, in un unico Atto federale valido per tutta la Nazione, ma ai singoli Stati facenti parte della Federazione è concesso emanare disposizioni legislative con efficacia territoriale, tanto nell'ambito quanto nel silenzio dell'Atto federale.

Ciò ha origine nella Ratifica della Costituzione, mediante la quale gli Stati si riservarono tutti i poteri, eccetto quelli delegati al Governo Federale (ossia gli Stati facenti parte della Federazione sono dotati di sovranità piena riguardo al diritto interno, di sovranità limitata riguardo al diritto interstatale, irrilevante è infine la loro sovranità per il diritto internazionale).

Questa premessa serve a spiegare perchè in questa breve disamina sulla legislazione delle acque negli Stati Uniti, non si siano volute rilevare le disposizioni che i singoli Stati hanno adottato. Sarebbe infatti lavoro da certosino e di scarsa efficacia, uno studio particolareggiato delle leggi statali al riguardo, poichè non solo esse variano profondamente da Stato a Stato, ma anche in alcuni Stati sono completamente mancanti (Florida - Kentucky - Minnesota - Mississipì - South Dakota - Texas).

E cotesta non è la sola ragione per cui si è trascurato lo studio particolareggiato delle disposizioni statali; ma anche la tendenza attuale di riunire in un unico testo le disposizioni concernenti le cosidette « Public Utilities » sconsiglia una simile indagine: sono infatti solo pochi anni che i Governatori degli Stati di New York, New Jersey e Pennsilvania hanno invocato l'applicazione della clausola contenuta nella Costituzione riguardo le convenzioni interstatali (la c. d. « compact clause »).

L'art. 1 n. 10 della Costituzione limita le convenzioni che gli Stati possono fra loro stipulare a quelle che non interferiscano con l'esercizio del Potere Federale, e l'art. 3 n. 2 dice: « Qualora le convenzioni siano stipulate da diversi Stati per regolare questioni che sono intrinsecamente interstatali, tali convenzioni devono essere ratificate dal Congresso». Si intuisce subito quale importanza abbiano queste disposizioni per la materia di cui tratta il presente studio; ben è vero che l'utilizzazione delle acque in sè e per sè è regolata e regolamentata da un Atto Federale ossia da un atto con efficacia in tutto il territorio degli Stati Uniti; ma per quanto riguarda la trasmissione e distribuzione della energia si cade sotto il pieno dominio delle Leggi Statali.

Non è qui il luogo per muovere critiche a sistemi legislativi stranieri, ma sarebbe indubbiamente augurabile che la regolamentazione fosse coestensiva coll'oggetto regolamentato. Questo non solo per praticità e per semplicità di studio, ma anche per accordare le disposizioni legislative con la situazione di fatto: *Non opinione sed natura constitutum esse jus.*

Se in un primo tempo le industrie elettriche svolgevano la loro attività entro i confini di un solo Stato ora non più. L'interconnessione delle linee di distribuzione ha steso sul territorio degli Stati Uniti, e specialmente nell'Est industriale, una fitta rete che non conosce barriere o limiti statali.

Terminate queste premesse possiamo ora volgerci interamente allo studio del «Federal Power Act» che, come è accennato più indietro, contempla unicamente l'utilizzazione delle acque, la procedura per le richieste di permessi preliminari e di licenze e le condizioni relative all'esecuzione dei lavori e alla scadenza dei termini di autorizzazione.

Anche qui giova premettere considerazioni e spiegazioni sul valore e sul significato di alcuni termini usati nell'Atto.

Nella parte introduttiva al testo dell'Atto è fissata la competenza della Commissione Federale cui è devoluta l'applicazione dell'Atto stesso. In essa si dice che la Commissione è competente per qualsiasi opera di utilizzazione delle acque navigabili degli Stati Uniti e di quelle altre acque ricadenti sotto l'autorità del Congresso.

Acque navigabili sono considerati i corsi di acqua per intero, anche se interrotti da cascate strette o rapide che praticamente ne impediscano la navigabilità, anche per lunghi tratti.

Le altre acque cui si accenna nell'atto sono quelle che gli Stati Uniti, e non i singoli Stati, posseggono in comunione con paesi stranieri. È questa logica conseguenza della irrilevanza che ha per il Diritto Internazionale la personalità, o sovranità, dei singoli Stati facenti parte della Confederazione.

Inoltre sono devolute alla competenza della Commissione le opere di utilizzazione di forze idrauliche situate in terre pubbliche o riserve Federali (*terre pubbliche* ha un significato simile all'italiano *terreni demaniali*).

Spiegati questi significati chiara appare la portata del provvedimento. Esso contempla e regolamenta quindi, le grandi utilizzazioni di energia idraulica cioè quelle che maggiormente interessano chi voglia avere una idea informativa della legislazione delle acque negli Stati Uniti d'America specialmente al riguardo dell'industria elettrica.

È risaputo che, per peculiari ragioni, in America è sviluppatissima l'Industria termoelettrica tanto che essa supera in produzione quella idroelettrica. Al censimento delle industrie elettriche del 1922, si contavano negli Stati Uniti 6.088 centrali

termiche e solo 866 centrali idroelettriche, con una produzione di kWh 21.591.489.713 per le centrali termiche e di kWh 18.700.046.772 per le centrali idroelettriche.

Per chi sappia leggere nelle cifre, risulta evidente che le centrali o meglio le utilizzazioni idroelettriche, sono solo di grande potenza, rare, o quanto meno irrilevanti pel nostro studio, le piccole utilizzazioni. In conclusione, quindi, studiando ed esaminando le disposizioni del «Federal Water Power Act» si ha la chiara e netta idea di come l'industria idroelettrica americana svolga la sua attività in relazione e limitatamente alle utilizzazioni di forze idrauliche.

Abbiamo già detto quali siano le acque per le quali occorra l'autorizzazione federale da richiedersi alla «Federal Power Commission», (ormai da circa un quarto di secolo, negli Stati Uniti la quasi totalità dell'attività amministrativa è affidata a Commissioni, sia federali che statali) e cioè le acque in Italia chiamate pubbliche.

Ora giova stabilire chi possa derivare o utilizzare acque pubbliche: all'art. 4 comma *d*) del «*F. W. P. A.*» è chiaramente detto che la Commissione è autorizzata a rilasciare a cittadini degli Stati Uniti, ad Associazioni di tali cittadini o a Società organizzate secondo le leggi federali o statali, o a Stati o Municipalità le autorizzazioni cosidette idrauliche: insomma hanno tale diritto le persone fisiche e giuridiche secondo la legge americana, in più sono contemplate anche le associazioni di cittadini, associazioni che, secondo un termine di diritto italiano, potremo chiamare associazioni o Società di fatto.

Delle concessioni accordate a tali enti o persone la Commissione tiene nota e ne fa un rapporto annuale da presentare al Congresso non dopo il primo lunedì di dicembre di ogni anno. Negli Stati Uniti non esiste perciò un vero e proprio elenco di acque pubbliche, ma una specie di rubrica delle concessioni,

La procedura per le richieste di concessione è in America divisa in due stadi: il primo stadio è rappresentato dal cosidetto permesso preliminare il quale ha lo scopo principale di consentire a coloro che intendono richiedere autorizzazioni (licenze), l'iscrizione della data e ciò per mantenere loro un diritto di preferenza, o priorità, nel conseguire l'autorizzazione. Tali permessi hanno inoltre lo scopo di dar tempo al richiedente per presentare ed eventualmente completare gli atti e i documenti necessari a conseguire la licenza di autorizzazione e cioè:

a) carte, piani e preventivi per una completa comprensione del progetto (una volta approvati questi documenti entrano a far parte integrante dell'autorizzazione e non sono più passibili di variazione).

b) documenti ufficiali provanti che il richiedente è in regola con le leggi degli Stati nei cui territori il progetto proposto è situato;

c) tutte quelle altre informazioni che la Commissione creda opportuno richiedere.

Prima di accordare qualsiasi permesso preliminare la Commissione deve dare immediata notizia di tale domanda agli Stati o Municipalità che possano comunque essere interessati, e inoltre deve pubblicare la notizia di detta domanda per otto giorni consecutivi in un quotidiano edito nella Contea o nelle Contee nelle quali il progetto o qualsiasi parte di esso o i terreni interessati sono situati.

I permessi preliminari, ripete l'art. 5, hanno il solo intento di assicurare al permissionario una priorità nella domanda per autorizzazione ed hanno valida durata di tre anni. In ogni permesso sono incluse le condizioni alle quali la priorità è assicurata e l'autorizzazione rilasciata. I permessi non sono trasferibili e possono essere annullati su ordine della Commissione a causa dell'innosservanza da parte dei permissionari delle condizioni suddette.

Il secondo stadio è rappresentato dalle cosidette licenze di autorizzazione le quali oltre a dover essere precedute da un permesso preliminare (salvo casi eccezionali specificati all'art. 4) sono concesse sotto la riserva e solo dopo che la Commissione abbia provato:

che l'autorizzazione non interferisca o contrasti con lo scopo per cui fu creata o acquistata la riserva federale (quando si tratti di riserve);

che, per le autorizzazioni interessanti la navigabilità di qualsiasi corso d'acqua degli Stati Uniti, il progetto per le opere e costruzioni necessarie sia stato approvato dall'Ingegnere Capo e dal Segretario per la Guerra.

L'art. 10 stabilisce che per concedere autorizzazioni debbano verificarsi le seguenti condizioni:

a) il progetto approvato deve essere il migliore nel giudizio della Commissione riguardo alla navigabilità, allo sviluppo ed all'utilizzazione delle forze idrauliche ed alla tutela del pubblico interesse;

b) eccettuati i casi di forza maggiore, non è possibile alterazione alcuna al progetto approvato (qualora superi i 100 HP di forza) senza la preventiva approvazione da parte della Commissione;

c) il concessionario pagherà agli Stati Uniti una contribuzione annua fissata dalla Commissione, a titolo rimborso delle spese inerenti questo Atto, dell'occupazione, uso e godimento di territori federali o altre pertinenze degli Stati Uniti; questi tributi sono soggetti a revisione annua da parte della Commissione.

L'art. 13 stabilisce il termine per l'inizio dei lavori il quale non può essere superiore ad anni due dalla data della licenza di autorizzazione; il concessionario deve quindi proseguire con la dovuta diligenza i lavori ed, entro il termine fissato nella licenza, completare e mettere in esercizio gli impianti. Il termine per l'inizio dei lavori può essere prorogato per una sola volta e per non più di due anni; mentre il termine per il completamento delle opere può essere prorogato a giudizio insindacabile della Commissione qualora ciò non sia incompatibile col pubblico interesse. Nel caso che il concessionario non inizi la costruzione entro il termine prescritto o prorogato, l'autorizzazione vien dichiarata decaduta con decreto della Commissione; nel caso che i lavori siano stati iniziati, ma non completati nel termine prescritto o prorogato, il «General Attorney» (corrispondente dell'Avvocato generale erariale) promuoverà un giudizio di equità per la revoca della licenza, per la vendita delle opere e per ottenere qualsiasi altro indirizzo del caso.

Le licenze di autorizzazione sono rilasciate per un periodo non eccedente gli anni 50. Esse sono naturalmente condizionate alla accettazione da parte del concessionario di tutti i vincoli e condizioni contemplati nel «F. W. P. A.» e delle ulteriori condizioni che la Commissione vorrà eventualmente apporre in conformità all'Atto. Le licenze hanno effetto 90 giorni dopo averne data pubblica comunicazione.

Alla scadenza del termine cinquantennale gli Stati Uniti hanno il diritto di riscattare le concessioni purchè ne abbiano dato avviso due anni prima; e all'art. 14 del «F. W. P. A.» sono stabilite le altre condizioni per l'esercizio del diritto di riscatto. Qualora gli Stati Uniti non esercitino il loro diritto di riscatto al termine della licenza originale, la Commissione può rilasciare a l'originario autorizzato una nuova licenza ai termini ed alle condizioni che riterrà equo fissare.

Una particolare ed eccezionale forma di temporaneo esproprio, più che riscatto, degli impianti costituenti una concessione è contemplata all'art. 16 del «F. W. P. A.» Ciò ha particolare importanza in un sistema giuridico come quello americano dove il diritto di proprietà trova la sua estensione più larga ed assoluta e dove di conseguenza l'esproprio, anche per pubblica utilità, è poco conosciuto ed eccezionalmente esercitato.

Da questo principio consegue il criterio di lasciare all'iniziativa privata la massima autonomia e di ridurre l'intervento

degli organi pubblici ad un mero compito di sorveglianza, impedendo loro di interferire comunque con l'attività industriale ed economica delle imprese private, anche quando rivestano la forma di «Public Utilities».

L'art. 16 stabilisce che qualora, secondo il giudizio del Presidente, degli Stati Uniti, comprovato da Decreto indirizzato al detentore di una licenza di autorizzazione, *la sicurezza degli Stati Uniti lo richieda*, essi hanno il diritto di subentrare nel possesso e nell'esercizio della concessione e ciò sia *allo scopo di produrre nitrati, esplosivi o munizioni di guerra*, sia per qualsiasi altro scopo riguardante la sicurezza della Nazione. Nel caso che gli Stati Uniti esercitino tale diritto, *il titolare di esso sarà indennizzato per il tempo e per l'uso che gli Stati Uniti faranno di detta proprietà*; gli Stati Uniti sono altresì responsabili per le opere danneggiate o distrutte in caso di guerra, d'altra parte il concessionario dovrà indennizzare gli Stati Uniti per le eventuali migliorie da essi apportati alla concessione.

Infine, nel «F.W.P.A.» è stabilito: chi volontariamente mancherà o rifiuterà di assoggettarsi ai provvedimenti di questo Atto o a qualsiasi condizione inclusa in una licenza o a qualsiasi ordine della Commissione o del Segretario della Guerra o del Segretario del Commercio, sarà punito con una multa non eccedente dollari 1000, addizionabile alle altre sanzioni previste nel presente Atto. Trascorso il primo mese dall'avviso scritto dalla Commissione per una mancanza, ogni mese successivo sarà calcolato agli effetti dell'Atto come una nuova mancanza e quindi punibile come più sopra specificato.

Il «General Attorney» può, su richiesta della Commissione, promuovere giudizi di equità nel Tribunale Distrettuale degli Stati Uniti per commissioni od ommissioni lesive delle disposizioni del presente Atto.

È da ultimo stabilito che i Tribunali Distrettuali hanno piena ed esclusiva competenza su tutti i giudizi suaccennati e ciò per impedire che l'interessato possa ricorrere ad altra via giurisdizionale il che, a causa dell'ordinamento vigente negli Stati Uniti, potrebbe dargli modo di evitare o stornare le rigorose disposizioni contenute nel «F. W. P. A.».

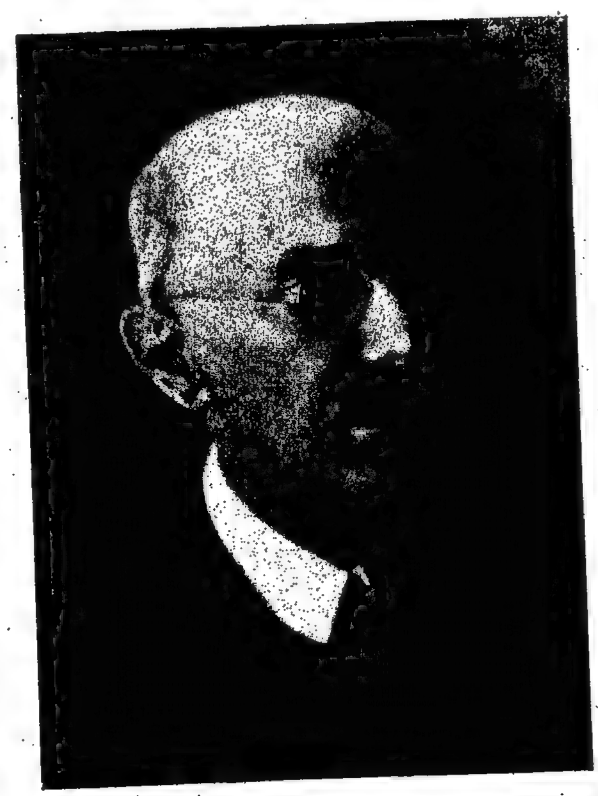
Dott. Galileo Motta

Necrologio

L'ING. COLOMAN DE KANDO

Il 13 gennaio u. s. moriva dopo brevissima malattia l'Ing. Coloman de Kando.

Era nato a Budapest nel 1869. Laureatosi Ingegnere presso quel Politecnico entrava alla «Compagnie de Fives-Lille» di Parigi dedicandosi specialmente alla costruzione di materiale elettrico per trazione. Tornato in Ungheria nel 1894, prese servizio presso la Società Ganz.



Quando quest'ultima assunse l'incarico della prima elettrificazione ferroviaria italiana (linea della Valtellina - Società per le Strade ferrate meridionali), l'Ing. Kando ne studiò il progetto, concludendo per l'adozione del sistema trifase, che egli andò poi perfezionando dopo averlo, si può dire, creato.

Nel 1905 il Kando lasciò la Ganz per stabilirsi in Italia, invitatovi dalla Westinghouse che gli affidò la Direzione delle Officine di Vado Ligure per la costruzione di locomotori. Qui egli creò successivamente la maggior parte dei tipi di locomotore trifase oggi in uso da noi.

Scoppiata la guerra tornò in Ungheria, dove si occupò ancora presso la Ganz, della quale assunse la Direzione generale nel 1919. In questa sua qualità egli studiò nuove applicazioni alla trazione, fra le quali il sistema detto «split phase», che fra breve verrà adottato in Ungheria. Fra le sue geniali applicazioni va ricordato il «triangolo Kando» applicato come organo di trasmissione prima ai nostri locomotori, poi a quelli di altre reti ferroviarie elettrificate, con ottimo successo.

Per breve tempo fu anche consulentedella Westinghouse a Pittsburg, nel 1927.

Ebbe alte onorificenze scientifiche: era Membro del Senato in rappresentanza del Sindacato degli Ingegneri. I Suoi funerali furono fatti con eccezionale solennità, e la città di Budapest volle che egli riposasse in una tomba d'onore offerta dal Comune.

Al compianto degli Ungheresi si unisce quello degli Italiani che lo consideravano un po' come un loro concittadino. Per parecchi anni Egli dedicò tutta la propria grande intelligenza e la solerte attività alla soluzione del problema della nostra trazione ferroviaria. Per una curiosa coincidenza Egli è morto a pochi giorni di distanza dalla perdita dell'Ing. Lanino che insieme a Lui contribuì al primo esperimento di elettrificazione delle linee Valtellinesi. Quanti fra noi conobbero il Kando ne ammirarono le doti eccezionali di tecnico e di gentiluomo; ed oggi sinceramente ne piangono la scomparsa.

Avv. Annibale Gilardoni

Le leggi concordatarie e la legislazione vaticana in rapporto alla elettricità e alle industrie elettriche

I patti lateranensi e le relative leggi complementari contengono disposizioni che hanno attinenza colla elettricità e coll'industria della produzione e del trasporto dell'elettricità, ed all'esecuzione di opere e forniture elettriche. Inoltre, come è noto, lo Stato del Vaticano, ha una legislazione sua propria, e ha emanato norme giuridiche che si riferiscono specificatamente all'energia elettrica o all'industria elettrica.

***

I Patti Lateranensi dell'11 febbraio 1929 approvati con legge 27 Maggio 1929, n.° 810 contengono norme attinenti all'elettricità e alle industrie elettriche; la citazione testuale non richiede particolari richiami o note esplicative, bastando la trascrizione o il riassunto del relativo testo.

Art. 6 *del trattato :* « L'Italia..... provvederà al collegamento, direttamente anche cogli altri Stati, dei servizi telegrafici, telefonici, radiotelegrafici, radiotelefonici (e postali) nella città del Vaticano. A tutto quanto sopra si provvederà a spese dello Stato Italiano e nel termine di un anno dalla entrata in vigore del Trattato ».

Per l'eventuale invio di materiale elettrico diretto alla città del Vaticano, può esser ricordato anche, lo

Art. 20 *del Trattato :* « Le merci provenienti dall'estero e dirette alla Città del Vaticano *o, fuori della medesima,* ad istituzioni ed uffici della Santa Sede, saranno sempre ammesse da qualunque punto del confine italiano ed in qualunque porto del Regno, al transito per il territorio italiano, con piena esenzione dei diritti doganali e daziari ».

Per gli impianti elettrici e per le cabine o palificazioni elettriche che possano essere istituite o che esistano in territorio italiano e nei pressi della Città del Vaticano, può essere ricordato, sempre nel Trattato, la disposizione dell'art. 7 in virtù del quale « Nel territorio intorno alla Città del Vaticano il Governo italiano si impegna a non permettere nuove costruzioni che costituiscano introspetti ed a provvedere, per lo stesso fine, alla parziale demolizione di quelle già esistenti da Porta Cavalleggeri e lungo la Via Aurelia ed il Viale Vaticano ».

Nel secondo documento dei Patti Lateranensi — il cosidetto « Concordato » — esistono varie disposizioni, pure attinenti gli impianti e le industrie elettriche.

Art. 9 *del Concordato :* « Di regola, gli edifici aperti al culto sono esenti da requisizioni e da occupazioni. Occorrendo per gravi necessità pubbliche, occupare un edificio aperto al culto, l'autorità che procede all'occupazione deve prendere previamente accordi coll'Ordinario, a meno che ragioni di assoluta urgenza non si oppongano. In tale ipotesi l'Autorità procedente deve informare immediatamente il medesimo ».

Art. 10 *del Concordato :* « Non si potrà per qualsiasi causa procedere alla demolizione di edifizi aperti al culto, se non previo accordo colla competente Autorità ecclesiastica ».

Art. 27 *del Concordato :* « Le basiliche della Santa Casa di Loreto, di S. Francesco di Assisi e di S. Antonio di Padova, con gli edifici ed opere annesse saranno ceduti alla Santa Sede e la loro Amministrazione spetterà liberamente alla medesima. Saranno parimenti liberi da ogni ingerenza dello Stato e da conversione gli altri Enti di qualsiasi natura gestiti dalla Santa Sede in Italia, nonchè i Collegi di missioni. Relativamente ai beni ora appartenenti ai detti Santuari, si procederà alla ripartizione (fra beni a fine ecclesiastico e quelli di carattere meramente laico) a mezzo di commissione mista *avendo riguardo ai diritti dei terzi..... Per gli altri Santuari,* nei quali esistono Amministrazioni civili, subentrerà la libera gestione della Autorità ecclesiastica, salva, ove del caso, la ripartizione dei beni a norma del precedente capoverso ».

Questa disposizione ha la sua importanza anche per l'industria elettrica, circa la competenza a disporre istituzione di servitù od oneri di qualsiasi natura per gli immobili che siano beni ecclesiastici o proprietà di Santuari, che, oltre quelli di Loreto, Assisi e Padova, sono, come è noto, numerosissimi in Italia.

A complemento della citata disposizione dell'art. 27 deve essere citato anche l'art. 12 della legge 29 maggio 1929, n.° 848 relativa alla Amministrazione dei beni beneficiari (degli Arcivescovati, Vescovati, Parrocchie, Cappellanie). Il citato articolo sottopone all'autorizzazione governativa, da concedersi, sentita l'autorità ecclesiastica e nelle forme che saranno stabilite dai regolamenti, tutti gli atti eccedenti l'ordinaria amministrazione e, fra questi, (art. 13 della citata legge) sono da considerarsi « le alienazioni propriamente dette, le affrancazioni volontarie di censi e canoni, i mutui, gli atterramenti di piante d'alto fusto, le locazioni ultra novennali di immobili etc. ». E questa disposizione deve ritenersi applicabile anche per le accettazioni di indennità di espropriazione, le accettazioni di indennità per la cosiddetta servitù di elettrodotto e simili.

Analoga applicazione deve ritenersi applicabile per i beni delle Fabbricerie e per i beni delle Confraternite di puro culto; questi ultimi, per l'art. 29 lett. *c*) del Concordato, passano alla dipendenza dell'Autorità Ecclesiastica.

***

Lo Stato vaticano, come ogni altro Stato, ha una propria legislazione e, infatti, vennero finora promulgate:

1° *La legge fondamentale della Città del Vaticano* approvata con Motuproprio del Sommo Pontefice del 7 giugno 1929. Questa norma riguarda la pienezza dei poteri legislativo esecutivo e giudiziario nella persona del Sommo Pontefice. (Art. 1). In virtù di tale legge fondamentale (art. 5) il Sommo Pontefice, si riserva di delegare la potestà legislativa, per determinate materie o per singoli oggetti al Governatore dello Stato. Indipendentemente da espressa delegazione, il Governatore, del pari per quanto si attiene al Governo della Città del Vaticano, ha facoltà di emanare regolamenti ed ordinanze per l'esecuzione delle leggi, senza poter derogare alle medesime o dispensarne. Nella emanazione delle leggi delegate e dei regolamenti ed ordinanze il Governatore, eccetto che sia diversamente disposto, deve udire il parere del Consigliere Generale dello Stato.

Al Governatore dello Stato (art. 6) è delegato, in via generale, l'esercizio del Potere esecutivo, salve le eccezioni stabilite e salvi gli atti che il Sommo Pontefice creda di poter avocare a sè ».

2° *La legge fondamentale sulla fonte del diritto Vaticano* del 7 giugno 1929; riconosce effetto giuridico (art. 2), al Codice di diritto canonico, alle leggi emanate per la Città del Vaticano dal Sommo Pontefice o da Autorità da Lui delegata debitamente pubblicate negli *Acta Apostolicae Sedis. Nelle materie alle quali non provvedasi con leggi o regolamenti del Vaticano, in via suppletiva e fino a che non siasi provveduto con leggi proprie della Città del Vaticano, si osservano le leggi emanate dal Regno d'Italia fino alla data in vigore della legge del* 1929, *insieme*

con i loro regolamenti generali e a quelli locali della Provincia e del Governatorato di Roma. Sempre che tali disposizioni non siano contrarie al Diritto Divino, al diritto canonico, e alle leggi concordatarie e sempre che, in relazione allo Stato di fatto della Città del Vaticano, risultino applicabili (art. 3).

In virtù della sopra riassunta disposizione della legge Vaticana del 1929, si osservano nella Città del Vaticano (art. 20, lett. *a*): « La legislazione del Regno d'Italia, vigente alla entrata in vigore della legge (del 1929) concernente: le antichità e le belle arti, le bellezze panoramiche, *la trasmissione della energia elettrica a distanza* ».

Si osserva inoltre la legislazione del Regno d'Italia (art. 20, lett. *c*) concernente: « i pesi e misure *di ogni genere*, i brevetti d'invenzione, i marchi e brevetti di fabbrica, le ferrovie, *i telegrafi, i telefoni, la radiotelegrafia, e la radio telefonia* ».

In applicazione delle riportate due disposizioni, giova riportare, nella stessa legge, la norma dell'art. 22 che è così concepita: « Quando una controversia civile (le controversie sono devolute ai Tribunali della Città del Vaticano) non si possa decidere con una precisa norma giuridica contenuta nelle fonti indicate nei precedenti articoli, anche perchè la legislazione del Regno d'Italia richiamata in via suppletiva, risulti per qualunque motivo inapplicabile, il giudice, tenuti presenti i precetti del diritto divino e del diritto naturale, nonchè i principî generali di diritto canonico, *decide applicando quel criterio che seguirebbe se fosse legislatore* ».

E il successivo art. 24 delega al Governatore per tre anni, la facoltà di emanare, in caso di necessità ed urgenza (1), senza altra formalità, disposizioni di carattere generale, aventi forza di legge, per la durata non eccedente tre mesi, per disciplinare le materie per le quali, la legislazione del Regno d'Italia è richiamata in via suppletiva, secondo gli articoli precedenti e per qualunque materia non preveduta o non altrimenti disciplinata ». Tali disposizioni sono pubblicate per affissione alla porta degli uffici del Governatorato e nel Cortile di San Damaso.

3° Terzo documento legislativo vaticano da aver presente per l'industria elettrica è quella denominata « *legge sull'ordinamento amministrativo* » pure del 7 giugno 1929.

Detta legge riserva, in via generale, al Sommo Pontefice la facoltà di annullamento dei provvedimenti di qualunque autorità amministrativa che siano contrari alle leggi o ai regolamenti generali e speciali; altrettanto dicasi della facoltà di revoca e riforma dei provvedimenti che si manifestino *inopportuni o pregiudiziali all'interesse pubblico*, salvo se essi abbiano generato diritti di terzi, una equa indennità, fissata nel provvedimento di revoca o riforma.

Nella stessa legge vaticana sull'ordinamento amministrativo, merita di essere ricordata la disposizione dell'art. 15, relativa ai *contratti* conclusi nell'interesse della Città del Vaticano.

Tale disposizione sottopone tali contratti, ove abbiano valore superiore a L. 5000, al preventivo esame dell'ufficio di finanza e ragioneria, che può fare le sue osservazioni in legittimità e in merito, nonchè alla successiva approvazione del Governatore o di chi lo sostituisce. *In mancanza di tali formalità i contratti sono invalidi. La invalidità è opponibile soltanto dall'Amministrazione pubblica Vaticana.*

L'art. 16 della citata legge dispone che in tutti i contratti di appalto e di fornitura, salva diversa pattuizione, è riservata alla Amministrazione pubblica la *facoltà di rescissione* pagando il 10% delle opere e somministrazioni da eseguirsi, oltre al pagamento integrale di quelle già eseguite.

L'art. 17 della stessa legge dispone che in tutti i contratti di appalto o somministrazione, quando il privato contraente si rende inadempiente, l'Amministrazione può, con decreto eseguibile anche colla forza pubblica, occupare i cantieri, apprendere i macchinari, i depositi di materiali e le provviste di merci ed eseguire il contratto, salve le ragioni di indennizzo da determinarsi dall'Autorità Giudiziaria.

RIASSUMENDO

1° L'elettricità e l'industria elettrica, sono nella Città del Vaticano soggette a leggi speciali vaticane o, in difetto, alla legislazione vigente a tutto il giugno 1929 nel Regno d'Italia, salve le riserve ed eccezioni sopraenunciate. La legislazione vaticana prevede le norme per gli appalti e per i contratti pubblici di appalto e di fornitura.

2° L'elettricità e l'industria elettrica sono oggetto di norme speciali contenute nei Patti lateranensi e nelle relative leggi complementari, per la loro applicazione nel territorio italiano, in riferimento all'impianto di servizi elettrici nella Città del Vaticano — all'introduzione nella città stessa di materiale elettrico proveniente dall'estero — alla costruzione o asportazione o distruzione di impianti elettrici nella prossimità del Confine Vaticano — alla occupazione di edifizi aperti al culto in territorio italiano — e alla vendita o costruzione di diritti per beni immobili destinati a scopo di culto — a beni dei Santuari — a beni ecclesiastici e beneficiari e a beni delle Opere annesse a tali fondazioni.

AVV. ANNIBALE GILARDONI.

---

(1) Notisi la dizione passata in detto articolo, dizione del tutto simile a quella dell'art. 3, lett. *c*) della legge italiana per la facoltà al Potere esecutivo di emanare norme giuridiche, cioè nella specie, Decreto legge. La legge italiana, che è notissima, porta gli estremi del 31 gennaio 1926, n.° 100.

Lo sviluppo mondiale delle elettrificazioni ferroviarie

Il Comitato della NELA (1) (National Electric Light Association) per lo studio sulle elettrificazioni delle linee ferroviarie già esercite a vapore ha pubblicato nel settembre u. s. la consueta interessante relazione annuale (2) sugli sviluppi dell'elettrificazione in tutte le parti del mondo.

Riassumiamo qui sotto le più importanti parti della relazione.

STATI UNITI.

La Società « Baltimore and Ohio Railroad » ha annunciato l'intenzione di elettrificare la grande linea da Jersey City a Washington. Questa linea ha la lunghezza di 360 km tutta a due o più binari. Il sistema di elettrificazione sarà il monofase 25 periodi, 11 000 V.

La Società «Cleveland Union Terminals Co.» ha inaugurato nel giugno 1930 l'esercizio elettrico completo per il servizio viaggiatori nella zona suburbana. I tratti elettrificati hanno la lunghezza di circa 27 km corrispondenti a 96 km di binario.

Il sistema di elettrificazione è la corrente continua a 3000 V con linea di contatto a catenaria composta, con due fili di contatto.

L'energia elettrica viene fornita dalla « Cleveland Electric Illuminating Co. » a mezzo di due sottostazioni aventi una potenza installata complessiva di 15 000 kW. Le due sottostazioni e le sei cabine di sezionamento sono equipaggiate per la manovra a distanza a mezzo di un comando unico collegato al sistema di controllo del tipo a selettore sincrono. La conversione della energia viene fatta a mezzo di 5 gruppi rotanti, ciascuno composto di un motore sincrono, a tensione di 11 000 V, collegato direttamente a due dinamo a tensione di 1 500 V ed a due eccitatrici. Ciascun gruppo ha una potenza a pieno carico di 3 000 kW.

Le locomotive elettriche sono 22 del tipo 2 C + C 2 con trasmissione ad ingranaggi; peso totale 212 tonn, capaci di trainare treni del peso di circa 1 300 tonn su di una pendenza max di 1,56 ‰ e con una velocità in piano di 85 km-ora; la velocità massima è di 112 km-ora.

La potenza oraria è di 2 900 HP e lo sforzo di trazione di 35 500 kg con aderenza 4.

La Società « Delaware, Lackawann and Western Rr. » sta per ultimare la elettrificazione a corrente continua a 3 000 V della sua linea.

L'energia verrà fornita sotto forma di corrente ≃ trifase 60, da tre diverse Società. La ferroviaria la trasformerà in corrente continua 3 000 V per mezzo di raddrizzatori a vapori di mercurio dei quali 11 della potenza di 3 000 kW ciascuno e due della potenza di 2 000 kW ciascuno. Saranno posti in servizio 282 automotrici a comando multiplo a 32 V a mezzo di dinamotore e batteria di accumulatori. Ognuna avrà 4 motori della potenza oraria totale di 940 HP. La velocità massima in piena linea sarà di 112 km-ora.

La Società «Great Northern Railway» ha ordinato alla fine del 1929 4 locomotive elettriche ad una sola cabina di comando, tipo per treni viaggiatori 1 C + C 1 che saranno le più potenti del genere.

Esse avranno una potenza oraria di 3 000 HP ed una velocità massima di 72 km-ora e potranno anche essere utilizzate per i treni merci, potendo trainare circa 1 000 tonn sulla pendenza massima del 22 per mille alla velocità di 29 km-ora.

Il tipo di elettrificazione è monofase, 25 periodi, 11 500 V.

La Società « Grand Trunk Railway » elettrificherà entro il 1931 le sue linee a quattro binari, della lunghezza di circa 42 km fra Detroit e Pontiac nel Michigan col sistema monofase 11 000 V, 25 periodi.

La Società « Illinois Central Railroad » fin dal principio del 1930 ha ultimato e posto in esercizio elettrico il proprio servizio merci a nord della 39ª strada della città di Chicago per un complesso di 34 km di binario. Il servizio merci a nord della Monroe Street, che ha particolare caratteristica di servizio di smistamento, è attualmente eseguito a mezzo di locomotive Diesel elettriche. L'elettrificazione è a corrente continua 1 500 V.

La Società « Long Island Railroad » aumenterà la propria dotazione di 85 automotrici a comando multiplo nel 1930 e di altre 100 nella prima metà del 1931 ed ha in programma una spesa di 13 milioni di dollari per mettere gli impianti in condizione da essere eserciti con treni della composizione di 15 unità per il servizio suburbano. L'elettrificazione è monofase, 25 periodi, 11 000 V.

La Società « New York Central Railroad » elettrificherà la zona adibita al servizio merci che si estende per tutta lunghezza dell'isola di Manhattan ed installerà quattro sottostazioni automatiche che verranno alimentate dalle centrali della Società e daranno energia a corrente continua 650 V. Sono state ordinate 42 locomotive elettriche e 35 locomotive Diesel elettriche con batteria per le manovre. Inoltre le installazioni elettriche della grande stazione « Grand Central Terminal » sono state ampliate coll'aggiunta di 10 gruppi di convertitrici per una potenza complessiva di 10 000 kW e di una batteria di accumulatori di 8 000 Ampère-ora.

La Società « New York, New Haven and Hartford Rw.» ha aumentato la propria dotazione di 9 automotrici a comando multiplo e ha ordinate altre 33 automotrici.

La Società « New York Westchester and Boston Rr. » ha completato i suoi impianti di elettrificazione per il servizio suburbano per il fiume Harlem e Porto Chester. L'elettrificazione è monofase 25 periodi, 11 000 V.

La Società « Pennsylvania Rr. » ha ampliato il suo programma di elettrificazione, prima prevista per le linee da New York City a Wilmington, portandola sino a Washington. In tal modo la rete elettrificata raggiungerà lo sviluppo di 1 270 km di linea con 4 300 km di binario.

La Società « Reading Co. » ha portato il programma di elettrificazione da 80 km di linea a 96 km di linea. L'energia sarà fornita dalla « Philadelphia Electric Co. » che costruirà appositamente una grande sottostazione di conversione al bivio Wayne nella quale verranno installati all'inizio due gruppi convertitori da 60 periodi trifase a 25 periodi monofase e in definitiva 6 gruppi da 15 000 kW ciascuno del tipo all'aperto. L'energia sarà consegnata alla ferrovia alla tensione di 13 200 V monofase.

La linea di contatto è del tipo a catenaria inclinata, composta (cioè con filo ausiliario) nei tratti a forte traffico e semplice nei tratti a traffico più leggero. Si prevede l'acquisto di un centinaio di automotrici a comando multiplo della capacità di 86 posti, della potenza di 550 HP e della velocità media di 112 km-ora.

Le automotrici porteranno sul tetto una sbarra a 11 000 V la quale permetterà di poter effettuare treni di 10 unità tenendo sollevati i pantografi di sole due unità e ciò per diminuire il consumo della linea di contatto.

ARGENTINA.

È in corso di completamento l'elettrificazione del servizio suburbano della linea della Società « Central Argentine Railway » per altri 42 km di linea.

L'elettrificazione è fatta col sistema a corrente continua, terza rotaia, 800 V. L'energia è fornita dalla centrale di San Fernando

(1) Il Comitato di Elettrificazione della N.E.L.A. ha i seguenti scopi:

1° Lo studio delle elettrificazioni ferroviarie in generale senza entrare in dettagli tecnici.

2° Studio delle elettrificazioni già eseguite con riguardo alle ragioni dell'elettrificazione ed ai risultati ottenuti.

3° Suscitare una maggiore cooperazione fra i dirigenti delle Società Ferroviarie e quelli della Società produttrici di energia nei riguardi del problema dell'elettrificazione ferroviaria.

(2) « Electrification of Steam Railroad Continuing the Statistical and Economic Studies of Changes from Steam to Electric Motive Power - Prepared by the Electrification of Steam Railroad Commitee A Special National Commitee - National Electric Light Association (Copyright 930 by NELA, pag. 72) ».

nella quale saranno installati 3 nuovi gruppi da 6000 kW ciascuno, portando la potenza a 30 000 kW.

L'energia verrà trasmessa alle sottostazioni a mezzo di linea trifase 25 periodi, 20 000 V. Saranno costruite altre 5 nuove sottostazioni per una potenza totale di 20 000 kW con comando centrale dalla esistente sottostazione di Olivos e saranno ampliate le 4 sottostazioni esistenti.

AUSTRALIA.

La Società « Victoria Railway » ha elettrificato con corrente continua 1 500 V altri 40 km di binario, raggiungendo così un totale di circa 700 km elettrificati pari al 67% della lunghezza totale delle linee suburbane.

Le ferrovie della Nuova Galles del Sud hanno ultimato l'elettrificazione delle più importanti linee suburbane intorno a Sidney collo stesso sistema c. c. 1500 V.

È in corso di studio l'elettrificazione delle principali linee a grande distanza.

AUSTRIA.

Le Ferrovie Federali Austriache tengono ancora in sospeso, per ragioni finanziarie, l'accurato progetto di elettrificazione delle linee principali.

BRASILE.

La Ferrovia Paulista attualmente sta esercendo elettricamente con corrente continua 3 000 V tutte le sue linee a scartamento normale. A seconda dell'incremento che subirà il traffico essa si propone di sostituire su alcune linee, attualmente a scartamento ridotto, lo scartamento normale e di procedere poi alla loro elettrificazione. Già dal 1928 vennero prescelte per questa trasformazione due linee e la prima sarà la linea Banru della lunghezza di 136 km che si distacca dalla linea Jahu, in corso di elettrificazione.

La Ferrovia di San Paolo ha in progetto di elettrificazione le sue linee nella zona montuosa. Questa ferrovia è conosciuta come una delle più ricche fra le ferrovie locali in Brasile. La linea principale è a doppio binario ed è lunga 151 km e si svolge su di un altipiano a quota di circa 800 sul mare e va bruscamente a livello del mare ad una distanza di 8 km dalla costa. La sezione a forte pendenza è lunga 10 km ed ha 5 salite con pendenze dell'8 per cento ed è esercitata attualmente come funicolare. È pure in progetto di elettrificazione la linea Curityba-Paranaga della Società « San Paolo-Rio Grande » della lunghezza di 109 km che attraversa una zona montuosa con pendenza sino al 30 per mille. La proposta di elettrificazione è stata presentata alla Camera dei Deputati.

Nell'estate del 1929 è stata inaugurata l'elettrificazione della linea della «Western Minas Rw,» nel tratto Barra Mausa-Augusto Pestana per una lunghezza di circa 74 km. Questa linea ha un considerevole traffico sopratutto nel senso ascendente con pendenze massime sino al 33 per mille e con frequenti e strette curve. L'elettrificazione è stata fatta col sistema a corrente continua, 1 500 V.

Le sottostazioni sono tre della potenza di 2 000 kW ed equipaggiate con convertitrici. Mentre coll'esercizio a vapore si poteva trainare nel tratto più difficile un treno del peso massimo di 90 tonn circa, con quello elettrico si può trainare in doppia trazione un peso di 300 tonn circa.

CANADÀ.

La « Canadian National Rr. » sta studiando il progetto del completo riordinamento dei suoi servizi ferroviari a Montreal, prevedendo la sostituzione di diverse stazioni viaggiatori con una sola grande moderna stazione e l'elettrificazione della linea nei tratti terminali.

CHILE.

La « Chile Exploration Co. » e la « Chilean State Rr. » hanno fatte nuove ordinazioni di locomotive elettriche; la prima è elettrificata con c. c. 660 V, la seconda con c. c. 3 000 V.

COSTA RICA.

L'elettrificazione della ferrovia del Pacifico da San Josè al Porto di Puntarenas sarà ultimata durante il 1930. La linea è a scartamento ridotto ed ha uno sviluppo complessivo di binari di 147 km.

L'energia verrà fornita direttamente da una sola centrale idroelettrica alla tensione di 15 000 V, 20 periodi.

DANIMARCA.

Le Ferrovie di Stato Danesi prevedono l'elettrificazione delle loro linee nelle vicinanze di Copenhagen con una spesa complessiva di 5 milioni di dollari.

FRANCIA.

Nel luglio 1929 è stato aperto all'esercizio elettrico dalle Ferrovie del Midi la seconda linea dei Pirenei che va da Aix-les-Termes (Francia) a Ripoll (Spagna). La linea ha la lunghezza di circa 40 km in Francia e di 50 km in Spagna e con pendenza massima del 40 per mille col 34 per mille nella galleria Puymores, lunga circa 5 ½ km. Come sull'altra linea Transpireneiana Pau-Canfrana già elettrificata, anche su questa linea i treni avranno un tonnellaggio massimo di 300 tonn per i viaggiatori e di 360 tonn per i merci. Verranno adottate locomotive del tipo B + B identiche a quelle già in uso nelle altre linee elettrificate. Esse hanno un peso di 76 tonn tutto aderente ed una potenza oraria di 1 400 HP con velocità massima di 75 km. Il sistema di elettrificazione è a corrente continua a 1 500 V. Vi sono 3 sottostazioni alimentate da linee di trasmissione a 60 000 V ed equipaggiate attualmente con due coppie di convertitrici di 2 000 kW per coppia; le due macchine di ogni coppia sono connesse in serie. Essendo la distanza fra le sottostazioni di circa 20 km con forti pendenze, sono stati installati feeder per tutta la lunghezza della linea.

È in corso di elettrificazione la linea Tolosa-Aix-les-Termes della stessa Società con che si potrà provvedere all'esercizio elettrico da Tolosa a Barcellona.

Per la fine del 1931 si prevede di raggiungere una lunghezza di 563 km di linee elettrificate. Per evitare i forti interessi passivi è stato deciso di affidare ad una Società appositamente costituita la costruzione delle centrali generatrici che si renderanno necessarie.

La « Paris-Lyon-Mediterranée » ha esteso la sua elettrificazione Chambery-S. Pierre d'Albigny sino a Modane. Il sistema usato è a corrente continua 1 500 V con terza rotaia in piena linea e filo aereo nelle stazioni e nei parchi. Le sottostazioni sono 8, equipaggiate con convertitori e con gruppi motore-dinamo, in previsione della frenatura a ricupero ed alimentate con linee di trasmissione a 42 000 V. Per la scelta del tipo di locomotiva elettrica furono fatte prove sin dal 1925, stabilendo che una sola locomotiva dovesse trainare un treno merci di 800 tonn da Chambery a S. Jean de Maurienne, e da questa località a Modane coll'ausilio di una locomotiva dello stesso tipo. Furono all'uopo costruite locomotive del tipo 1 C + C 1 della potenza di 2 000 HP, ma queste si dimostrano poco adatte per i treni diretti. Per questi treni sono state costruite locomotive del tipo 2 C + C 2 con sei motori doppi che comandano i sei assi a mezzo di accoppiamenti elastici. La potenza oraria è di circa 5 300 HP (cioè più del doppio di quelle delle locomotive 2 B + B 2 usate per i treni ordinari) e lo sforzo di trazione è di 18 000 kg alla velocità di 91 km-ora. Queste macchine sono state progettate per trainare treni veloci di 700 tonn alla velocità di 90 km su pendenze del 14 per mille e di 110 km in pianura.

GERMANIA.

Nel 1929 nelle Ferrovie del Reich non è stata fatta nessuna nuova elettrificazione. Nel maggio 1929 colla elettrificazione della « Berlinerstadhbahn » e della « Ringbahn » sono stati aggiunti alla rete suburbana berlinese elettrificata altri 42 km. La lunghezza totale della linea elettrificata in Germania raggiunge il 2,9 dello sviluppo dell'intera rete. Nel luglio 1929 la linea da Berlino a Lichterfelde Ost, già elettrificata a corrente continua 550 V, è stata modificata portando la tensione al tipo standard 800 V, adottato per tutta la rete suburbana. Sono state ampliate le centrali termoelettriche di Mittelstein e di Muldenstein e le centrali idroelettriche presso Monaco.

UNGHERIA.

È stata completata la grande centrale termoelettrica di Banhida sita nella zona delle miniere, che fornisce energia ai tram di Budapest.

Le Ferrovie di Stato hanno prescelto definitivamente l'uso del sistema monofase 15 000 V a frequenza 50 periodi per la trazione elettrica ferroviaria, con convertitori di fase tipo Ing. Kando installato sulla locomotiva. Sono stati iniziati i lavori per l'elettrificazione della linea Budapest-Hegyeshalom che è il tratto ungherese della linea Budapest-Vienna. Il primo tronco elettrificato sarà quello Budapest-Kamarom della lun-

ghezza di 100 km che sarà alimentato da due sole sottostazioni. Lo scopo principale dell'elettrificazione è il risparmio di carbone. L'energia elettrica per la trazione sarà presa dalla rete generale del paese e per questo è stata scelta la frequenza 50 periodi.

India.

Nel novembre 1929 è stato inaugurato l'esercizio elettrico con corrente continua 2 500 V sul tratto Kalyan-Poona della « Great Indian Peninsula Rw ». Questa è l'ultima parte della linea Bombay-Poona, della lunghezza di 190 km. Nel 1930 verrà completato il tratto Kalyan-Igatpuri.

La linea in questione ha un duplice servizio, cioè deve provvedere ad un forte traffico suburbano nei dintorni di Bombay ed a un forte traffico a grande distanza da Bombay a Poona e Igatpuri.

Nel tratto suburbano sono adoperate automotrici, nelle grandi linee locomotive elettriche. La linea è stata elettrificata anche perchè in due tratti ha pendenze del 27 per mille e molte gallerie che rendevano difficile l'esercizio. Le locomotive merci sono 41, del tipo C C con potenza oraria di 2 600 HP alla velocità di 25 km-ora ed hanno uno sforzo di trazione di 24 000 kg; quelle per treni viaggiatori sono 24 della potenza oraria di 2 160 HP, del tipo 1 A-B 2 cioè hanno ad una delle estremità un solo asse portante collegato col relativo asse motore (carrello tipo Giava). Le locomotive sono state provate a 128 km-ora ed hanno eseguito senza inconvenienti inscrizioni in curva ad una velocità da 96 a 120 km-ora.

Sulla « South Indian Rr. » si sta sviluppando l'elettrificazione su due tronchi fra Madras e Tambarum per il servizio suburbano col sistema a corrente continua 1 500 V, per uno sviluppo di 29 km di linea e di 69 km di binario, da ultimarsi entro i primi del 1931.

Italia. (1)

Le Ferrovie dello Stato Italiane hanno ultimato la terza linea elettrificata del porto di Genova (linea Genova-Ovada-Alessandria). La linea è elettrificata col sistema trifase 3700 V $16^{2}/_{3}$ periodi ed ha la lunghezza di 73,740 km con pendenza massima del 16 ‰ ed ha 28 gallerie della lunghezza complessiva di 17,776 km. Coll'elettrificazione la potenzialità della linea può ritenersi quadruplicata.

La necessità di elettrificare tre linee parallele è dipesa dalle difficoltà di esercizio nei tratti attraversanti le montagne che circondano Genova, il principale porto d'Italia. (2).

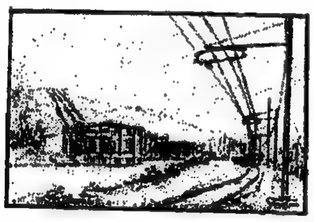
(1) Dati aggiornati dal traduttore.

(2) Vedi descrizione dettagliata Rivista Tecnica Ferrovie Italiane, fascicolo del 15 settembre 1930.

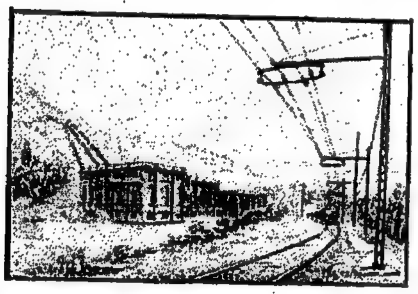
SVILUPPO TRAZIONE ELETTRICA IN ITALIA



ESERCIZIO 1911-'12
Linee elettrificate km 198
Milioni di t-km virtuali rimorchiate 620



ESERCIZIO 1917-'18
Linee elettrificate km 454
Milioni di t-km virtuali rimorchiate 2 790



ESERCIZIO 1923-'24
Linee elettrificate km 782
Milioni di t-km virtuali rimorchiate 4 780

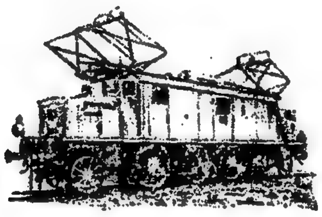


ESERCIZIO 1929-'30
Linee elettrificate km 1 626
Milioni di t-km virtuali rimorchiate 12 265

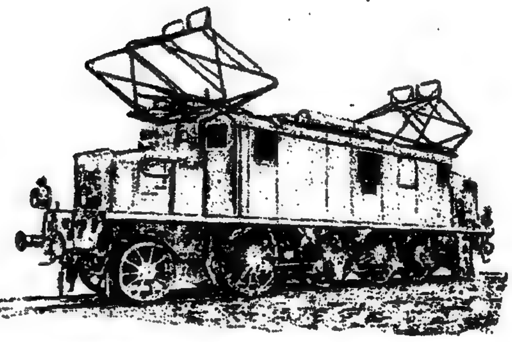
POTENZA COMPLESSIVA LOCOMOTORI IN DOTAZIONE



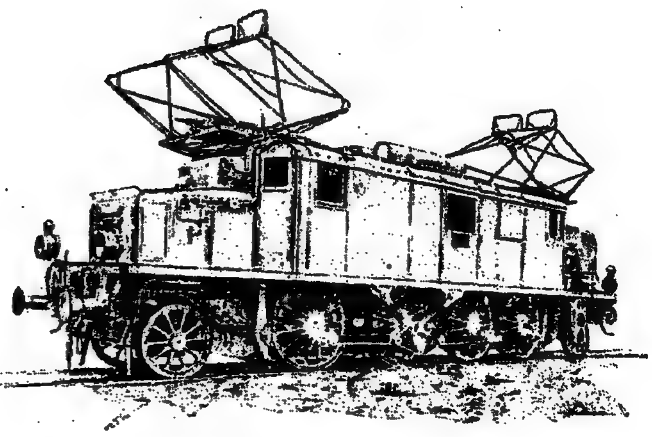
Al 30-VI-1912
HP 118 000



Al 30-VI-1918
HP 414 000



Al 30-VI-1924
HP 1 100 000



Al 30-VI-1930
HP 1 852 000

In relazione al cambiamento del sistema di elettrificazione del tunnel del Sempione da trifase 3300 V in monofase 15000 V, eseguito dalle Ferrovie Federali Svizzere, è stato elettrificato col medesimo sistema monofase il tratto Iselle-Domodossola, che è esercito dalle stesse Ferrovie Federali.

È stata ultimata la grande galleria dell'Appennino della Direttissima Bologna-Firenze, la quale galleria della lunghezza di circa 18 km, è la più lunga galleria del mondo a doppio binario.

La suddetta linea della lunghezza di km 97, con km 253 di binario, in avanzato corso di completamento, sarà aperta all'esercizio completamente elettrificata da Bologna a Firenze con sistema a corrente continua 3000 V.

Sono in corso di elettrificazione le seguenti linee:

Savona-Ventimiglia, lunghezza km 107 di linea e km 168 di binari sistema trifase 3700 V.

Cuneo-S. Dalmazzo-Ventimiglia, lunghezza km 99,3 di linea e km 147 di binario sistema trifase 3700 V.

Spezia-Fornovo, lunghezza km 96 di linea e 198 di binario sistema trifase 3700 V.

Benevento-Napoli, lunghezza km 96,3 di linea e 297 di binario sistema corrente continua 3000 V.

Le figure riportate nella pagina precedente sono prese dalla Relazione per l'anno finanziario 1929-30 dell'Amministrazione delle Ferrovie dello Stato (Ministero delle Comunicazioni) e dànno una idea molto chiara dello sviluppo preso in Italia della elettrificazione delle Ferrovie.

Giappone.

Le Ferrovie di Stato Giapponese annualmente procedono al graduale programma di elettrificazione delle principali linee col sistema a corrente continua 1 500 V. Nel 1929 sono entrate in esercizio, dopo lunghi studi, le prime due locomotive elettriche completamente costruite in Giappone del tipo 2 C + C 2, con 6 motori di 300 HP ciascuno, con sforzo di trazione di 9 000 kg alla velocità di 95 km-ora.

Madagascar.

Si sta studiando l'elettrificazione della linea principale tra il porto di Tamatava e la capitale a Tananarive, della lunghezza di 36 km con scartamento di 1 m.

Messico.

Le Ferrovie Nazionali del Messico entro un anno elettrificheranno un tronco della lunghezza di 120 km tra Città del Messico e Cuernavaca col sistema c. c. 3 000 V.

Marocco.

Le Ferrovie Marocchine hanno eseguito i progetti per l'elettrificazione con corrente continua 3 000 V di 160 km di linea comprendenti le linee tra Sale e Kenitra, tra Kourigha e Oued Zem e tra Sidi el Aidi e Marrakech.

L'alimentazione sarà fatta con centrali idroelettriche che per il vantaggio che porteranno all'industria, all'agricoltura, al movimento turistico, potranno compensare le spese dell'elettrificazione.

Olanda.

Le Ferrovie Olandesi hanno iniziato alla fine del 1929 l'elettrificazione con corrente continua 1 500 V delle linee Amsterdam-Uitgeest-Alkmaar della lunghezza di 38 km e Uitgeest-Velsen della lunghezza di circa 10 km. L'esercizio elettrico sarà aperto alla fine del 1931.

Polonia.

Il programma di elettrificazione generale è stato rinviato, dando la precedenza al programma di ricostruzione generale del paese; tuttavia sarà eseguita, probabilmente in breve tempo, l'elettrificazione delle linee principali in Varsavia come parte del programma di ricostruzione ed ampliamento della stazione principale.

Siam.

Il Governo del Siam ha deciso di elettrificare le rimanenti linee nelle vicinanze di Bangkok per una lunghezza di 150 km.

Spagna.

Le Ferrovie Andaluse hanno progettato l'elettrificazione di un gruppo di linee dello sviluppo complessivo di circa 540 km, prevedendo una spesa di circa 160 milioni di lire. I lavori non sono stati ancora iniziati, giacchè la Società attende la creazione di un sindacato tra i produttori di energia, giusta quanto dispone un decreto governativo del settembre 1929 tendente a rendere possibile un più basso costo dell'energia per i bisogni della trazione elettrica e di altre industrie.

La «Madrid, Zaragosa y Alicante» ha studiato la elettrificazione di due linee, una da Mora alla frontiera francese e l'altra da Santa Cruz de Mudela a Espelug per uno sviluppo totale di 630 km. Durante il 1928 le ferrovie del Nord hanno ultimato la elettrificazione della linea di montagna tra Alsasua ed Irun, della lunghezza di circa 210 km, che è una delle comunicazioni più importanti tra la frontiera francese e l'interno della Spagna. L'elettrificazione è fatta col sistema a corrente continua 1 500 Volt. La dotazione mobile della nuova sezione elettrificata consiste in 12 locomotive viaggiatori del peso di 160 tonn e della potenza di 3 236 HP, di 13 locomotive merci del peso di 121 tonn e della potenza di 2 280 HP e di 12 automotrici di 920 HP.

Le locomotive viaggiatori sono del tipo 1 C + C 1 e quelle merci del tipo C + C. Nel 1929 è stata aperta all'esercizio elettrico la 2ª linea transpireneiana di cui il concordato del 1904 colla Francia, linea di cui si è già accennato nel capitolo relativo alla Francia.

È stata completata l'elettrificazione nel tratto tra Bilbao e Las Arenas della linea Santander-Bilbao per una lunghezza di 27,5 km con corrente continua a 1 650 V e si sta studiando l'estensione dell'elettrificazione a tutta la linea.

Svezia.

È stata studiata dalle Ferrovie di Stato Svedesi l'elettrificazione col sistema monofase 16 000 V delle seguenti linee:

1) Jarna-Norrkoping-Malmo
2) Malmo-Tralleborg
3) Katrineholm-Aby
4) Orebro-Hallsberg-Mjolby
5) Falkoping-Nassjo
6) Arlov-Lomma.

Le linee 1) e 2) completano l'elettrificazione fra Stoccolma ed i capolinea ferryboot di Malmo e Tralleborg che uniscono la Svezia col continente. La lunghezza totale della rete da elettrificare è di 856 km per una spesa complessiva di 265 milioni. Si prevede una economia annuale sulla spesa di esercizio di 32 milioni.

Effettuando le suddette elettrificazioni, le linee elettrificate sommerebbero ad un terzo dell'intera rete delle Ferrovie di Stato. L'elettrificazione progettata richiederebbe 63 locomotive elettriche, 21 locomotive da manovra, 12 automotrici e 8 locomotori ad accumulatori per i lavori di manutenzione. L'energia elettrica verrà fornita dagli impianti idroelettrici di Stato e dalla Compagnia Svedese di Elettricità del Sud.

L'elettrificazione già eseguita della Stoccolma-Gotenburg ha prodotto un incremento annuale del traffico viaggiatori corrispondente ad un incasso non inferiore a L. 3.000.000.

Svizzera (1).

Il rapporto richiama la relazione pubblicata ne gennaio 1929 della Società delle Scienze Naturali di Zurigo per la descrizione tecnica delle elettrificazioni eseguite col sistema monofase 15 000 V e la relazione pubblicata nel 1929 dalle Ferrovie Federali Svizzere sui risultati economici dell'elettrificazione stessa. Da quest'ultima risulterebbe per la rete attualmente elettrificata, nel primo anno del suo esercizio, un'economia di 5 milioni di franchi svizzeri.

La lunghezza di tale rete è di 1650 km circa di linea e di 2 600 km di binario e rappresenta il 58,1 per cento dell'intera rete.

Nei riguardi del traffico si può asserire che la rete elettrificata rappresenta l'86,5 per cento del traffico totale.

Nel novembre 1929 le Ferrovie Federali hanno deciso l'elettrificazione di altri 476 km di linea, ripartiti in 12 piccoli tronchi della lunghezza da 18 a 85 km che saranno ultimati fra il 1931

(1) Sull'elettrificazione delle Ferrovie Svizzere questa Rivista ha pubblicato apposito articolo nel fascicolo di giugno 1929.

ed il 1936. Saranno all'uopo costruite altre due sottostazioni a Basilea e a Neuchatel ed una nuova centrale idro-elettrica sul fiume Sihl presso il lago di Zurigo, in concorso della Società Elettrica Svizzera del Nord Est. Essa sarà equipaggiata con 6 gruppi generatori di circa 13 000 kW ciascuno, le Ferrovie Federali preleveranno 100.000.000 kWh annui.

Le Ferrovie Federali Svizzere hanno recentemente ordinato due nuove locomotive elettriche da 7000 HP ciascuna, che saranno le più potenti d'Europa. Ciascuna sarà costituita da due unità e sarà del tipo 1 B 1 B 1 + 1 B 1 B 1. Il peso totale sarà di 262 tonn con uno sforzo massimo di trazione di 56 000 kg all'avviamento ed uno sforzo continuo orario di 31 200 kg alla velocità di 62 km-ora. La velocità massima è di circa 100 km-ora. Dette locomotive saranno impiegate sulla linea del Gottardo e saranno le prime locomotive monofasi con frenatura elettrica a ricupero.

È stata cambiata in monofase 15 000 V l'elettrificazione trifase del tunnel del Sempione.

Inghilterra.

Nel gennaio 1930 la « Southern Rr. » ha iniziato l'esercizio elettrico a corrente continua su un altro tronco della lunghezza di circa 8 km della linea tra Wimbledon e Sutton che si collega colle altre elettrificate della rete Suburbana di Londra.

Sono in corso le elettrificazioni da ultimarsi entro il 1930 delle seguenti linee:

Wimbledon - West Croydon, km 13
Hounslow-Twickenhan-Windsor, km 44
Dartford-Gravesend, km 12 500.

Sono progettate dalla stessa Società le elettrificazioni delle linee da Purley a Brighton (km 60) da Brighton a Worthing (km 18) e da Purley a Guildford e Dorking Town.

La Londra-Brighton (82 km) sarà la più lunga linea elettrificata dell'Inghilterra e sarà servita da automotrici a comando multiplo con alimentazione a 3ª rotaia a 650 V e sarà finita nel 1932.

Attualmente i treni chilometro con trazione a vapore sono 3 160 000; quelli a trazione elettrica saranno invece 7 850 000.

La Società « London Midland and Scottish Rr. » ha in progetto l'elettrificazione delle linee presso Londra e presso Liverpool. La Società « London e North Eastern » intende decongestionare il servizio suburbano nei dintorni di Londra ed effettuerà il proprio progetto a seconda dei sussidi che potrà ottenere dal Governo. La stessa Società in unione colla « London Midland and Scottish Rr. » sta elettrificando col sistema a corrente continua 1 500 V la linea di collegamento Manchester South Junction Altrinchan della lunghezza 14,5 km.

È stata nominata nel settembre 1929 una Commissione Governativa per lo studio tecnico-economico dell'elettrificazione delle grandi linee di comunicazione in relazione allo sviluppo della rete nazionale inglese (Grid) ad alta tensione.

Nel seguente specchio sono riassunti per Nazione i dati relativi allo sviluppo dell'elettrificazione ed al sistema adottato (1).

NAZIONE	Sviluppo delle linee elettrificate in km	Sviluppo dei binari elettrificati in km	Sistema in percentuale di lunghezza di linea elettrificata		
			corrente continua	corrente monofase	corrente trifase
Argentina	92,984	387,270	100%	—	—
Australia	411,179	2019,632	100%	—	—
Austria	713,334	863,039	3,8%	96,2%	—
Bolivia	8,490	24,488	100%	—	—
Brasile	403,826	829,631	100%	—	—
Canadà	64,150	286,611	81,1%	8,9%	—
Cile	334,527	945,271	100%	—	—
Cina	40,225	69,187	100%	—	—
Cuba	250,585	787,943	100%	—	—
Ceco-Slovacchia	49,740	64,360	100%	—	—
Francia	1567,568	3739,992	100%	—	—
Germania	1557,930	6455,629	16,5%	83,5%	—
Giappone	346,707	1381,905	100%	—	—
India	243,763	500,077	100%	—	—
Inghilterra	703,841	3539,301	98%	2%	—
Italia (2)	2857,415	4995,435	44%	7%	49%
Marocco	239,950	543,890	100%	—	—
Messico	126,966	274,930	100%	—	—
Norvegia	230,087	616,070	—	100%	—
Nuova Zelanda	23,829	69,267	100%	—	—
Olanda	134,979	619,899	100%	—	—
Olanda (India Olandese)	39,983	210,779	100%	—	—
Spagna	593,962	1946,310	96,5%	—	3,5%
Stati Uniti	3033,190	12132,986	70%	30%	—
Svezia	1167,925	1366,340	—	100%	—
Svizzera	2481,673	7543,200	4,75%	92,75%	2,5%
Ungheria	15,20	40	—	100%	—
Unione Sud-Africa	313	750	100%	—	—
Venezuela	36,420	79,540	100%	—	—

e. t. d.

(1) Nel rapporto NELA i dati sono riportati singolarmente per ogni linea coll'indicazione del sistema, della ragione dell'elettrificazione, dei risultati ottenuti e delle caratteristiche principali.
(2) Dati aggiornati dal traduttore.

DIRITTO E GIURISPRUDENZA

SERVITÙ AERONAUTICA E SERVITÙ DI ELETTRODOTTO

MASSIMA

La servitù aeronautica vietante costruzioni od impianti molesti all'atterraggio od ammaraggio di aerei, e stabilita dall'art. 10 *del R. D. L.* 20-8-1923, *N°* 2207 *nonchè dall'art.* 8 *della Legge* 23-6-1927 *N°* 1630, *grava soltanto su quei fondi che siano stati dichiarati aeroporti con decreto del Ministro dell'aeronautica a norma dell'art.* 1 *della Legge* 23-6-1927.

La servitù sorge soltanto a far tempo dalla antrata in vigore del decreto ministeriale di erezione dell'aeroporto e non ha effetto retroattivo.

Conseguentemente ove il fondo sia già gravato da una servitù di elettrodotto precedentemente costituita, il proprietario del fondo stesso e l'utente della servitù non saranno tenuti a rimuovere le condutture preesistenti, ove ciò non sia appositamente prescritto dal competente ministero, ai sensi dell'art. 9 *ultimo capoverso della ricordata Legge* 23-6-1927 (1).

Appello Bologna, Sezione 4ª penale, 19 novembre 1930, Pres. Pignatti, Est. Armanini.

FATTO E DIRITTO

In seguito ad istruzione sommaria, furono rinviati a giudizio avanti il Tribunale di Parma B. F., F. G., elettricisti della Società Elettrica, nonchè R. G., proprietario del terreno adibito a campo di fortuna, sotto l'imputazione di concorso in omicidio colposo, per avere i primi due impiantato fili di trasmissione elettrica e per avere il secondo permesso o non vietato il suddetto impianto, eseguito a distanza inferiore a quella prescritta dall'art. 10 Legge 20 Agosto 1923, N. 2207.

Il Tribunale con sentenza 20 Febbraio 1930 assolveva gli imputati per insufficienza di prove. Contro codesta sentenza interponevano appello tempestivamente gli imputati per non avere commesso il fatto, ed il P. M. presso il Tribunale, perchè doveva farsi luogo a condanna nei confronti di B. e F.

Quest'ultimo appello veniva con ordinanza dichiarato decaduto, perchè non notificato nel termine perentorio prescritto dalla legge.

La censura mossa dagli appellanti contro la decisione del primo giudice appare fondata. Sussiste fra la premessa di fatto e di diritto e la conclusione una contraddizione logica evidente. Il Tribunale, pur ritenendo che sussistessero gravi e fondati dubbi, che la caduta dell'idrovolante fosse determinata da guasto dell'apparecchio, prospetta l'ipotesi dell'urto contro i fili di trasmissione elettrica, indipendentemente dal guasto dell'apparecchio, e individua il punto in cui l'urto avvenne. Questo punto, secondo i dati obbiettivi desunti dalla sua ispezione sul luogo e la concorde testimonianza dei testi escussi, è fuori della zona di rispetto del campo di fortuna, e la oltrepassa di 38 metri. Di queste premesse, la conclusione logica era ed è l'assoluzione degli imputati per non aver commesso il fatto ascritto. Basta questa semplice constatazione per la riforma della sentenza. Ma altre considerazioni si possono aggiungere convergenti al medesimo risultato. Se si accoglie l'ipotesi dell'ammaraggio, a parte che l'ammaraggio presentava tutti i caratteri del pericolo grave per essere lo specchio d'acqua ristrettissimo, poco profondo e commisto a rocce, non si può invocare il citato articolo 10 del R. D. Legge 20 agosto 1923, che riguarda gli aeroporti e non gli specchi d'acqua comuni. Se si accoglie l'ipotesi dell'atterraggio, oltre la considerazione preminente fatta dal Tribunale dell'osservanza della zona di rispetto fra il punto dell'urto e il limite estremo dell'aeroporto, v'è l'altra osservazione, che l'osservanza suddetta al tempo dell'infortunio non era obbligatoria rispetto ai terzi, giacchè fu solo posteriormente all'infortunio, e precisamente il 26 gennaio 1929, che venne, con decreto ministeriale pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del Regno d'Italia N. 33, istituito il campo di fortuna di Borgotaro, del quale si disputa.

Nei confronti del B., alle osservazioni comuni con gli altri imputati, si aggiunge una a lui particolare, quella, cioè, che egli per legge era obbligato a sopportare la servitù legale di trasmissione di fili di conduttura elettrica, e che in periodo antecedente all'infortunio, il campo di fortuna che era in via di preparazione e non di efficienza, giacchè mancava di pali di segnalazione ed era circondato da alberi di alto fusto, il campo stesso era stato ispezionato dal genio aeronautico militare. Si noti, infine, che al momento dell'infortunio mancava la corrente elettrica, e che non questa, ma fu l'urto contro i fili, come contro qualsiasi ostacolo materiale, che determinò la caduta dell'idrovolante nel luogo sopra indicato.

P. Q. M.

La Corte,

visti gli art. 496-421 cod. proc. penale, in riforma dell'appellata sentenza, assolve B. F., F. G., e B. G. dall'imputazione rispettivamente loro iscritta, per non aver commesso il fatto ad essi addebitato.

NOTA

(1) Interessante è la suaccennata sentenza in quanto stabilisce, in merito alla servitù aeronautica, essa sussistere solo in seguito a riconoscimento di un campo di fortuna o aeroporto dichiarato tale da decreto del Ministro per l'Aeronautica.

Inoltre dall'interpretazione della Legge 23 giugno 1927, n. 1630 si può chiaramente rilevare che l'obbligo al rispetto della servitù aeronautica (precisamente: gli ostacoli debbono essere situati ad una distanza dai limiti esterni del campo, uguale a quindici volte la loro altezza) sussiste solo per le nuove opere; per quelle già esistenti è stabilito che il Ministro può disporne la demolizione o rimozione qualora lo ritenga necessario.

Infine la citata legge stabilisce essere soggette a servitù aeronautica le zone di terreno adiacenti ai campi di fortuna o aeroporti, per una estensione da determinarsi caso per caso, con Decreto del Ministro dell'Aeronautica da inserirsi nella Gazzetta Ufficiale.

G. A. MOTTA

FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA

Clausola di esclusività.

MASSIMA

Il patto contenuto in un contratto di fornitura di energia elettrica, per il quale «La Società avrà diritto esclusivo di fornitura di energia elettrica nei locali indicati dal contratto, di uso dell'abbonato» è nullo perchè contrario alla pubblica economia e quindi all'ordine pubblico (*art.* 1122 *Cod. Civ.*) (1).

Appello Venezia, est. Gallo, in causa Soc. An. Industria Elettrica Schedense c. Romagna).

DIRITTO

(*Omissis*).

Nonostante qualche recente giudicato di altre autorità giudiziarie che han ritenuto la liceità del patto di esclusiva, la Corte è di avviso che esso patto sia contrario alla pubblica economia e quindi all'ordine pubblico, contemplato dall'art. 1122 cod. civ. E' precisamente la particolare caratteristica della industria elettrica nel nostro Paese quella che ad avviso della Corte determina il pregiudizio per l'economia pubblica derivante dalla clausola di esclusività. Il nostro Paese povero di carbone ed onerosamente tributario dell'estero per tale minerale, ha sommo interesse che l'industria elettrica si sviluppi e si propaghi quanto è più possibile. D'altra parte il progresso del viver civile ha finito per costituire dell'uso dell'energia elettrica un bisogno di prima necessità, di modo che le popolazioni che ancora ne sono sfornite sentono addirittura sete di averne, ed appena si presenta l'occasione di appagare il loro bisogno si affrettano a fornirsene senza indugio. Chi fa un impianto di produzione elettrica in una regione che ne è sfornita, in breve tempo occupa quasi tutta la clientela che la regione stessa può dare. È intuitivo che se si potesse incatenare questa clientela in modo da impedirle per un tempo più o meno lungo di servirsi

da altri produttori, si verrebbe in pratica a rendere impossibile nelle regioni così accaparrate il sorgere di nuovi impianti, perchè la produzione di essi non troverebbe possibilità di essere collocata e sfruttata. In ciò consiste il danno per l'economia pubblica, danno non soltanto ipotetico, ma effettivo, reale, perchè ogni kilovatt di energia elettrica che si produce nel regno fa risparmiare l'emigrazione all'estero del corrispondente valore in moneta italiana per acquisto di carbone. Questo sembra il lato veramente importante della questione, il quale dovrebbe impedire di far deviare l'esame in apprezzamenti secondari, non risolutivi, come per lo più si è fatto, perchè, infatti, non risolve la questione indagare se il patto di esclusiva possa convertirsi in monopolio a favore delle ditte accaparratrici, e se un tale monopolio possa consentirsi, perchè il pregiudizio dell'interesse privato, anche se largamente diffuso quando non trasmodi oltre una certa misura è trascurabile di fronte all'economia pubblica alla quale non interessa che dalla ricchezza del Paese tragga maggior vantaggio uno piuttosto che un altro dei cittadini, e debbono invece, i privati provvedere da sè alla tutela dei propri interessi, e neppure risolve la questione indagare se, il patto di esclusiva possa dar maggior sicurezza all'impiego dei capitali e promuovere l'avviamento verso l'industria elettrica, sia perchè un patto di esclusiva necessariamente limitato nel tempo e nello spazio, non può dare tale sicurezza in quanto non potrà mai impedire la concorrenza di una coalizione di capitali più forti, oggi che si assiste alla lotta di concorrenza fra i trusts più colossali, sia perchè sta in fatto che l'industria elettrica ha potuto iniziare e proseguire in Italia il suo trionfale cammino quando quel patto non era stato ancora escogitato, e tuttora esistono e prosperano società che non usano di quel patto nei contratti con gli utenti.

P. Q. M. (*Omissis*).

NOTA

(1) Una voce stridente nel coro della unanime giurisprudenza che ha ormai riconosciuto concordemente e costantemente la validità della clausola di esclusività.

Il lettore potrà trovare ad ogni piè sospinto nelle ultime annate di questa rivista, sentenze contrarie alla massima annotata.

Le argomentazioni della Corte Veneziana, involgenti apprezzamenti di carattere economico più che giuridico, non appaiono però convincenti in quanto sono troppo facilmente capovolgibili. Che il patto di esclusiva sia di impedimento al sorgere degli impianti di produttori di energia concorrenti è questione invero opinabile; chè la sua limitazione nello spazio ne argina la efficacia, e d'altro canto la indeterminatezza del prezzo (riferito a qiello di mercato, o in caso di patto di prelazione, a quello dell'altro aspirante fornitore) non lo sottrae al gioco della concorrenza.

Per di più gli impianti elettrici richiedono tale investimento di capitale che difficilmente si potrebbe ottenere ove il capitalista non avesse riconosciuto il diritto di assicurarsi con patti contrattuali una rimunerativa fornitura costante. La soppressione di tal patto, se può rappresentare incentivo al sorgere di industrie nuove, può per contro essere di ostacolo alla sicurezza della loro vita successiva e del loro sviluppo. Più facile, forse, l'acquisto della clientela, ma facile anche la sua perdita, aleatoria e pericolante sempre la sua conservazione.

Non crediamo, in conclusione, che, se dovesse prevalere il principio sanzionato dalla Corte Veneziana (ma..... una rondine non fa primavera) la industria elettrica ne trarrebbe vantaggio, neppure per ciò che concerne gli impianti nuovi, i quali traggono ragione al loro sorgere dall'aumentare della richiesta, dal sopraggiungere di bisogni nuovi e così di nuove forniture, non accaparrate da clausole di esclusività precedenti.

Veda il lettore, in proposito, i giudicati precedentemente pubblicati, e le varie note di commento e di richiamo.

Opera industriale. - Danni all'altrui proprietà.

MASSIMA

Il danno cagionato ad una proprietà dall'impianto o dall'esercizio di una industria vicina non è risarcibile quando sia l'effetto di una attività normale e quando derivi da necessità imprescindibili di coesistenza sociale. (1).

Nella specie non è risarcibile il danno lamentato da un albergatore per la perdita della propria clientela di villeggianti causata dalla esecuzione di un impianto idroelettrico in prossimità dell'albergo e dallo inerente turbamento della quiete e bellezza dei luoghi. (2)

Tribunale di Milano, 4-12 gennaio 1931, Pres. Memola, est. Bulfoni, in causa Guaiti (Avv. Palomba) c. Azienda Elettrica Municipale di Milano (Avv. Patrucco).

FATTO

Con citazione 30 maggio 1930 il Sig. Attilio Guaiti di Arnoga (Bormio) esponeva di essere proprietario dell'Albergo Viola in Arnoga (Valdidentro) costruito per lo sfruttamento turistico della vallata con finalità medico-climatiche, essendo la zona frequentata, in modo particolare, da ospiti bisognosi di tranquillità, di riposo e di quiete. Attraverso un paziente lavoro di avviamento e migliorie, durato otto anni, il Guaiti aveva portato il suo albergo in fama di ricercato soggiorno estivo, con speciale riguardo al campo medico, tanto che nel 1928, pur con una stagione non favorevole, quello era stato completissimo, dando un largo reddito.

Incoraggiato da associazioni sportive e da privati l'esponente aveva iniziato anche la stagione invernale per gli sports, ottenendo un brillante successo. Nel 1929 poi, l'Azienda Elettrica Municipale di Milano, aveva iniziato, a mezzo della Impresa Bruno Chiesa i lavori per la costruzione di un impianto idroelettrico nelle immediate vicinanze dell'albergo ove affluivano numerosi operai e rumorosi mezzi di trasporto. Causa di più gravi danni fu però il difetto di sorveglianza da parte dell'Autorità, per cui gli operai si permisero libertà ed atti con danni continui alle cose ed alle persone, in modo speciale ai villeggianti ospiti dell'albergo, i quali, davanti a tali inconvenienti, si affrettarono a cambiare località, per passare l'estate, con un enorme danno per il richiedente. Successivamente poi questi inconvenienti si aggravarono, tanto che all'inizio della nuova stagione, il Guaiti non aveva ancora stipulato alcun contratto, mentre aveva ricevuto numerose dichiarazioni da parte di medici e di clienti i quali lo avevano informato di non poter più frequentare la località a causa dei lavori e del personale dell'Azienda Elettrica. Tutto ciò aveva fatto perdere al richiedente il frutto di otto anni di lavoro ed incorrere in danni patrimoniali incalcolabili, oltre che nel pericolo di perdere l'intero stabile. E poichè la responsabilità di tutti questi fatti, siccome dovuti alla incuria, alla negligenza nella scelta del personale ed alla mancanza di sorveglianza, era da ascriversi alla Azienda Elettrica, che non si era prestata a risarcire i danni derivanti dai fatti stessi, nè in base a perizia, nè in base ad arbitrato, il Guaiti l'aveva convenuta avanti a questo Tribunale, perchè fosse condannata al risarcimento dei danni che doveva al richiedente nell'importo di L. 150.000, oltre che al rimborso delle spese tutte del giudizio.

Istituitosi il contradditorio l'attore confermò le domande di citazione, con l'aggiunta di una provvisionale di L. 30.000 e di un capitolato di prove per testi e perito sull'esistenza ed entità dei danni a lui arrecati e sugli elementi di colpa da ascriversi alla convenuta.

Concluse invece questa per essere assolta dalle domande attrici.

A sostegno delle suesposte conclusioni, il Guaiti produsse lettere dell'Azienda Elettrica di Milano, in data 8 agosto 1929, del Dott. Baldassarre Cattaneo di Milano, dell'Impresa Fratelli Perego di Tirano, della Casa della Valtellina e dell'Hotel Baviera di Milano, della Federazione Provinciale Fascista dei Commercianti di Sondrio, del Rag. Vailati e della Ditta Camagni e Ballerini di Cantù.

DIRITTO

Il Tribunale osserva come il Guaiti sia sceso in giudizio per ottenere il risarcimento dei danni che gli sarebbero derivati dal fatto che il suo albergo Viola di Arnoga in Valdidentro, sarebbe stato disertato in questi ultimi due anni dalla numerosa e facoltosa clientela che lo aveva frequentato dal 1922, per non avervi più trovato, dall'inizio dell'impianto idroelettrico costruito dall'Azienda convenuta nelle immediate vicinanze dell'albergo stesso, la tranquillità e la serenità dell'ambiente che le erano state fino allora assicurate dalle condizioni primitive della zona e dalla sua lontananza da ogni altro abitato.

La perdita di una clientela già molto affezionata si dovrebbe ascrivere a fatti di varia natura che è opportuno distinguere in due ordini, essendo il primo caratterizzato da colpa e l'altro da assenza di colpa, in quanto nel primo rientrerebbero l'occupazione, non necessaria, con camions, di un piazzale prospiciente l'albergo e di proprietà del Guaiti, e il difetto di ogni cura nella scelta e nella sorveglianza degli operai occupati nei lavori in parola, e, nel secondo, gli scoppi continui di mine, i rumori e la polvere dovuti all'incessante arrivo e scarico di camions, la pericolosità delle strade e dei boschi e la scomparsa del fascino pittoresco dei luoghi, dovuta alla costruzione di dighe e canali.

Mentre il primo di questi due ordini di fatti troverebbe sanzione nel disposto degli art. 1151 e 1153 Cod. Civ., il secondo cadrebbe invece, a giudizio del Guaiti, nel disposto dell'art. 574 stesso Codice, in quanto, secondo un'autorevole giurisprudenza, la responsabilità dell'esecutore di una nuova opera industriale,

anche di carattere di pubblica utilità, si può verificare indipendentemente dalla inosservanza di leggi, o regolamenti. In base a questo insegnamento, il rumore prodotto dallo scoppio di mine, la polvere e gli ingombri della strada, la diminuita sicurezza della località, il frequente clamore di operai rissanti od avvinazzati, ed una alterazione fisionomica dell'ambiente, quand'anche si dovesse ascrivere a necessità imprescindibili dell'economia nazionale, rappresenterebbe però un complesso di cause di risarcimento, paragonabile a quelle che formavano oggetto di precedenti decisioni circa l'emanazione di pulviscolo (Appello Milano Sent. 17 giugno 1919 - Monitore Tribunali 1919, pag. 669) — la rumorosità di un impianto industriale (Appello Venezia, sentenza 2 febbraio 1926 - Rivista Diritto Commerciale di Sraffa e Vivante), la esecuzione o manutenzione di un'opera pubblica con perdita o diminuzione di un diritto o di un reddito (Appello Casale - Sentenza 10 ottobre 1908, in Monitore dei Tribunali, 1908, pag. 211, Appello Milano 4 marzo 1910 - ibidem 1910, pag. 388 e Cassazione del Regno, Sentenza 8 luglio 1927 in Foro Italiano 1928, pag. 311), ecc.

Avrebbe potuto anche osservare il Guaiti, che uniformandosi all'insegnamento del diritto Romano, la giurisprudenza ha ritenuto giustamente che i casi previsti dall'articolo succitato (riguardante espressamente i soli manufatti pericolosi di incendio, di scoppio o di esalazioni nocive) non sono tassativi, ma di carattere esemplificativo, come esigono gli scopi propostisi dalla legge di fronte al continuo svilupparsi e moltiplicarsi delle industrie, per modo da doversi ipotizzare in ogni disturbo, molestia od altro danno, provenga esso da edifici o da terreni o da stabilimenti.

È d'uopo però anche osservare che l'insegnamento invocato dall'attore, per cui l'art. 574 Cod. Civ. sancirebbe una responsabilità obbiettiva, tale da escludere ogni distinzione fra danno sopportabile od insopportabile e da imporre all'esercente di una nuova industria le cautele che ogni buon padre di famiglia prenderebbe al fine di evitare il più piccolo danno al fondo vicino, fu superato da una recente e non meno autorevole giurisprudenza la quale affermó, dapprima, la risarcibilità dei soli danni che siano la conseguenza di una immissione straordinaria od anormale *in alienum* e, da ultimo, quella dei soli danni che non derivino da necessità assolute od imprescindibili di convivenza sociale. A questo nuovo insegnamento il Collegio non può non aderire, ispirandosi il medesimo ad una nuova doverosa tutela degli interessi supremi dell'economia nazionale. Quelli dell'industria, siccome intimamente legati all'economia dell'intera Nazione, non potranno pertanto essere sagrificati ad una concezione troppo assolutistica del diritto di proprietà quale risulta dalla dizione letterale dell'art. 435 Cod. Civ., diritti che essi potranno quindi limitare ed invadere ogni qual volta lo esiga una necessità imprescindibile di sviluppo. Anche sostituito però il criterio della necessità sociale a quello della semplice normalità dell'uso, ovvie considerazioni di equità portarono la stessa Corte Suprema ad approvare, in vari giudicati, un contemperamento del duplice ordine di interessi in conflitto.

Essa giustificò, infatti, l'esame degli elementi costituitivi della *immissio* ai fini della risarcibilità del danno, riconoscendo implicitamente esatto il principio per cui, anche attribuendosi all'industria la maggiore possibilità di sviluppo, si ammette però in via equitativa, un apprezzamento della molestia arrecata alla proprietà vicina (o per immissione di pulviscolo o per esalazioni nocive o sgradevoli, o per scuotimenti o rumori, ecc.) al fine di accordare un risarcimento ogni qual volta il danno non sia equiparabile a quello che *ex naturali causa fit*, non dipendendo da condizioni imprescindibili di convivenza sociale (come nella sentenza 9 marzo 1928, 3 aprile 1929 e 13 maggio 1930 in Giurisprudenza Italiana, anno 1928, pag. 518, 1929, pag, 886 e 1930, pag. 774).

Il quesito che si prospetta quindi al Collegio, nel caso in esame, è il seguente: le molestie incolpevoli di cui il Guaiti si lagna erano conseguenze imprescindibili dei lavori d'impianto eseguiti dall'Azienda convenuta? Lo scoppio di mine (benchè limitato a poche ore rigorosamente prestabilite, del giorno), l'andirivieni incessante e forse anche notturno di camions, (con le conseguenti manovre, presumibilmente rumorose e polverose), la lunga e indubbiamente sgradevole vicinanza di parecchie centinaia di operai (sia in tempo di lavoro, che di riposo e di svago, data la lontananza di ogni centro abitato) e la costruzione di manufatti (che non potevano essere certamenti ispirati a finalità artistiche o panoramiche) non potevano non pregiudicare, in modo transitorio le une e, permanente, le altre, la tranquillità arcaica e le poetiche bellezze della zona che il Guaiti aveva prescelto ed amorevolmente attrezzato per la sua azienda alberghiera. D'altra parte tutti questi inconvenienti non avrebbero potuto essere evitati, non essendo umanamente concepibile la costruzione in una località di alta montagna ed isolata, di una grandiosa opera idraulica atta a dare incremento alla vita civile ed economica di una intera vallata ed a completare il fabbisogno di energia elettrica di una grande città senza un precario concentramento di operai e senza l'uso di una imponente quantità di mezzi di trasporto e di esplosivi. Se, poi, i lamentati inconvenienti ed i conseguenti pregiudizi economici, lungi dal costituire l'effetto dannoso dell'esplicazione di una attività inutile ed emulativa, o semplicemente sproporzionata ai fini di un'opera di pubblica utilità, ne sono invece le conseguenze normali ed inevitabili, nessun indennizzo può competere per essi all'attore, cui l'Azienda Elettrica Municipale di Milano oppone giustamente il concetto odierno della proprietà, che più non consiste in una *plena potestas in re*, ma in un complesso di attributi giuridicamente coordinati ad una alta funzione sociale, interessante l'economia dell'intera Nazione.

Rimane da considerare l'ordine di molestie dipendente da negligenza ed imprevidenza nella scelta e nella sorveglianza degli operai e dalla occupazione temporanea, non necessaria, del piazzale prospiciente all'Albergo Viola, per la manovra di camions. È d'uopo però osservare che da questi fatti esula ogni elemento di colpa anche a norma degli art. 1151 e 1153 Cod. Civ. Ed anzitutto non si può far carico all'Azienda Milanese di non essersi preoccupata, nell'assumere il personale, di cui abbisognava, per lavori esclusivamente manuali, di evitare ogni elemento di non esperimentate socievolezza ed urbanità di modi, come pure di non avere imposto ai suoi operai, anche nelle ore di riposo o di svago, una disciplina che ne limitasse, più o meno gravemente, la libertà, disciplina che non sarebbe stata concepibile che nei confronti di persone già legate fra loro da vincoli di speciale subordinazione, di natura militare, scolastica, od associativa. E tanto più si deve escludere una responsabilità della convenuta, ad un tale riguardo, quando si consideri che l'attore non si è offerto di provare che «le soventi risse fra operai e minatori» (capitoli 2 e 4) e la «permanenza di fatti disturbativi» (capitolo 3°) fossero evitabili per modo da doversi ascrivere effettivamente ad un concorso di colpa da parte della Ditta esecutrice dei lavori. Anche più manchevole è però la prova offerta in ordine alla temporanea occupazione del piazzale dell'albergo (cap. 5°) dato che la esistenza del diritto di proprietà che sarebbe stato violato non potrebbe risultare in modo attendibile che dalla esibizione della prova scritta da cui avrebbe preso vita. Anche ammessa però l'esistenza di un tale diritto, che nulla esclude neppure fosse gravato da una servitù legale o convenzionale di passaggio con persone e carri, sarebbe stato obbligo elementare dell'attore di stabilire anche la circostanza di avere, a suo tempo, vietato l'occupazione ora lamentata e di averlo fatto altresì nelle debite forme e nei confronti diretti coi dirigenti, anzichè coi soli conducenti della ditta costruttrice o con terzi. E tanto più questa prova sarebbe stata necessaria, dato che la deduzione a prova delle lamentate manovre non contiene alcun accenno ad un inutile tentativo che l'attore avesse fatto perchè quelle cessassero, valendosi all'uopo della Arma dei Carabinieri (cap. 4), od erigendo una modesta stecconata od un recinto di sassi. E poichè anche la corrispondenza in atti non fa menzione dell'abuso in parola, è lecito supporre che, nel corso dei lavori, l'attore non vi abbia dato peso e non ne abbia quindi formato oggetto di regolare contestazione, lasciando supporre così una tolleranza che precluderebbe ora l'ingresso ad una azione di danni. Il completo rigetto delle domande attrici porta necessariamente alla condanna dell'attore nelle spese tutte del giudizio.

P. Q. M. (*Omissis*).

NOTA

In questa sentenza, notevole per la particolarità e novità del caso concreto controverso, il Tribunale di Milano, con lucida motivazione, ha riaffermato dei principi di diritto che da ultimo già avevano trovato sanzione in giudicati autorevoli della Corte Suprema.

I principii da applicarsi in tema di responsabilità per danni derivanti alla altrui proprietà da impianto ed esercizio di industrie, sono stati recentemente affermati dalla moderna giurisprudenza con sufficiente uniformità di vedute; e vanno sempre più ispirandosi a criterii nuovi, dettati sia dallo sviluppo e dalla importanza che ha preso l'attività industriale nei tempi moderni, sia dal moderno concetto della proprietà, in cui vanno sempre più prevalendo i fini della utilità sociale su quelli particolaristici affermati dalla romana dottrina.

La moderna giurisprudenza, sino ad epoca recente, si era attenuta al principio (come bene scrisse S. E. Marracino, presidente ed estensore della sentenza 9 marzo 1928 della Corte Suprema, in «Giurisprudenza Italiana» 1928, I, 1, pag. 517) «che esclude ogni responsabilità, quando i danni siano la conseguenza dell'uso normale dell'immobile o dello stabilimento «industriale, dal quale derivano le immissioni nocive. In altri «termini, secondo la *comunis opinio*, vi ha luogo a risarcimento

« ogni volta che i danni siano la conseguenza di una immissio-« ne straordinaria.

« Questa dottrina nacque per opera degli scrittori tedeschi « sulla base, principalmente, di alcuni testi, in verità non deci-« sivi (L. 8, paragrafi 5, 7; L. 17, paragrafo 2, Dig. 8, 5). Altre « meno importanti, rimasero quasi del tutto isolate; parve in-« vece a molti destinata a miglior successo quella della respon-« sabilità obbiettiva, ma in contrario fu agevole opporre che « siffatta teorica deriva da un principio estraneo al diritto ro-« mano ed al nostro, e, quel che più monta, fuori dei rapporti di « vicinato. La dottrina della *immisio* è prevalente, fra i giuristi « italiani e nella giurisprudenza. »

Questa dottrina, prevalente fino a ieri, ha sostanzialmente concretato due estremi, due necessarie condizioni per la risarcibilità di un danno prodotto dall'impianto o dall'esercizio di una industria:

a) Anzitutto la sussistenza di una *immissio:* occorre cioè che la azione dannosa invada la sfera materiale del dominio del danneggiato; che ne risenta pregiudizio, materialmente ed obbiettivamente la sua proprietà; tale è il caso degli scuotimenti e vibrazioni, delle immissioni di odori sgradevoli o di rifiuti nocivi, etc., etc. Occorre cioè che la proprietà di colui che si assume danneggiato abbia subito per effetto dell'opera altrui una modificazione reale, in rapporto al suo interno e diretto godimento.

b) Occorre per di più che la *immissio* abbia un carattere *straordinario*, cioè eccessivo ed eccezionale; che essa non derivi dal *normale* svolgimento di una industria; essendo così rispettato il principio che contempera i rapporti di vicinato e la coesistenza dei dominî. Quell'ampio diritto di « godere e disporre » che è, per definizione (art. 436 Cod. Civ.) il contenuto e la essenza del diritto di proprietà, può e deve infatti essere contemperato dalla coesistenza di un uguale diritto; e l'uno non deve prevalere sull'altro in guisa che un proprietario debba astenersi dall'usare a scopi leciti e normali la proprietà sua, per evitare il danno che ne derivi al vicino. Se il danno non è frutto di una attività *anormale*, di una destinazione *eccezionale* della proprietà, esso non è risarcibile.

Si vedano, in analoghi sensi, le sentenze della Cassazione 13 maggio 1930 (Presidente ed Estensore Marracino) e 26 giugno 1929 (Presidente ed Estensore Biscaro) « Giurisprudenza Italiana » I, 1, 774 del 1930 e I, 1, 1281 del 1929.

Ma la moderna giurisprudenza è andata più in là.

Nella già ricordata sentenza 9 marzo 1928 della Cassazione, così prosegue l'autorevole estensore:

« Ma di fronte alle nuove esigenze della vita sociale ed allo « sviluppo dell'industria, la teoria tradizionale, sottoposta a « revisione critica, è apparsa incompleta ed insufficiente, ed « un nuovo criterio, quello della necessità e della solidarietà, si « è cercato di sostituire alla normalità dell'uso, nel senso che « *non si debba far luogo a risarcimento, quando la immissione « derivi da necessità assolute, determinate da condizioni impre-« scindibili di coesistenza sociale* ».

E tale concetto lo stesso Presidente ed estensore ribadì in altra sentenza 3 aprile 1929 (Giurisprudenza Italiana 1929, I, 1, 886) in cui è detto testualmente:

« Questo supremo Collegio, dopo avere prevalentemente « adottato in questa materia il criterio dell'uso normale della « proprietà come limite alla risarcibilità del danno della *im-« missio* prodotta dallo edificio del vicino, ha recentemente ma-« nifestata la tendenza ad accogliere una teorica più progres-« siva, quella che mette capo alla solidarietà sociale ed ai bi-« sogni della convivenza; ed ha sempre esclusa ogni pretesa di « risarcimento fondata sulla così detta responsabilità obbiettiva « (estranea al nostro ordinamento giuridico) o sulla colpa « aquiliana. »

Ed ancora nella citata ed ultima sentenza del 13 maggio 1930, si censurarono i giudici del merito in quanto « non mostrarono « di preoccuparsi del principio della necessità sociale o di soli-« darietà che è stato qualche volta applicato da questo Collegio, « come avviamento ad una costruzione giuridica più adatta « alle esigenze della collettività, più rispondente al rinnovato « concetto della proprietà, che, lungi dalla classica figura della « *plena potestas in re*, ha acquistato una funzione sociale in « relazione ai doveri che vi si connettono, in relazione ai fini « che superano quelli puramente egoistici del singolo proprieta-« rio, concetti cotesti più volte affermati dalla Corte di Cassa-« zione. Alla luce di questi nuovi orizzonti del diritto, che rin-« verdisce la lettera della legge e consente di inquadrare gli « schemi dei più antichi istituti giuridici nella dinamica della « vita moderna, i giudici di merito avrebbero dovuto esaminare « ..... se la lamentata *immissio* fosse la conseguenza necessaria « dell'industria esercitata..... etc. ».

A questi principii ha aderito, e rettamente, il Tribunale Milanese nella annotata sentenza.

Essi trovavano peculiare campo di applicazione nella specie concreta.

Il fatto che diede origine alla causa è infatti non nuovo. Quasi tutte le valli alpine, con lo sviluppo preso dagli impianti idroelettrici, si sono trovate o si trovano nelle condizioni lamentate dal Guaiti. E molte hanno perso, nella tagliente geometricità delle condotte forzate, nella imponenza lineare delle dighe, il fascino del pittoresco, in cui consisteva la attrattiva loro principale, almeno agli occhi dei villeggianti; tutte poi sono state, durante la esecuzione dei lavori, nelle condizioni esposte in causa dall'attore.

Chè nessun impianto idroelettrico ha potuto mai compiersi senza il lavoro di operai e di tecnici, e il concorso dei mezzi a ciò idonei, di trasporto e di scavo (camions, mine, etc.).

Era invece senza esempio (almeno per quanto a noi consta) che un albergatore chiedesse il risarcimento dei danni per simili fatti. Infiniti sono gli eventi per cui può aumentare o scemare la clientela di un albergo: passaggio di una ferrovia in prossimità (come potrebbe esserne responsabile la Amministrazione ferroviaria?), mutazioni sopravvenute nella zona, nuove costruzioni che impediscano la visibilità del paesaggio, apertura di strade, etc., etc. Questi e simili fatti possono tutti, in ipotesi, configurarsi come fonti di danno. Ma è ovvio che non possono dar luogo a risarcimenti perchè non invadono l'ambito dell'altrui proprietà, non esulano dai confini del normale esercizio del proprio diritto.

AVV. ALESSANDRO PATRUCCO

PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazioni di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali etc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP. La ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicate per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice.

137 – *Modifica di concessione idroelettrica - Riduzione della quantità d'acqua derivabile.*

Un decreto di concessione idroelettrica è suscettibile di successiva modifica, in relazione alla quantità d'acqua derivabile, anche per ridurre la quantità stessa, non già in relazione all'effettiva portata del deflusso, ma in relazione ai criteri tecnico-economici che hanno presieduto alla costruzione effettiva degli impianti. A seguito della modifica successiva vengono ridotti i canoni demaniali dovuti per la concessione. Per il secondo decreto di riduzione si procede a nuova istruttoria.

D. R. 22 maggio 1930. Concessione Società Via Auro e C. Derivazione dal fiume Trionto. Comune di Longobucco (Prov. di Cosenza). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 900 del 29 marzo 1929 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3072).

138 – *Lago non iscritto nelle acque pubbliche e di asserta proprietà privata ma con caratteri di pubblicità - Inammissibilità di opposizioni a concessioni idroelettriche proposte dall'asserto proprietario del lago.*

Non ostante che siasi, per un lago di asserta proprietà privata (nella specie, proprietà patrimoniale di un Comune) prodotto un documento formale di acquisto, e non ostante che il lago stesso non risulti iscritto nell'elenco delle acque pubbliche, sono inammissibili le opposizioni alla concessione idroelettrica per detto lago, specie quando i caratteri di pubblicità risultino evidenti per le seguenti ragioni: *a*) per essere il lago in dibattito *caput fluminis* del suo emissario; *b*) per essersi, su detto lago, costituite legalmente utilizzazioni industriali od irrigue. Comunque la tutela dell'asserto proprietario del lago potrà sempre eventualmente avvenire in sede di applicazione dell'art. 34 della legge 1919, n. 2161, nonchè per l'eventuale espropriazione da parte del concessionario.

D. R. 22 maggio 1930. Concessione S.G.E.T. Regolazione del lago della Senaja in Comune Baselgà di Pinè (Prov. di Trento). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 1456 del 15 maggio 1929 (*Boll. Min. LL. PP.* 1930, p. 3086).

139 – *Lago - Concessione di svaso per integrazione di derivazione successiva - Limiti discrezionali da parte della Amministrazione concedente.*

Per una concessione di svaso di un lago naturale, ad integrazione e regolazione di portata di altra derivazione il disciplinare può contenere, fra l'altro, una clausola per cui l'Amministrazione concedente si riserva di prescrivere a suo insindacabile giudizio in qualunque momento l'osservanza di limitazioni nell'effettuazione dello svaso, ritenute necessarie nel pubblico interesse e anche di sostituire, in tutto o in parte, allo svaso al di sotto del livello normale, un invaso al di sopra di tale livello qualora l'esperienza dimostrasse opportuna tale variante.

Ivi come al numero precedente (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3093).

140 – *Concessione di derivazione da lago - Opposizione su fondamento igienico (malaria) - Reiezione sulla base del tempo annuale in cui la derivazione viene esercitata.*

Viene respinta una opposizione (nella specie presentata dal Medico provinciale) a una concessione di svaso da un lago, quando i motivi igienici (malaria), addotti a fondamento dell'opposizione, perdono la loro importanza, tenuto conto del periodo (1° novembre al 30 giugno) in cui si effettua lo svaso.

Ivi come al N. 138 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3088).

141 – *Concessione idroelettrica - Accettazione di dichiarazione di precarietà di fronte ad altre domande in istruttoria e di domande future.*

Una concessione idroelettrica può esser concessa, ma in via precaria, non ostante la previsione di maggiori utilizzazioni risultanti da domande in corso di istruttoria (nella specie sospese per provvedimento dell'Autorità giudiziaria) quando il concessionario accetti tale proprietà nei riguardi non solo delle domande in istruttoria, ma anche in riguardo di futuri, eventuali progetti di maggiore utilizzazione del lago. La precarietà è soggetta a revoca con preavviso di mesi 6. (Si avverte che la precarietà in confronto a futuri eventuali progetti è genericamente affermata nel proemio del decreto (*Boll.*, p. 3088), ma che tale capo di proemio rinvia all'art. 10 del disciplinare, che parla soltanto di proprietà e di revoca in relazione a concessioni avvenire « secondo progetti presentati precedentemente alla data del disciplinare »).

Ivi come a. N. 138 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3097).

142 – *Clausole nell'interesse della difesa militare per una concessione idroelettrica - Limiti del diritto di uso dell'energia.*

Tra le clausole nell'interesse della difesa militare apposte ad una concessione idroelettrica, quella di valersi dell'energia elettrica in caso di necessità, normalmente accordata alla Autorità militare, può essere limitata a una parte soltanto dell'energia prodotta, nella specie a un decimo, e al prezzo del tempo e del luogo della utilizzazione.

D. R. 30 maggio 1930. Concessione Soc. Anon. Cerretti. Derivazione dal torrente Ovesca in Comune di Villadossola (Prov. di Novara). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 3253 del 16 novembre 1922 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3121).

143 – *Istruttoria di concessione idroelettrica - Domande concorrenti presentate prima del decreto, ma dopo l'emanazione del parere del Cons. Sup. dei LL. PP. - Reiezione*

Quando durante l'istruttoria di una domanda di concessione idroelettrica, sia presentata altra domanda in concorrenza (che nella specie prevedeva una maggiore utilizzazione), ma fuori dei termini di cui al 4° e 6° comma dell'art. 9 del D. L. 1919, n. 2161, tale domanda è respinta per irricevibilità rispetto ai termini, ove sia stata presentata dopo che il Cons. Sup. dei LL. PP. erasi già pronunciato *in merito alla precedente domanda* (Sic testualnente) di fronte all'art. 11 del Decreto Legge 1919, il quale come è noto commina la irricevibilità se la tardività della posteriore domanda si riferisce all'anteriore parere del Consiglio Sup. dei LL. PP., in forma di « pronuncia definitiva sulle domande già istruite ».

D. R. 17 marzo 1930. Concessione Soc. Nazionale di Elettricità. Derivazione dai torrenti Codera e altri in Comuni di Novate Nezzola e Verceia (Sondrio). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 541 del 17 febbraio 1922 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 2825).

144 – *Concessione idroelettrica - Varianti al progetto di massima introdotte come clausola del disciplinare di concessione.*

L'amministrazione concedente può inserire nel capitolo di concessione, anzichè nella procedura istruttoria apposita condizione per prescrivere varianti tecniche al progetto di massima, nella specie per imporre lo spostamento della presa 200 metri più in basso del progetto stesso, aggiungendo l'obbligo di studiare nel progetto esecutivo, la razionale utilizzazione del salto così ridotto.

Nello stesso disciplinare si può dar atto della rinuncia, da parte dell'aspirante alla concessione, all'esecuzione di una parte dell'impianto, come pure si può dar atto della sostituzione di un serbatoio, previsto nel progetto di massima, con una semplice briglia in muratura.

Ivi come al N. 143 (*Boll. Uff. Min. LL. PP.*, 1930, p. 2830).

145 – *Concessione idroelettrica - Tutela dei diritti dei terzi - Apprezzamento e giudizio affidato al Genio Civile.*

Tra le condizioni particolari cui dovrà soddisfare la derivazione, oltre alla generica imposizione di salvaguardia dei diritti dei terzi, può essere introdotta apposita clausola per l'obbligo di lasciare defluire l'acqua per i bisogni irrigui potabili e domestici, aggiungendo che la quantità di acqua necessaria a tali scopi verrà stabilita, ove possibile, prima della messa in esercizio della centrale, previi accordi fra il concessionario e gli interessati. In mancanza di accordo fra le parti, può essere prescritto che le controversie verranno deferite all'ufficio del Genio Civile competente.

Ivi come al N. 143 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 2832).

146 – *Concessioni idroelettriche - Derivazione a portata variabile - Strumento di registrazione.*

Ove sia concessa una derivazione per l'utilizzazione a scopo di produzione di energia elettrica, a portata variabile, riferita a speciali condizioni tecnico-idrauliche, può, nel disciplinare di concessione, essere inserita apposita clausola per imporre che sul canale di carico sia predisposto uno stramazzo munito di idrometro registratore per accertare le portate derivate e quelle utilizzate.

Ivi come al N. 143 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 2832).

A. G.

NOTE E RIASSUNTI

IL CALCOLO DEI VOLUMI DI AFFLUSSO METEORICO

In alcuni problemi idrologici è necessario calcolare per una data zona l'altezza media di precipitazione od i volumi di afflusso meteorico per diversi intervalli di tempo o per ripetuti intervalli uguali. Allo scopo, per una esistente rete pluviometrica, di solito si tracciano, per ogni intervallo considerato, le rispettive curve isoiete e si planimetrano successivamente le aree comprese tra due curve contigue; la costruzione delle isoiete è però sempre cosa delicata e piuttosto lunga, mai operazione esclusivamente meccanica, per cui se il procedimento deve essere applicato varie volte di seguito, si richiedono tempo notevole e cure particolari, pur non raggiungendosi infine una perfetta omogeneità nei valori. Per zone di una certa estensione a caratteri morfologici abbastanza uniformi e rete pluviometrica sufficientemente fitta e regolare, ai vari risultati forniti dalle isoiete si sostituiscono le corrispondenti medie aritmetiche dei valori delle stazioni comprese nell'ambito della zona. Quale soluzione intermedia, che alla maggiore attendibilità di un sistema vorrebbe unire la maggiore rapidità e meccanicità dell'altro, si determinano per un certo periodo, con ambedue i metodi citati, i valori del volume di afflusso, quindi il coefficiente fornito dal rapporto tra il valore isoietografico ed il valore medio aritmetico si estende a tutti i valori medi aritmetici che si ottengono per ogni altro intervallo di tempo, procedendo così ad una loro correzione costante media che non sempre avvicina i dati alla realtà del fenomeno.

Da una interpretazione ed estensione del metodo delle isoiete si può giungere ad un'altra soluzione del problema, che se presuppone una volta tanto e per una data rete pluviometrica un lavoro grafico paragonabile al tracciamento di un solo sistema di curve isoiete, fornisce poi immediatamente e meccanicamente per qualsiasi precipitazione e per qualsiasi limite e successione di tempo i vari volumi di afflusso e le corrispettive precipitazioni medie ragguagliate.

Le stazioni pluviometriche S_0 S_1 S_2,.... S_n di una data superficie generica (fig. 1) abbiano totalizzato nell'intervallo in esame diverse quantità di precipitazione che si possono esprimere quali variazioni della precipitazione verificatasi alla stazione S_0. Senza che le caratteristiche generiche dell'ipotesi vengano alterate si può ammettere, per maggiore brevità e semplicità, che dette variazioni siano costanti e dello stesso segno per modo che le stazioni S_1, S_2,.... S_n attorno ad S_0, dove si sono avute le precipitazioni $Q+1$, $Q+2$,.... $Q+n$ costituiscono dei punti per i quali passano precisamente le isoiete $i+1$, $i+2$,.... $i+n$.

Tracciate queste isoiete, il volume di afflusso, ossia la precipitazione media ragguagliata Q_M moltiplicata per la superficie Ω della zona, si ha, come è noto, dalla somma dei prodotti delle varie aree parziali ω delimitate tra due isoiete contigue per il valore medio di dette isoiete. Nell'ipotesi, questo valore medio è coincidente, non si tratta che di una sostituzione di simboli, con la precipitazione media delle due stazioni definenti le rispettive isoiete, per cui si ha:

$$1)\quad Q_M\,\Omega = \frac{Q_0+(Q_0+1)}{2}(\omega_{0,1}) + \frac{(Q_0+1)+(Q_0+2)}{2}(\omega_{1,2}) + \ldots\ldots + \frac{(Q_0+n-1)+(Q_0+n)}{2}(\omega_{n-1,n})$$

Del volume definito dalla 1) si consideri ora solo la porzione $Q'_M\,\Delta\Omega'$ che viene a trovarsi lungo il segmento congiungente due stazioni S_0 e S_r $(r = 1, 2, ..., n)$:

$$Q'_M\,\Delta\Omega' = \frac{Q_0+(Q_0+1)}{2}(\delta\,\omega_{0,1}) + \frac{(Q_0+1)+(Q_0+2)}{2}(\delta\,\omega_{1,2}) + \ldots\ldots + \frac{(Q_0+r-1)+(Q_0+r)}{2}(\delta\,\omega_{r-1\,r})$$

Ma per la costruzione stessa si ha che i punti situati sul segmento $S_0\,S_r$, per dove passano le isoiete $i+1$, $i+2$, ... $i+r$, sono equidistanti, per cui si ottiene, per la conseguente equivalenza delle aree elementari $\delta\,\omega_{r-1,r}$

$$Q'_M\,\Delta\Omega' = \frac{Q_0+(Q_0+1)+(Q_0+2)+\ldots+(Q_0+r-1)+(Q_0+r)}{2\,n-1}(\delta\omega_{0,r})$$

espressione equivalente, per le sue caratteristiche, alla:

$$Q'_M\,\Delta\Omega' = \frac{Q_0+(Q_0+r)}{2}(\delta\,\omega_{0\,r})$$

ossia:

$$Q'_M\,\Delta\Omega' = (Q_0)\frac{1}{2}(\delta\,\omega_{0\,r}) + (Q_0+r)\cdot\frac{1}{2}(\delta\,\omega_{0\,r})$$

vale a dire che se si divide, in corrispondenza del punto di mezzo del segmento $S_0\,S_r$, l'areola compresa tra r-1 isoiete esistenti

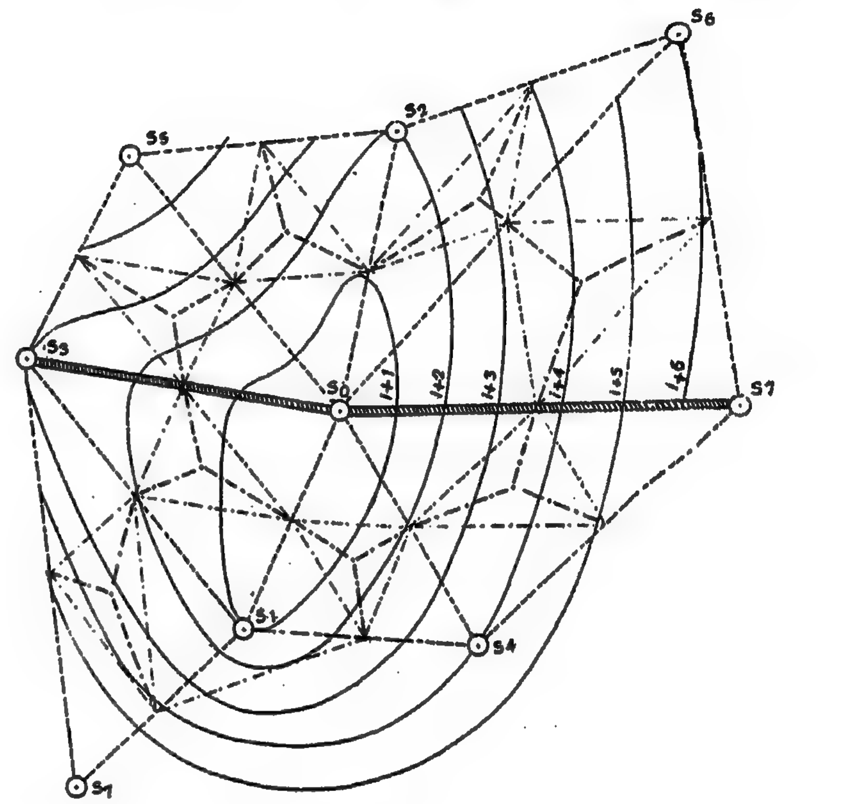


Fig. 1.

tra le stazioni S_0 e S_r in due parti equivalenti, si ottiene il volume elementare di afflusso moltiplicando ciascuna delle due parti per il valore delle isoiete estreme che le limitano. Si ha in tal modo che le stazioni S_0 e S_r esercitano rispettivamente uguale influenza sull'areola tra loro compresa che viene ad essere considerata come soggetta per metà al regime pluviometrico di una stazione e per metà a quello dell'altra. Il concetto delle areole elementari di influenze proprie ad ogni stazione si può estendere a tutte le direzioni che collegano una data stazione con le contermini radiali; si avrà così al limite che attorno ad ogni stazione resta definita una zona per la quale si suppone valevole la precipitazione verificatasi alla stazione stessa.

Per procedere al calcolo dei volumi di afflusso si determina allora per ogni stazione la sua zona d'influenza, il « topoieto », che è evidentemente una costante che non varia nè con l'intensità della precipitazione nè con la durata degli intervalli di tempo che si considerano, ma solo con la distribuzione della rete pluviometrica che in genere non subisce notevoli e continui mutamenti.

Determinati i topoieti, sommando i valori dei volumi di afflusso parziale propri di ogni topoieto (dati dal prodotto dell'area corrispondente per la precipitazione verificatasi nell'assunto intervallo) si avranno i complessivi volumi di afflusso meteorico. Il calcolo si riduce quindi ad operazioni di carattere esclusivamente meccanico, nè difficoltà presenta la determinazione del topoieto realizzabile con semplici procedimenti grafici: all'uopo nel piano rappresentativo si unisce con dei segmenti ogni stazione con quelle contermini e radiali, dei vari segmenti si trovano i punti di mezzo che alla loro volta si collegano con una spezzata. Tra topoieto e topoieto si formano altresì delle aree triangolari che ulteriormente si suddividono secondo le varie bisettrici assegnando ogni porzione al topoieto con cui hanno un lato in comune. Al limite la zona d'influenza anzichè da una poligonale sarà delimitata da un contorno curvilineo.

Il metodo non elimina quello che può essere anche nel trac-

ciamento delle isoiete punto di discussione, il presupposto cioè che la variazione delle precipitazioni, tra una stazione e l'altra avvenga con legge lineare. Non essendovi però particolari motivi in favore o contro, a tale semplice legge sarà opportuno ricorrere, tanto più che i risultati che ne conseguono sono più che sufficienti per i bisogni della pratica.

Tuttavia, nella effettiva determinazione dei topoieti pur non astraendo dalla costruzione geometrica che sarà sempre opportuno premettere, bisognerà tener conto, per avvicinarsi alla più probabile distribuzione delle piogge, della morfologia del terreno, delle principali caratteristiche geologiche, climatologiche, fitologiche, ecc. Così per stazioni separate, da catene montuose il contorno dei topoieti seguirà, piuttosto che i vari punti di mezzo, la cresta spartiacque; stazioni che per la loro ubicazione lascino supporre regimi pluviometrici del tutto particolari avranno un topoieto limitato estendendosi invece quelli contermini a regimi più generali; insomma ogni elemento fisico della zona verrà vagliato onde non fare del topoieto un'inutile astrazione geometrica ma una entità che si avvicini per quanto è possibile al reale comportamento del fenomeno.

Tutto questo però deve essere elaborato solamente una volta tanto, cosicchè ogni cura ed ogni precisione (quest'ultima specie nella planimetratura) potranno essere realizzate, il che non è consentito appieno con le isoiete che pur dovendo essere la risultante di equivalenti operazioni grafiche e delle stesse considerazioni particolari, per alcuni tipi di calcolo, per una stessa zona si dovrebbero tracciare ripetutamente e continuamente. Si riportano ora a titolo d'esempio, alcuni risultati ottenuti con i diversi metodi di calcolo, per il bacino del Vomano che ha una superficie di km² 785,69. Dalla carta delle piogge annuali al 500.000 per il 1928 si sono ricavati i valori dei volumi di afflusso meteorico secondo quanto è disposto nel prospetto seguente:

PROSPETTO I.

Isoiete che limitano la zona	Altezza media di precipitazione in mm	Superficie in km²	Volume corrispondente alla precipitazione in milioni di m³
700– 600	650	17,44	11.336
800– 700	750	82,50	61.875
900– 800	850	272,25	231,412
1000– 900	950	67,50	64.125
1100–1000	1050	50,00	52.500
1200–1100	1150	52,00	59.800
1300–1200	1250	54,00	67.500
1400–1300	1350	75,00	101.250
1500–1400	1450	50,00	772.500
1600–1500	1550	65,00	100.750
Totali		785,69	823.048

Altezza media di precipitazione mm 1047,5

Per lo stesso bacino si sono delimitati per tredici stazioni pluviometriche ivi comprese o confinanti (per Teramo si sono assunti i valori medi tra Teramo e Collurania) i rispettivi topoieti tracciati per maggiore convenienza ed evidenza sulla carta al 100.000 dell'I. G. M. (fig. 2). Nel prospetto II figurano i calcoli per i quali si è giunti alla determinazione dei volumi degli afflussi meteorici.

PROSPETTO II.

STAZIONE	Superficie del topoieto in km²	Superficie del topoieto in % della totale	Precipitazione verificatesi alle stazioni in mm	Volume corrispondente alla precipitazione in milioni di m³	Percentuale relativa ad ogni stazione della precipitazione media ragguagliata in mm
Porcinaro	69,61	8.860	1184,0	82.718	104,90
Campotosto.........	74,72	9.510	1559,0	116.488	148,26
Nerito	67,61	8.605	1428,0	96.547	122,88
Pietracamela........	65,71	8.363	1078,2	70.849	90,17
Fano Adriano	33,55	4.270	992,5	33,298	42,38
Villa Vallucci	36,56	4.653	803,3	29,369	37,38
Fano a Corno	37,06	4.717	1390,5	51.532	65,59
Isola del G. Sasso ..	37,06	4.717	1114,0	41.285	52.55
Tossiccia	102,88	13.095	889,0	91.460	116,41
Teramo	53,59	6.821	758,5	40.648	51,74
Castelli............	31,05	3.952	1490,0	46.265	58,88
Notaresco	132,72	16.892	860,0	114.139	145,27
Roseto	43,57	5.545	772,0	33.636	42,81
TOTALI	785,69	100.000	—	487.934	1079,22

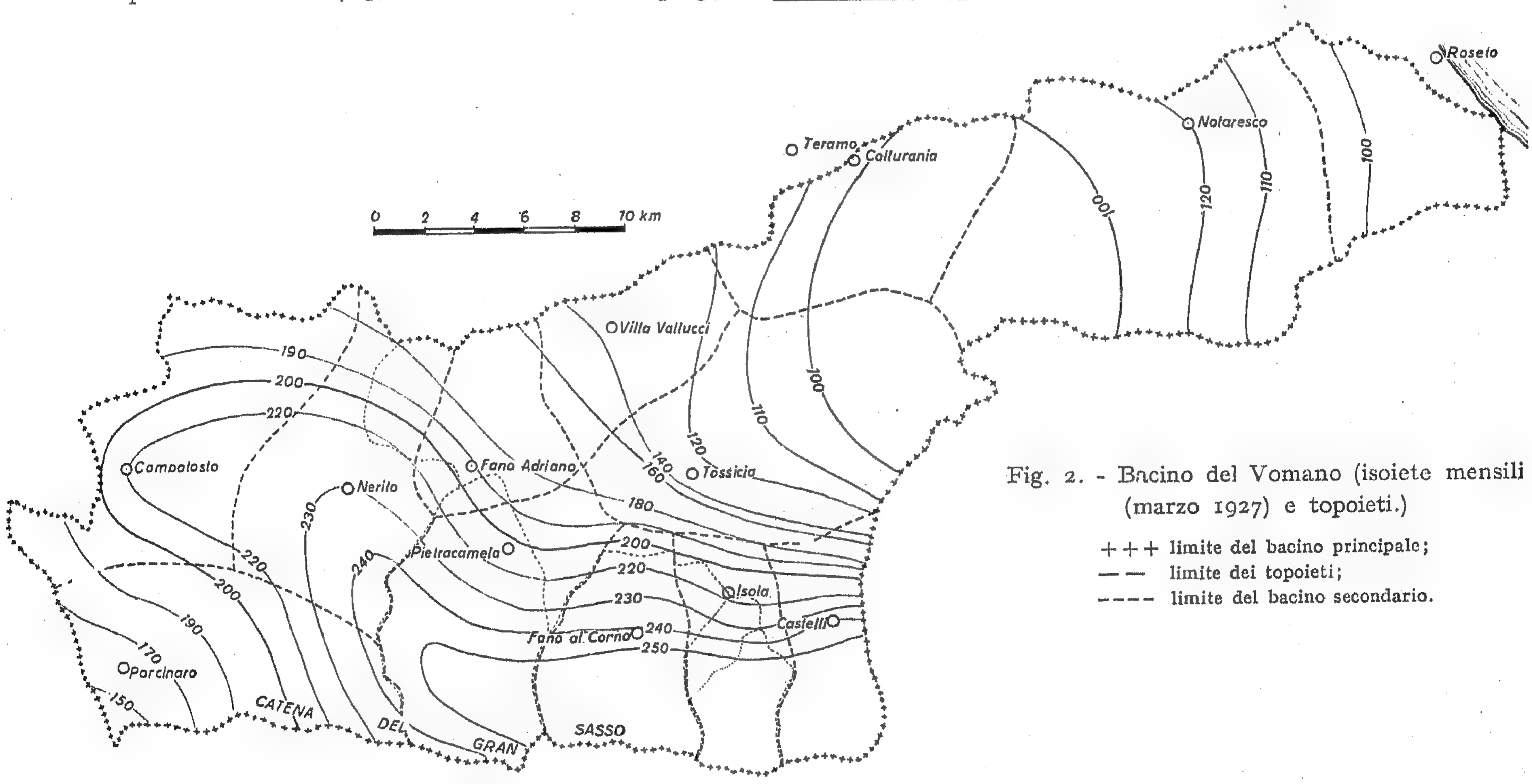


Fig. 2. - Bacino del Vomano (isoiete mensili (marzo 1927) e topoieti.)

+++ limite del bacino principale;
— — limite dei topoieti;
---- limite del bacino secondario.

La differenza tra i valori ottenuti: mm 1047,5 col metodo delle isoiete e mm 1079,2 con quello dei topoieti (il 3% in più sul valore isoietografico) è certamente ammissibile in un tal genere di calcoli soggetti a notevoli variazioni; se invece si fosse assunta solamente la media aritmetica delle precipitazioni delle stazioni comprese nell'ambito del bacino si sarebbe avuto una precipitazione media ragguagliata di mm 1162,6 con un aumento sul valore isoietografico dell'11 %.

Nella carta allegata del bacino del Vomano sono segnate oltre i topoieti, le isoiete mensili per il marzo 1928 per il quale periodo sono stati ripetuti i calcoli già indicati; le varie precipitazioni medie ragguagliate con i diversi sistemi sono risultate rispettivamente: con le isoiete mm 168, con i topoieti mm. 171, con la media aritmetica mm 191.

La sufficiente precisione, l'omogeneità dei risultati e soprattutto i notevoli vantaggi di tempo possono giustificare l'adozione dei topoieti in confronto delle isoiete; che, se sono preferibili ancora, specie per una maggiore evidenza rappresentativa, nella ricerca di un unico valore, mal si prestano in calcoli lunghi e ripetuti (volumi di afflusso mensile su un dato bacino, volumi di afflusso giornalieri durante una lunga piena ecc.) si che in loro sostituzione si erano già escogitati metodi meno precisi e meno logici. I topoieti possono fornire inoltre un criterio per poter valutare l'uniformità e l'efficienza di una rete pluviometrica.

ING. DINO TONINI.

PROTEZIONE DELLE LINEE ELETTRICHE AEREE CONTRO LE TERRE ACCIDENTALI, MEDIANTE LA BOBINA DI ESTINZIONE A DISTANZA

Revue Brown Boveri, novembre, dicembre 1930. - A. van GASTEL.

Le terre accidentali nelle linee aeree di trasporto di energia costituiscono una delle cause più frequenti di perturbazione all'esercizio. I fenomeni secondari cui danno luogo e, particolarmente, le sovratensioni e le onde a fronte ripida provenienti da una terra intermittente, sollecitano in modo violento l'isolamento delle linee e delle macchine, compromettendo la sicurezza di esercizio degli impianti.

Il compito di limitare e di togliere al più presto le conseguenze dannose dei corto circuiti e delle terre accidentali è affidato ai dispositivi di protezione delle reti. Nelle linee ad altissima tensione (110 kV ed oltre) è raccomandabile, secondo l'A., la messa a terra diretta del neutro; per le reti a media tensione, fino a 110 kV, si ritiene che la messa a terra attraverso ad una resistenza o ad una induttanza sia più adatta per la protezione contro le sovratensioni. L'A. espone i criteri che devono guidare alla scelta del sistema di protezione più adatto, premettendo un esame assai accurato delle cause delle terre accidentali e delle conseguenze di esse.

I. LE CAUSE DELLE TERRE ACCIDENTALI.

Le terre accidentali sono una conseguenza della distruzione meccanica o dielettrica dell'isolamento fra una fase della rete e la terra oppure, tra una fase ed una parte dell'impianto collegata direttamente con la terra. Si tratta, in generale, di terra nelle linee aeree; soltanto in casi rarissimi questa perturbazione si verifica nelle macchine o negli apparecchi. La maggior rigidità degli isolanti di questi ultimi e delle macchine, la protezione meccanica di essi, le condizioni ambiente più favorevoli giustificano questa constatazione. Le condizioni cui sono sottoposti gli isolanti delle linee sono invece assi più gravose e gli isolatori possono perdere le loro proprietà per diversi motivi, fra i quali sono da ricordare:

1° La distruzione causata da una sollecitazione meccanica troppo elevata, conseguente alla formazione di ghiaccio o di brina nelle linee, oppure la distruzione per il lancio di pietre, per forti variazioni di temperatura, ecc.

2° Il deposito di sali, polvere, nerofumo ecc. sulla superficie degli isolatori.

3° La perforazione dell'isolatore o la scarica superficiale, dovute a difetto dei materiali (porcellana, mastice).

4° Fulminazione diretta od indiretta oppure fenomeni elettrici transitori che danno luogo a sovratensioni pericolose.

5° La messa a terra provocata da rottura di conduttori oppure da uccelli, rami di alberi, ecc.

Questi inconvenienti sono, nella loro quasi totalità, inevitabili e non è quindi possibile eliminare le terre, intervenendo nella causa prima che le provoca; è necessario, quindi, limitarsi a ridurne le conseguenze dannose.

II. LA TERRA ACCIDENTALE E LE SUE CONSEGUENZE.

Allorquando si verifica la messa a terra franca di una delle fasi di una rete con punto neutro isolato, ha luogo uno squilibrio nella rete, le cui caratteristiche elettriche vengono modificate. Confrontando il nuovo regime che ne consegue (figg. 1 e 2) con quello primitivo (figg. 3 e 4) si constatano le conseguenze seguenti:

1° Aumento della tensione, rispetto alla terra, delle fasi non avariate.

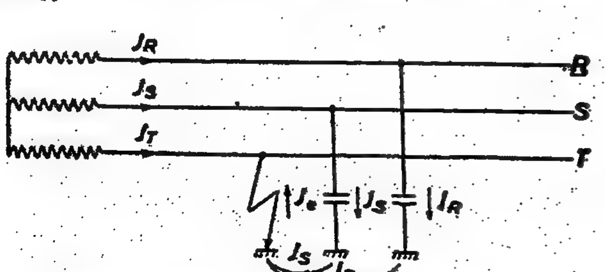


Fig. 1. - Rete trifase non protetta, con terra accidentale sulla fase T.

J_R = Corrente capacitiva della fase R, in caso di terra accidentale;
J_S = Corrente capacitiva della fase S, in caso di terra accidentale;
J_T = Corrente capacitiva della fase T, in caso di terra accidentale;
J_e = Risultante delle due correnti di terra J_R ed J_S.

2° Aumento improvviso del potenziale del neutro rispetto alla terra.

3° Distorsione del sistema formato dalle correnti capacitive delle tre fasi, dapprima simmetrico, in un sistema asimmetrico.

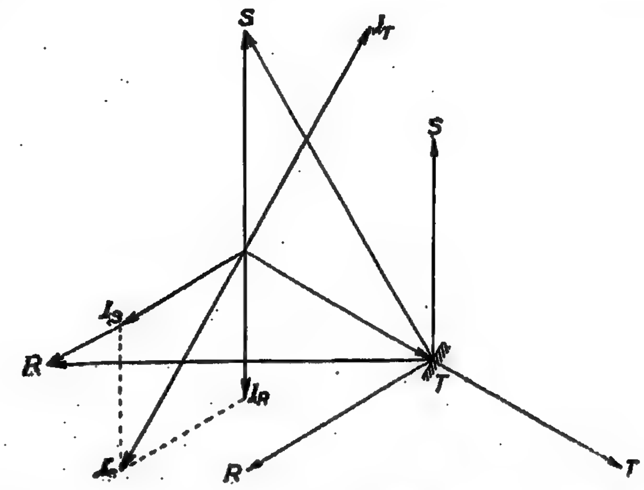


Fig. 2. - Tensioni e correnti in una rete trifase non protetta, con una terra accidentale sulla fase T.

J_R, J_S, J_T = Corrente capacitiva della rete in caso di terra accidentale.
J_e = Corrente di terra.

In alcune circostanze possono prodursi, pure, i seguenti inconvenienti:

4° Cadute di tensione dannose nel suolo, in vicinanza del punto di contatto con la terra.

5° Rottura delle linee, particolarmente nelle reti con correnti di terra intense.

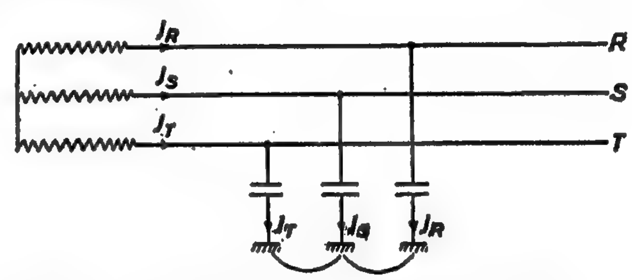


Fig. 3. - Rete trifase. Servizio normale.

J_R, J_S, J_T = Corrente capacitiva.

L'aumento di tensione delle fasi non avariate non è, in generale, pericoloso perchè la rete deve sempre essere in grado di sopportare una tensione doppia di quella normale di esercizio.

All'aumento del potenziale del punto neutro conseguono delle sovratensioni causate dalla carica repentina delle capacità delle due fasi sane rispetto alla terra. La carica ha carattere oscillatorio attraverso il circuito oscillante formato dalle capacità in parallelo e dall'induttanza di corto circuito della rete (linee, trasformatori e generatori). Queste sovratensioni oscillatorie non sono, solitamente, dannose per l'isolamento della rete.

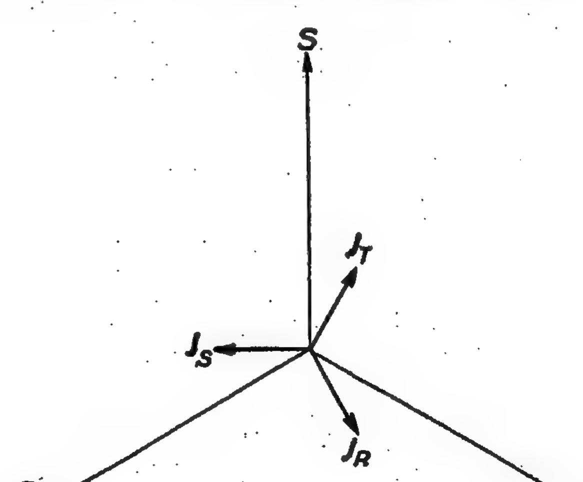


Fig. 4. - Tensioni e correnti in una rete trifase. Servizio normale.

J_R, J_S, J_T = Corrente capacitiva.

La distorsione del sistema formato dalle corenti di terra è causa dell'aumento del carico capacitivo della rete che, in qualche caso, può dar luogo a difficoltà per l'eccitazione dei generatori ed a deformazioni della curva di tensione.

Le cadute di tensione nel suolo costituiscono un pericolo per le persone e gli animali che si avvicinassero al punto difettoso. Il pericolo è tanto maggiore quanto più intensa è la corrente di terra e quanto più grande è la resitenza della messa a terra del neutro o del punto difettoso.

Un'accurata messa a terra della palificazione della rete limita notevolmente i pericoli di folgorazioni.

Le rotture dei conduttori in seguito a fusione provocata dalle correnti di terra è assai pregiudizievole per la continuità dell'esercizio.

Le terre con arco sono più pericolose delle terre franche. L'arco, a causa delle correnti di terra intense, può persitere anche quando la causa che l'ha provocato è scomparsa. La sua estrema mobilità può far sì che esso venga ad interessare ambe le fasi sane della rete e a produrvi, quindi, un corto circuito che obbliga ad escludere il tronco danneggiato. L'adescamento dell'arco dà origine a delle sovratensioni oscillatorie che si sommano con le altre sovratensioni provocate dallo spegnimento dell'arco medesimo. Al momento dello spegnimento il carico capacitivo delle fasi sane viene liberato dando luogo ad una tensione continua rispetto alla terra.

Quando l'arco adescato si spegne ad ogni semiperiodo, dando luogo ad una terra discontinua od intermittente, si hanno da temere i fenomeni più gravi. Oltre agli inconvenienti proprii della terra franca e per arco, si verificano delle sovratensioni oscillatorie dovute al successivo spegnersi e riadescarsi dell'arco. Ad ogni nuovo adescamento ha luogo la propagazione, lungo la rete, di onde a fronte ripida e di grande ampiezza che sollecitano in modo assai grave l'isolante delle macchine e degli apparecchi collegati con le linee. Esse possono far causare delle altre terre e, quindi, dei corto circuiti tra fase e fase, attraverso la terra. Queste « terre doppie » sono pericolose per le cadute di tensione nel suolo, cui danno luogo, e costituiscono sempre una causa di interruzione del servizio.

III. Mezzi di protezione.

I dispositivi di protezione contro le terre delle reti si possono dividere in due gruppi. Quelli del primo hanno il compito di limitare le conseguenze di una terra senza interessare il punto neutro del sistema; quelli del secondo comportano la messa a terra di esso; direttamente, oppure attraverso ad una resistenza od una induttanza.

Appartengono al primo gruppo: gli scaricatori a corna con resistenze in serie, gli scaricatori elettrolitici, gli scaricatori a biossido di piombo e gli interruttori di messa a terra. Gli scaricatori a corna e gli interruttori di messa a terra possono limitare le sovratensioni, ma non sono atti a prevenirle. La resistenza in serie con gli scaricatori dovrebbe essere dimensionata per soddisfare a due condizioni contradittorie: spegnimento rapido dell'arco adescatosi (necessità di una grande resistenza) e scarica rapida delle cariche liberate dalla messa a terra (necessità di una piccola resistenza). In ogni caso, il funzionamento degli scaricatori non può avere la necessaria rapidità, e per dare qualche garanzia, richiede una sorveglianza accurata degli apparecchi. L'impiego di essi può subire talvolta delle restrizioni a causa dell'eccessivo ingombro. Quanto ai tipi più recenti di scaricatori: Bendmann, Autovalve-Arrester ecc., l'A. ritiene che non si abbiano ancora elementi sufficienti per dare un giudizio sicuro sulla loro efficacia.

La messa a terra diretta del punto neutro ha il vantaggio di fissare le tensioni delle fasi della rete rispetto alla terra. Questo vantaggio, tuttavia, è appieno realizzato soltanto quando la potenza delle macchine e dei trasformatori messi a terra non è troppo piccola rispetto alla potenza totale degli alternatori che alimentano la rete, ed allorquando la resistenza di passaggio dei collegamenti di terra è piccola. Hanno pure influenza i collegamenti dei trasformatori. Il collegamento a stella e quello a zig-zag con neutro uscente permettono il collegamento di terra nei trasformatori. Se anche il secondo avvolgimento è connesso a stella, una terra provocherà uno squilibrio magnetico e quindi un aumento della tensione nelle due fasi sane. Questo aumento di tensione è tanto maggiore quanto più piccola è la distanza che separa il trasformatore dalla terra accidentale, perchè la corrente di corto circuito decresce con tale distanza. La tensione di fase non raggiunge mai il valore della tensione composta, mentre, l'effetto di autoinduzione del trasformatore assorbe la corrente di terra e ne riduce l'intensità impedendo, talvolta, il funzionamento dei relais di massima. Il collegamento a stella/stella con neutro a terra presenta questa altra particolarità: la terza armonica della corrente magnetizzante passa per la terra attraverso il punto neutro e va a perturbare i circuiti vicini a corrente debole che utilizzano la terra come conduttore di ritorno.

Questi inconvenienti sono evitati quando il secondo avvolgimento è connesso a triangolo. Il carico di una fase, per effetto della corrente di terra, si trasmette al secondo avvolgimento e l'effetto di autoinduzione con lo squilibrio relativo viene a mancare. Anche la terza armonica circola nell'avvolgimento a triangolo e, non passando a terra, non provoca disturbi nei circuiti telefonici, di segnalazioni, ecc. situati nelle vicinanze della linea. Il comportamento dei trasformatori con collegamenti stella/stella e stella/triangolo risulta dalla fig. 5.

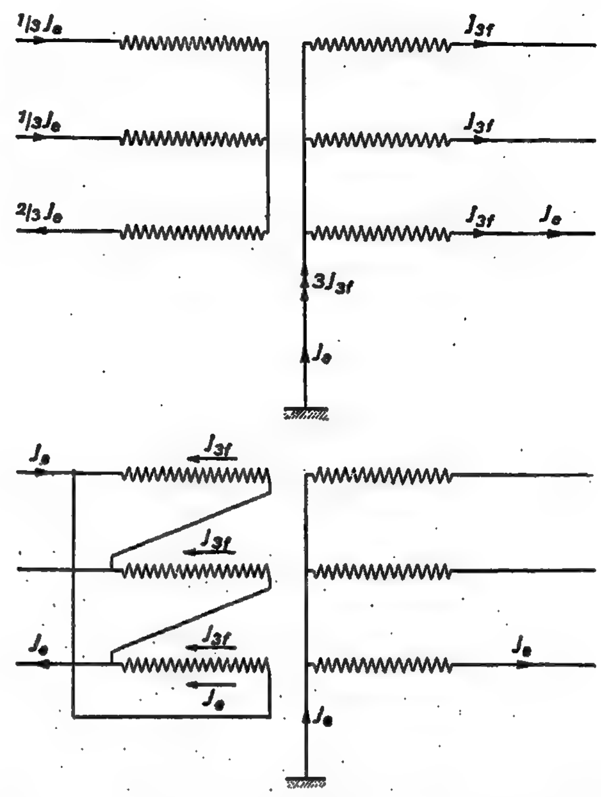


Fig. 5. - Trasformatore con neutro messo a terra.

In alto: collegamenti stella/stella.
In basso: collegamenti stella/triangolo.
J_e = Corrente di terra.
J_{3f} = Terza armonica della corrente magnetizzante.

In generale, si può concludere che il minor pericolo di sovratensioni che si ha col collegamento diretto a terra del neutro, consente di limitare l'isolamento delle linee. A parità di prescrizioni per la tensione di prova, gli impianti con neutro messo a terra offrono una sicurezza di esercizio maggiore di quella degli impianti con neutro isolato.

Poichè nelle linee ad altissima tensione (110 kV e più) il problema dell'isolamento ha un'importanza di primo ordine e, d'altra parte, le terre accidentali sono relativamente rare, la messa a terra diretta del neutro è, secondo l'A., raccomandabile.

Quando il punto neutro è messo a terra mediante una resistenza ohmica, la corrente di terra è minore di quella che si ha quando la messa a terra è diretta. Inoltre, la corrente di terra nel punto difettoso non è più in quadratura con la tensione della fase danneggiata e, quindi, annullandosi la corrente di terra quando questa tensione ha già assunto un valore inferiore al massimo, resta facilitato lo spegnimento dell'arco. Dopo che l'arco s'è spento, sussiste un circuito attraverso il quale le cariche superflue possono oscillare, smorzandosi. Se la scelta della resistenza è fatta opportunamente, è possibile eliminare praticamente qualunque sovratensione. Secondo Petersen, il valore ohmico più opportuno della resistenza è:

$$R_0 = (1 \div 2{,}5) \frac{1}{\omega (C_{11} + C_{22} + C_{33})}$$

dove ω è la pulsazione della corrente della rete e C sono le capacità delle tre fasi rispetto alla terra.

I risultati dell'esperienza confermano che, in realtà, la messa a terra del neutro, con resistenza, offre una buona protezione contro le sovratensioni; sussistono, tuttavia, le altre conseguenze dannose di una corrente di terra troppo elevata: rottura dei conduttori, danni agli isolatori, variazioni di tensione dannose nel suolo.

I fenomeni che si manifestano come conseguenze delle correnti di terra troppo elevate sono eliminati quando è eliminata la causa che li provoca. La messa a terra induttiva del neutro raggiunge questo scopo. Infatti, se in una rete in queste condizioni, una delle fasi viene messa a terra, la bobina di induzione, soggetta alla tensione della fase avariata, è percorsa da una

corrente che è in ritardo di 90° con la tensione di fase e, quindi, in opposizione con la corrente di terra. Al punto difettoso si sovrappongono le due correnti e, se la bobina è convenientemente dimensionata, la somma di esse diventa nulla o quasi (fig. 6). La perfetta compensazione della corrente di terra si verifica quando tra l'induttanza L_d della bobina, la capacità C dei tre fili rispetto alla terra (supposta eguale per i tre conduttori) e la pulsazione ω della corrente della rete sussiste la relazione

$$\omega L_d = \frac{1}{3 \omega C}$$

prescindendo, naturalmente, dalla grandezza delle resistenze che entrano in gioco. In realtà, le perdite dovute a queste ultime devono essere compensate da una corrente attiva chiamata

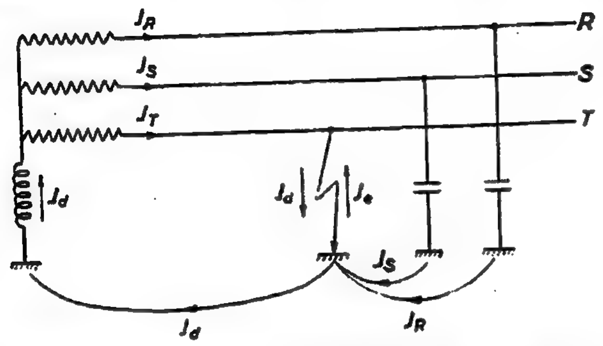


Fig. 6. - Rete trifase protetta, con terra accidentale sulla fase T. Protezione mediante bobina di autoinduzione connessa al neutro.
Jd = Corrente nella bobina.

corrente residua, che permane anche a compensazione perfetta della corrente capacitiva. Il valore della corrente residua varia dal 4 al 15 % del valore della corrente di terra e dipende dal grado di isolamento delle linee, dalla lunghezza di esse, dalla forma della curva di tensione ecc.

Dopo lo spegnimento dell'arco in corrispondenza della messa a terra, sussiste un circuito oscillante, formato dalle capacità delle tre fasi rispetto alla terra e dalla autoinduzione della bobina, il quale oscilla con la frequenza della rete. Le cariche liberate saranno assorbite dalle resistenze del circuito e la tensione agli estremi dalla bobina tende ad annullarsi, mentre la tensione della fase, cresce, oscillando, fino al suo valore normale. La compensazione della corrente di terra porta alle seguenti conseguenze:

1° L'aumento di tensione nelle fasi sane sussiste, ma esso è innocuo per una rete con isolamento buono.

2° La mancata distorsione nel sistema delle correnti capacitive evita difetti di eccitazione nelle macchine e deformazioni dell'onda di tensione nei generatori.

3° Le cadute di tensione dannose nelle adiacenze del punto difettoso non sussistono più.

4° L'arco di terra si spegne subito dopo l'adescamento e non può propagarsi alle fasi sane.

6° Quando si spegne l'arco, le cariche continue superflue scompaiono senza provocare sovratensioni.

7° L'arco non si riadesca più dopo lo spegnimento perchè non sussistono sovratensioni. La rete è liberata dalle terre intermittenti e quindi è ridotto il pericolo di terre doppie.

8° La messa a terra induttiva del punto neutro, come qualunque altra messa a terra, consente alle cariche di scaricarsi a terra; si possono quindi sopprimere, nelle reti con bobina di estinzione, tutti gli apparecchi che hanno lo scopo di favorire il passaggio a terra di tali cariche.

IV. La bobina di estinzione.

La bobina di estinzione può essere collegata al punto neutro di un alternatore o di un trasformatore. Il collegamento al neutro di un alternatore è, possibilmente, da evitare perchè questa macchina è sensibilissima al carico asimmetrico dovuto ad una terra accidentale.

Se la bobina viene connessa ad un trasformatore con collegamenti stella/stella, la potenza monofase passante, in caso di una terra accidentale, provoca, nel nucleo del trasformatore, un flusso magnetico che ha lo stesso senso nelle tre colonne e che, chiudendosi attraverso le parti non laminate, vi provoca delle correnti di Foucault con conseguenti riscaldamenti. Il riscaldamento è assai più energico di quello delle parti laminate. È necessario, pertanto, limitare l'induzione e la potenza della bobina di estinzione.

La limitazione della potenza è imposta anche da un'altra causa. Se la rete non è protetta, il carico di messa a terra si ripartisce su tutti i trasformatori che la alimentano; se uno solo dei trasformatori è messo a terra attraverso ad una bobina, la corrente di quest'ultima passa soltanto nell'avvolgimento di questo trasformatore e, non essendo che in piccola parte compensata dalla corrente di terra, provoca un sovraccarico nella fase guasta (fig. 7). Una durata di carico eguale a due ore è

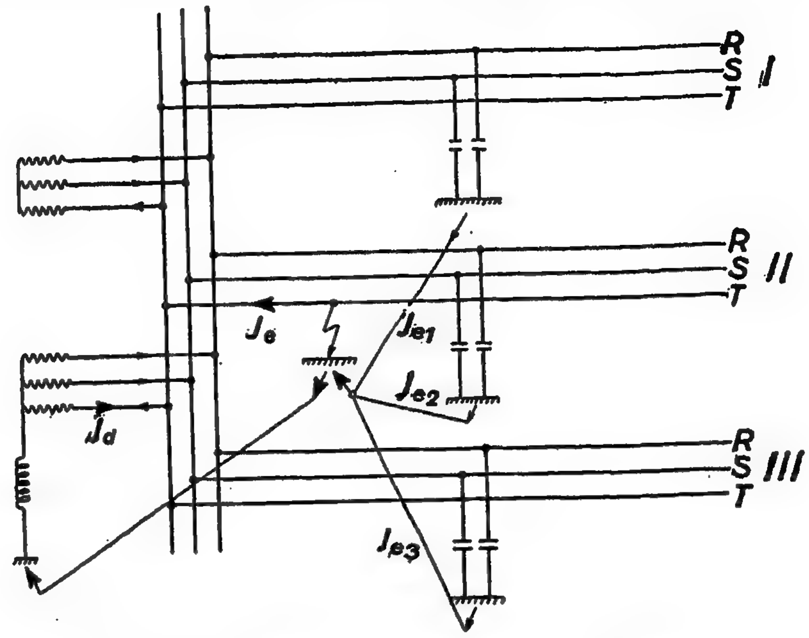


Fig. 7. - Ripartizione della corrente di terra.
J_{e_1}, J_{e_2}, J_{e_3} = Correnti di terra per le linee I, II, III.
J_e = Corrente di terra risultante.
Jd = Corrente della bobina.

ritenuta in generale sufficiente per individuare ed eliminare i difetto verificatosi. In queste condizioni, la potenza della bo bina può raggiungere il 10% della potenza del trasformatore

Lo squilibrio magnetico che ha luogo nel trasformatore cor collegamenti stella/stella viene meno per il collegamento stella triangolo oppure stella/stella con avvolgimento di compen sazione a triangolo. È possibile, quindi, impiegare con quest ultimi collegamenti, delle induttanze di messa a terra d maggior potenza. Questa può raggiungere un valore egual al 20% della potenza del trasformatore.

La potenza della bobina di estinzione è determinata dall tensione di servizio e dalla corrente di terra della rete da pro teggere. Questa corrente è la risultante delle due correnti ca pacitive delle fasi sane ed è espressa da:

$$I_e = 3 \omega C E_p$$

La capacità di un conduttore rispetto alla terra potrà esser calcolata mediante le equazioni di Maxwel; la capacità C d una fase si otterrà da questo valore aggiungendo un coeffi ciente di correzione che tiene conto della capacità dovuta all presenza delle costruzioni messe a terra (pali ecc.). La fig.

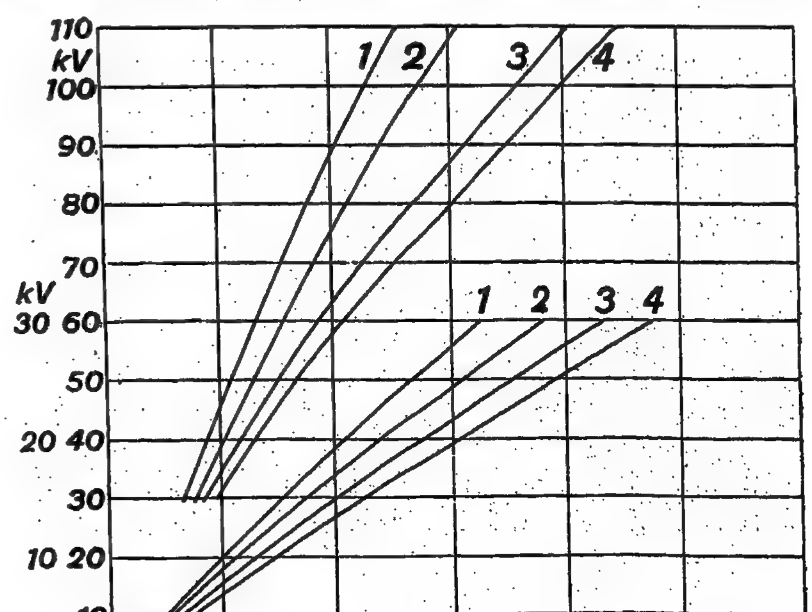


Fig. 8. - Corrente di terra, in A/km, per diverse tensioni di eserciz 50 per/sec.
1 = Linea semplice, senza cavo di protezione.
2 = Linea semplice, senza cavo di protezione.
3 = Linea doppia, senza cavo di protezione.
4 = Linea doppia, con cavo di protezione.

dà direttamente la corrente di terra per 4 linee in funzione della tensione di esercizio e la curva della fig. 9 dà il coefficiente correttivo per i valori così ricavati. Quando il calcolo delle corrente di terra presenta difficoltà, si può ricorrere alla misura diretta: i risultati, però, sono, in generale, notevolmente falsati dall'influenza delle armoniche superiori.

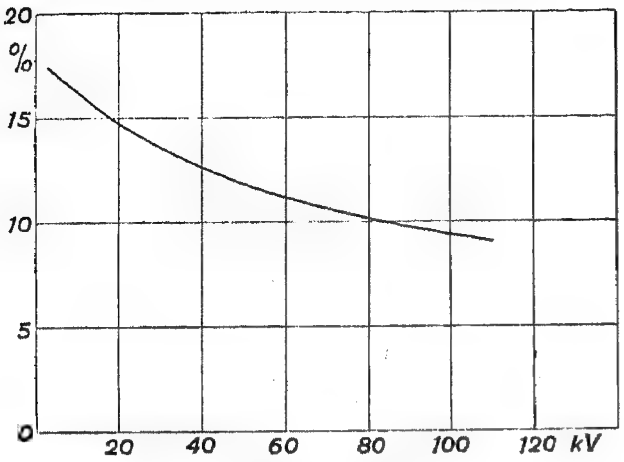


Fig. 9. - Influenza dovuta alle costruzioni messe a terra che si trovano nella vicinanza delle linee. Aumento in % della corrente di terra per delle tensioni di 6 a 110 kV.

Quando l'induttanza della bobina di estinzione è tale che la componente capacitiva della corrente di terra viene compensata esattamente dalla componente induttiva della bobina stessa e non sussiste quindi più che la corrente residua in corrispondenza del punto difettoso, la frequenza propria del circuito oscillante formato dalle capacità rispetto alla terra e dalla induttanza dalla bobina di estinzione è eguale alla frequenza di esercizio. La bobina è quindi accordata « in risonanza ». Se, invece, l'accordo fra la frequenza di esercizio e quella propria del circuito oscillante anzidetto non è realizzato, la compensazione delle correnti reattive non è completa e, nel punto di contatto con la terra, permane una corrente reattiva: induttiva o capacitiva. Questo è ottenuto con una « bobina a dissonanza ».

In generale, la corrente della bobina di estinzione I_d si esprime, in funzione della corrente di terra I_e e del grado di dissonanza ε, con la formula:

$$I_d = I_e \left(1 + \frac{\varepsilon}{100}\right)$$

Il coefficiente ε è nullo per la bobina a risonanza, è positivo o negativo per la bobina a dissonanza.

Agli effetti della protezione delle reti, è preferibile l'impiego di una bobina risonanza oppure a dissonanza?

I risultati degli esperimenti effettuati sopra una rete a 50 kV con corrente di terra eguale a 30 A hanno dimostrato che l'efficacia della bobina a dissonanza è superiore a quella della bobina a risonanza, se il grado di dissonanza è scelto opportunamente. Le fig. 10, 11, 12 e 13 dànno i rilievi fotografici degli

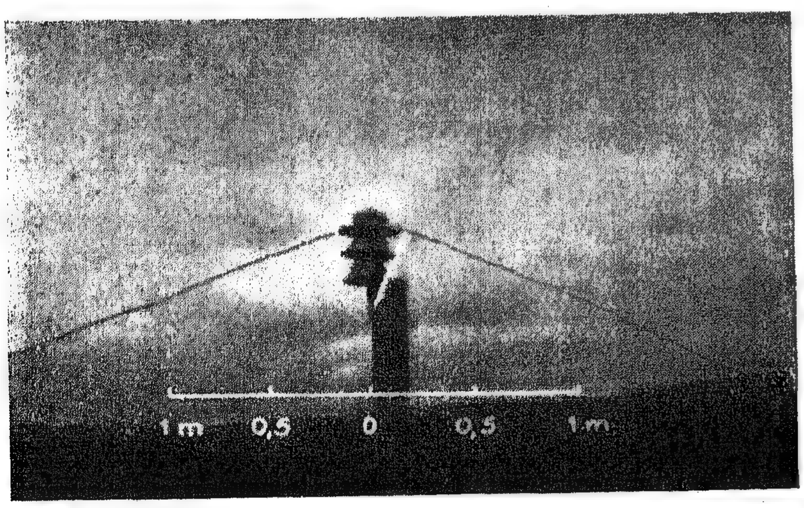


Fig. 10. - Arco di terra per una dissonanza di + 23 % della bobina di estinzione.

archi di terra ottenuti sulla linea sperimentata con una bobina a risonanza oppure a dissonanza con gradi diversi.

Anche il calcolo dimostra che, in alcuni casi, la compensazione a risonanza non è opportuna e questo per le seguenti ragioni:

1° La disposizione dei conduttori di una linea rispetto alla terra non è generalmente simmetrica. Questa asimmetria, in servizio normale, è causa di una elevazione di tensione nel punto neutro della rete non protetta (fig. 14). Dopo l'inserzione della bobina di estinzione, circola in quest'ultima una corrente dovuta alla tensione di asimmetria che provoca una tensione ai

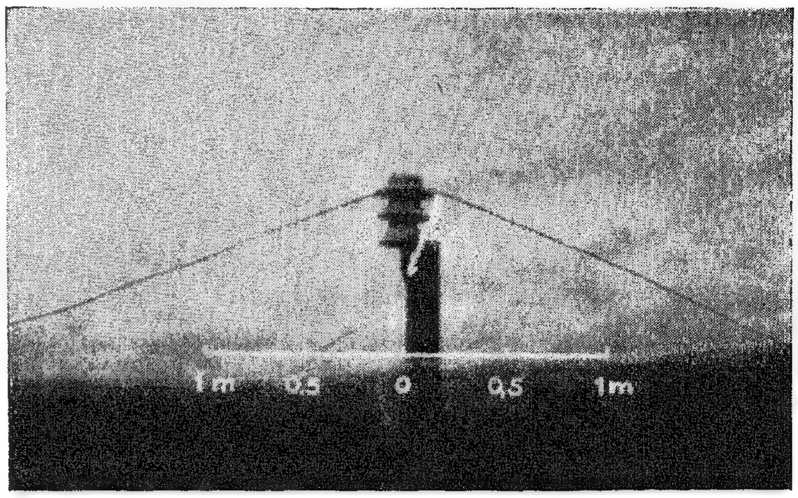


Fig. 11. - Arco di terra per l'accordo in risonanza della bobina di estinzione.

morsetti della bobina. Si dimostra che la tensione del punto neutro rispetto alla terra, che così ha origine, è massima quando la rete asimmetrica è protetta da una bobina a risonanza. Se la bobina è a dissonanza, la tensione del punto neutro della rete

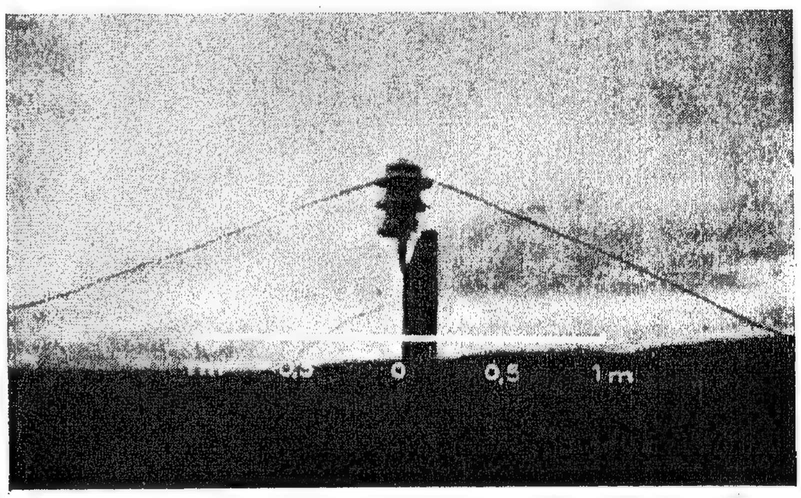


Fig. 12. - Arco di terra per una dissonanza di — 20 % della bobina di estinzione.

protetta E_d è proporzionale direttamente alla tensione E_0 del neutro della rete non protetta ed inversamente al grado di dissonanza:

$$E_d = \frac{100}{\varepsilon} E_0$$

Le curve della fig. 15 dimostrano che basta un piccolo grado di dissonanza per ridurre a valori moderati il potenziale del neutro.

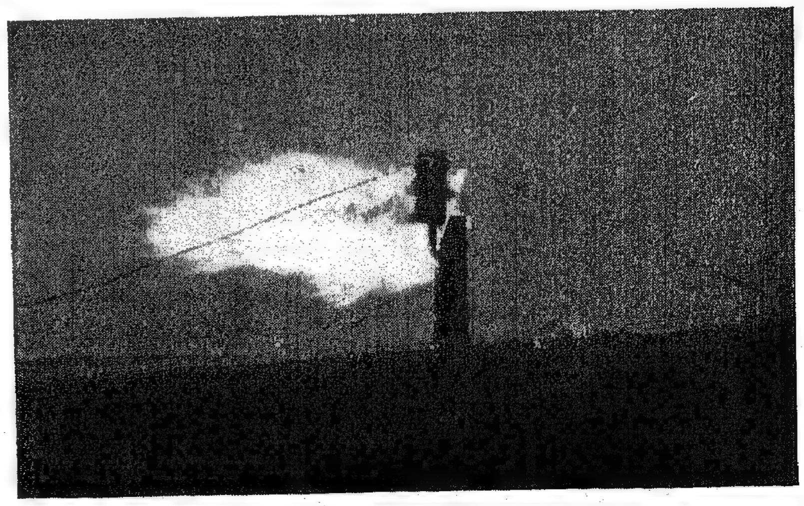


Fig. 13. - Arco di terra per una dissonanza di — 45 % della bobina di estinzione.

2° La tensione che nasce nel punto neutro, all'inserzione della bobina, è influenzata dalle perdite per difetto d'isolamento ed è tanto minore quanto maggiore è il grado di smorzamento *d* della rete. Tale tensione, con bobina a dissonanza, è sempre

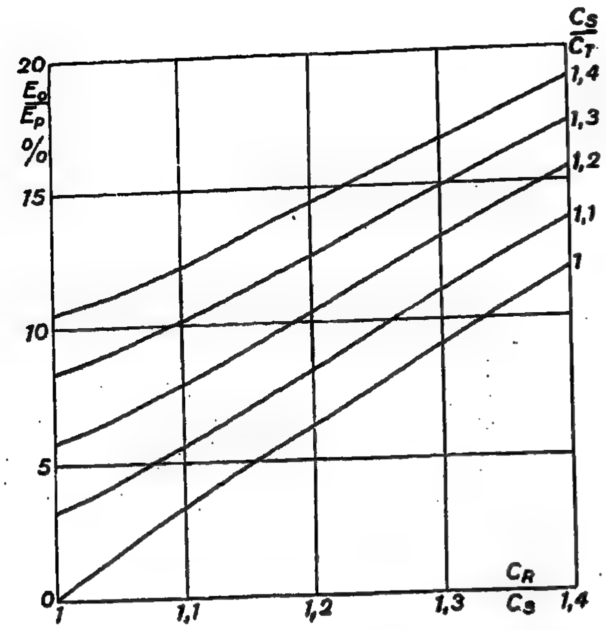


Fig. 14. - Tensione E_0 rispetto alla terra, del neutro di una rete trifase asimmetrica non protetta.

C_R, C_S, C_T = Capacità parziali, rispetto alla terra, delle fasi della rete.

inferiore a quella che si ha con bobina a risonanza ed, a parità di smorzamento, il rapporto fra le due tensioni è tanto più piccolo quanto più grande è, in valore assoluto, il grado di dissonanza (fig. 16).

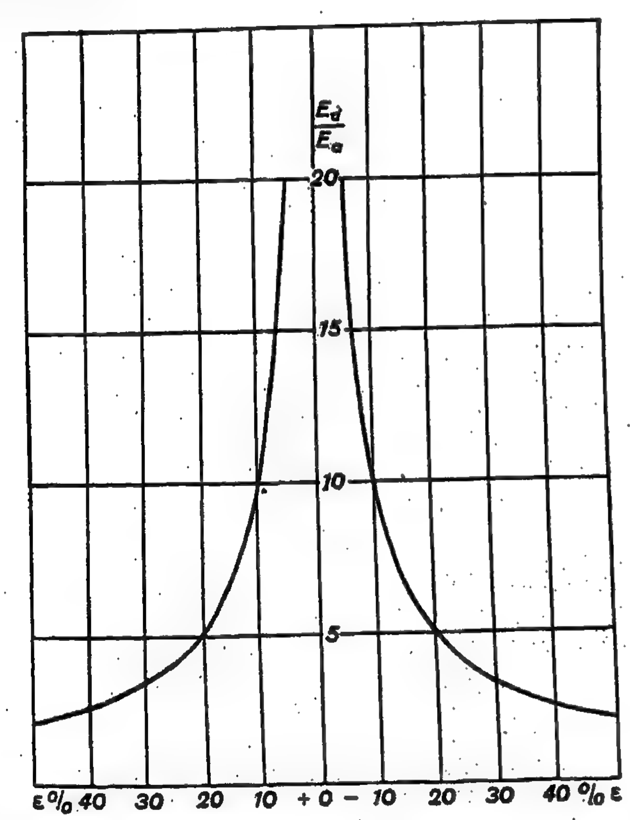


Fig. 15. - Influenza del grado di dissonanza della bobina di estinzione sull'aumento di tensione del punto neutro, in servizio normale.

Ed = Tensione del punto neutro della rete protetta.
E_0 = Tensione del punto neutro della rete non protetta.
ε = Grado di dissonanza della bobina di estinzione.

3° Se due linee sono parallele e portate dalla stessa palificazione, ed una di esse presenta una terra accidentale, il punto neutro dell'altra va soggetto ad un aumento di tensione. Questa sovratensione è dovuta al fatto che il circuito oscillante formato dalla induttanza della bobina e dalla capacità delle tre fasi rispetto alla terra di una delle linee è soggetto alla tensione proveniente dalla seconda rete attraverso le capacità tra fase e fase delle due reti. Il calcolo e l'esperienza dimostrano che l'accordo in dissonanza è atto a ridurre la sovratensione che ne nasce.

4° Nelle reti asimmetriche, le perdite per difetto di isolamento e le perdite nel ferro e nel rame della bobina crescono, in servizio normale, con la tensione al punto neutro. L'accordo in dissonanza è quindi atto a diminuire la grandezza complessiva di tali perdite.

Sul comportamento della bobina di estinzione hanno ancora importanza il segno del grado di dissononza e la curva di saturazione. Non si può affermare a priori se sia preferibile la dissonanza positiva o negativa; occorre esaminare caso per caso qual'è la dissonanza più conveniente per una determinata rete.

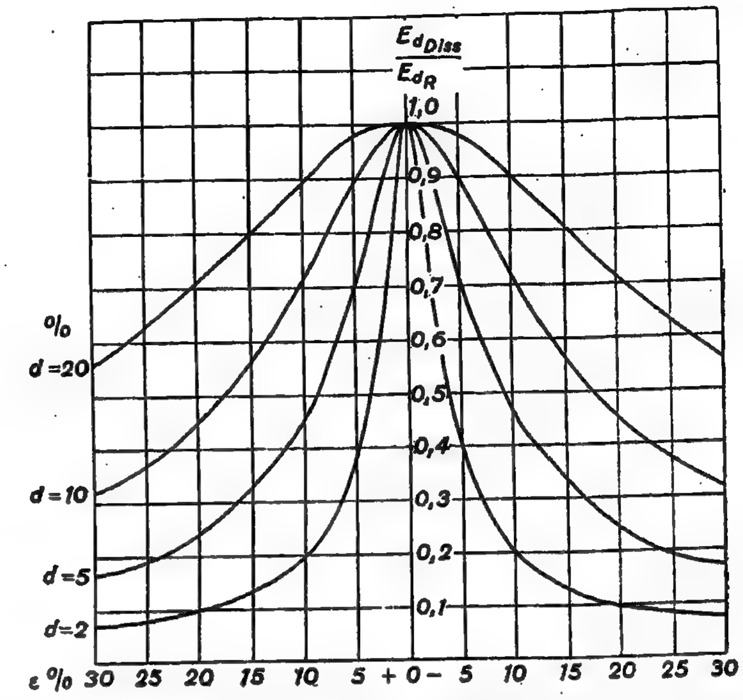


Fig. 16. - Influenza del grado di dissonanza della bobina di estinzione sulla tensione del punto neutro per diversi valori dello smorzamento della rete.

Se la bobina è molto saturata, la sua induttanza cresce con la corrente che l'attraversa; varia quindi durante l'esercizio il grado di dissonanza in modo che un accordo in dissonanza può ricadere in un accordo in risonanza. Si presenterebbero quindi gli inconvenienti che sono proprii a quest'ultimo e si verificherebbero delle forti armoniche superiori nella corrente della bobina che andrebbero ad aumentare la corrente residua nel caso di una messa a terra accidentale. Inoltre, verificandosi cambiamenti di regime nella rete, il funzionamento della bobina può passare da un regime a dissonanza positiva ad uno a dissonanza negativa oscillando intorno all'accordo in risonanza; si possono quindi ripresentare ancora gli inconvenienti di quest'ultimo regime. La superiorità delle bobine di estinzione non saturate rispetto a quelle sature è, pertanto, evidente.

Le caratteristiche di una bobina di estinzione devono essere commisurate a quelle della rete da proteggere. Poichè queste ultime variano coi regimi di servizio che vanno moltiplicandosi coi rapidi progressi della elettrificazione, anche le bobine di estinzione devono offrire le possibilità di adattarsi per la protezione contro le terre accidentali delle reti a lunghezza assai variabile.

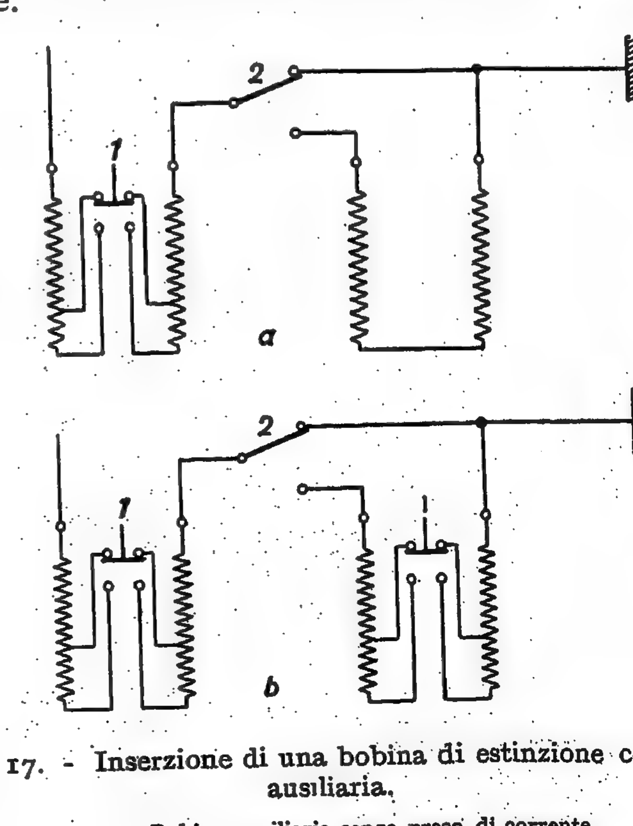


Fig. 17. - Inserzione di una bobina di estinzione con bobina ausiliaria.

a = Bobina ausiliaria senza presa di corrente.
b = Bobina ausiliaria con prese di corrente.
1 = Interruttore a gradini.
2 = Coltello commutatore.

La miglior soluzione tecnica si avrebbe impiegando per ogni tronco della rete una bobina; essa comporta, tuttavia, spese eccessive d'impianto. Per questo, si impiega di solito una bobina soltanto per ciascuna delle parti principali della rete e si provvede la bobina stessa di prese di corrente. Le bobine costruite dalla Brown Boveri sono costituite di due parti in serie fra loro, ciascuna delle quali può essere munita di prese supplementari. Il cambiamento delle connessioni può essere effettuato mediante coltelli commutatori (fig. 17).

La fig. 18 rappresenta una bobina di estinzione a dissonanza. Esternamente essa non differisce da un trasformatore in olio, a raffreddamento naturale. Sono previsti tutti gli accorgimenti per evitare il formarsi di acqua di condensazione nell'interno e per favorire una buona evacuazione del calore. All'occorrenza, le bobine possono essere munite di un avvolgimento secondario per l'alimentazione di istrumenti indicatori o registratori ed apparecchi di segnalazione.

L'inserzione diretta della bobina di estinzione al neutro di un trasformatore non è sempre possibile. Può darsi che la potenza del trasformatore sia insufficiente; è necessario, allora, creare un punto neutro artificiale mediante un apposito trasformatore con avvolgimenti opportunamente scelti. Nel caso di una terra accidentale la asimmetria che ne nasce non va più che ad interessare il trasformatore di punto neutro, mentre il carico del trasformatore della rete rimane simmetrico. La potenza del trasformatore di punto mentre va calcolata in base alla stessa durata di carico della bobina.

d. m.

UN SISTEMA DI COMANDO A DISTANZA A SELETTORI

Revue Brown Boveri, settembre 1930. – E. DE MULINEN.

In questa nota viene descritto un sistema brevettato di comando a distanza, molto semplice, che può interessare i lettori.

Nel sistema si hanno due selettori, uno installato nel posto di comando e l'altro nel posto comandato: ciascuno si compone di un disco sulla cui superficie sono disposti degli anelli e, circolarmente e concentricamente a questi, de' dischetti di contatto, coi quali va successivamente a contatto una spazzola che gira mossa da uno speciale motorino. Ad ogni contatto della spazzola con i dischetti, si chiude un determinato circuito di comando o di segnalazione.

Nel caso semplice della fig. 1 si hanno due interruttori b e b' corrispondenti (b' è interruttore di comando) che sono collegati attraverso i selettori W_1 e W_2 con le spazzole nelle posizioni

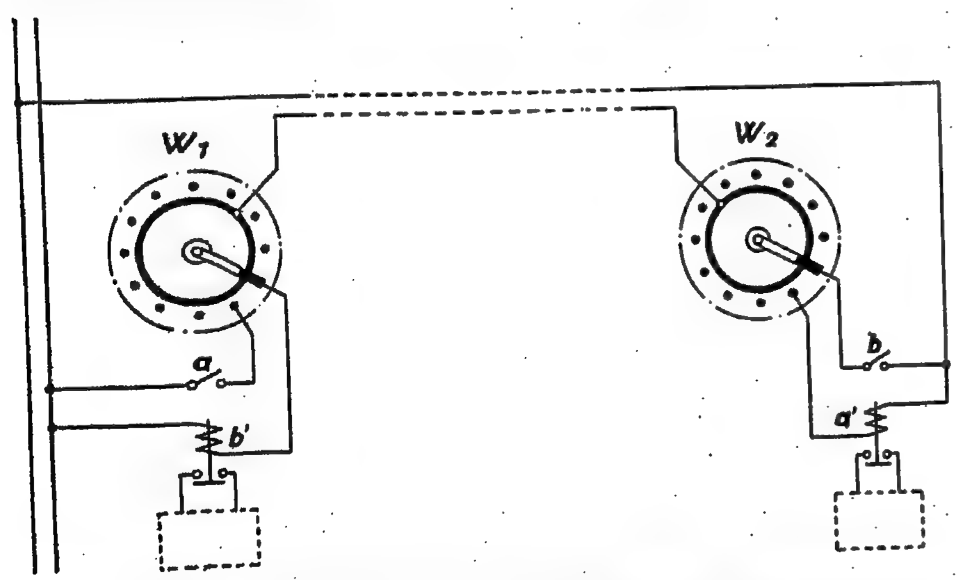


Fig. 1. - Schema di connessione per la formazione di diversi circuiti con due fili e due selettori in movimento sincrono.

W_1 e W_2 = selettori.
a e b = interruttori.
a' e b' = interruttori di comando.

corrispondenti segnate; nella posizione successiva delle spazzole sono invece collegati a e a', anch'essi corrispondenti. La corrispondenza tra i contatti è necessaria e il movimento delle spazzole dev'essere sincrono.

Normalmente il sistema è in riposo ma, per avere la necessaria sicurezza del suo buon funzionamento, si è aggiunto un dispositivo di controllo automatico che verifica periodicamente lo stato del sistema, mettendo in evidenza, nel caso, le irregolarità che esso presenta. Il sistema diventa così semplice e sicuro e può servire a comandare e a controllare a distanza qualunque apparecchio.

Il movimento delle spazzole è dato da un dispositivo che comprende un piccolo motore, conosciuto e provato da molti anni, insensibile alle variazioni di tensione, ma che risente le variazioni di frequenza della corrente ausiliare. Il motore è dato da un rotore bobinato posto tra i poli di un magnete permanente e soggetto ad un movimento oscillatorio risultante dall'azione combinata delle forze di attrazione e repulsione dovute al campo alternativo del rotore e a quello costante del magnete da una parte, e dall'altra dalla forza antagonista di una molla (v. fig. 2).

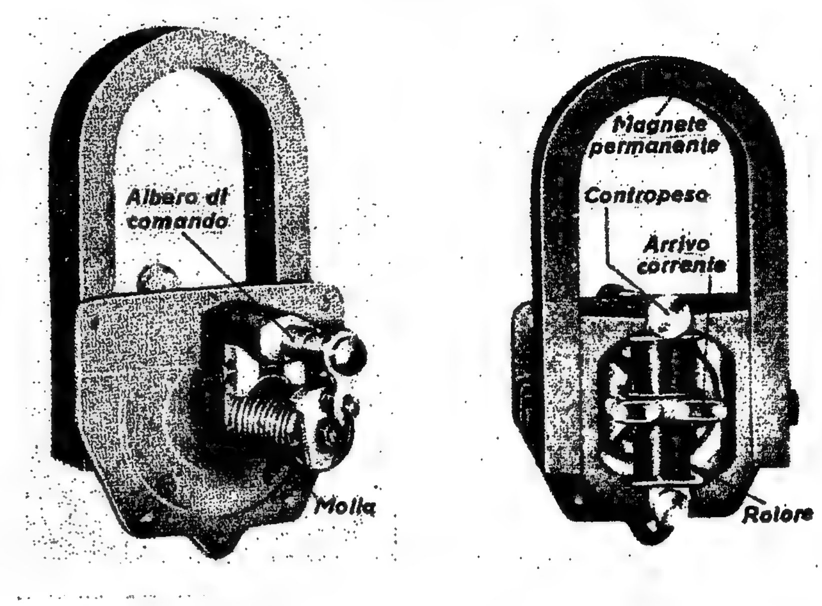


Fig. 2. - Dispositivo di comando con nucleo oscillante.

Il movimento oscillatorio è trasformato in movimento di rotazione a mezzo di un dispositivo che trasmette poi il movimento alle spazzole.

La connessione dei selettori è indicata nella fig. 3: nella fig. 3*a* si ha il sistema in riposo; chiudendo l'interruttore S il sistema si mette in marcia (colla chiusura di S si eccitano i relais R_1 e R_2 e si mettono in moto i dispositivi M_1 e M_2) e si chiudono subito dopo i contatti S_1 e S_2 (fig. 3*b*); contemporaneamente gli interruttori a rotazione K_1 e K_2 aprono il circuito de' relais R_1 e R_2 (fig. 3*c*) ed interrompono il circuito di alimentazione. Se le spazzole B_1 e B_2 si trovano a toccare dischetti corrispondenti de' selettori, gli interruttori K_1 e K_2, mossi da M_1 e M_2, si chiudono, i relais R_1 e R_2 si eccitano e il sistema riprende il suo movimento; se per una qualsiasi ragione una delle spazzole ha anticipato a toccare un dischetto, il suo movimento non è ripreso che quando anche l'altra spazzola ha toccato il dischetto corrispondente. A questo modo si riesce a mantenere sincrono il movimento de' selettori.

Questo modo di funzionare de' selettori non deve naturalmente portare ad un moto troppo lento delle spazzole; queste impiegano un periodo variabile da $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{3}$ di secondo nel passaggio da un dischetto al successivo, che è sufficiente per il funzionamento de' relais e per avere un moto pressochè uniforme.

Quando le spazzole hanno raggiunto la posizione desiderata, bisogna fermarle: a ciò provvede il « relais d'arresto » R_A (v. fig. 4), il quale viene eccitato quando la spazzola è a contatto col dischetto corrispondente al comando o alla segnalazione voluta. L'interruttore S, che è rimasto chiuso fino a che l'operazione voluta si è eseguita, si apre poi subito automaticamente, lasciando il sistema libero e pronto per una nuova operazione.

I due dispositivi, quello di comando e quello di arresto, si devono poter far funzionare anche dal posto comandato, e ciò allo scopo di annunciare quei cambiamenti che avvengono automaticamente. Per questo si ricorre a due relais di messa in moto, indicati con R_M nella fig. 4 e installati uno al posto d comando e l'altro a quello comandato; questi relais collegano, attraverso il conduttore detto di « sincronizzazione », i relais dei selettori ad una delle fasi della corrente ausiliare, bastando così un solo conduttore alla trasmissione di un ordine proveniente tanto dal posto di comando che da quello comandato. Il comando di questi relais viene eseguito con un semplice contattore o con un interruttore di comando, detto « interruttore di comando e di liberazione » perchè libera il sistema anche dopo i cambiamenti che avvengono automaticamente. Basta una rotazione di 90° di questo interruttore di comando perchè si possano svolgere tutte le manovre, messa in moto delle spazzole, loro fermata, trasmissione di ordini, ecc.

Nella fig. 5 si ha lo schema completo di un comando a distanza che ha anche dispositivi di segnalazione.

Si porti per es. l'interruttore di comando dalla posizione di « aperto » a quella di « chiuso »: la linea di alimentazione va sotto tensione (come avveniva nel caso della fig. 3 chiudendo

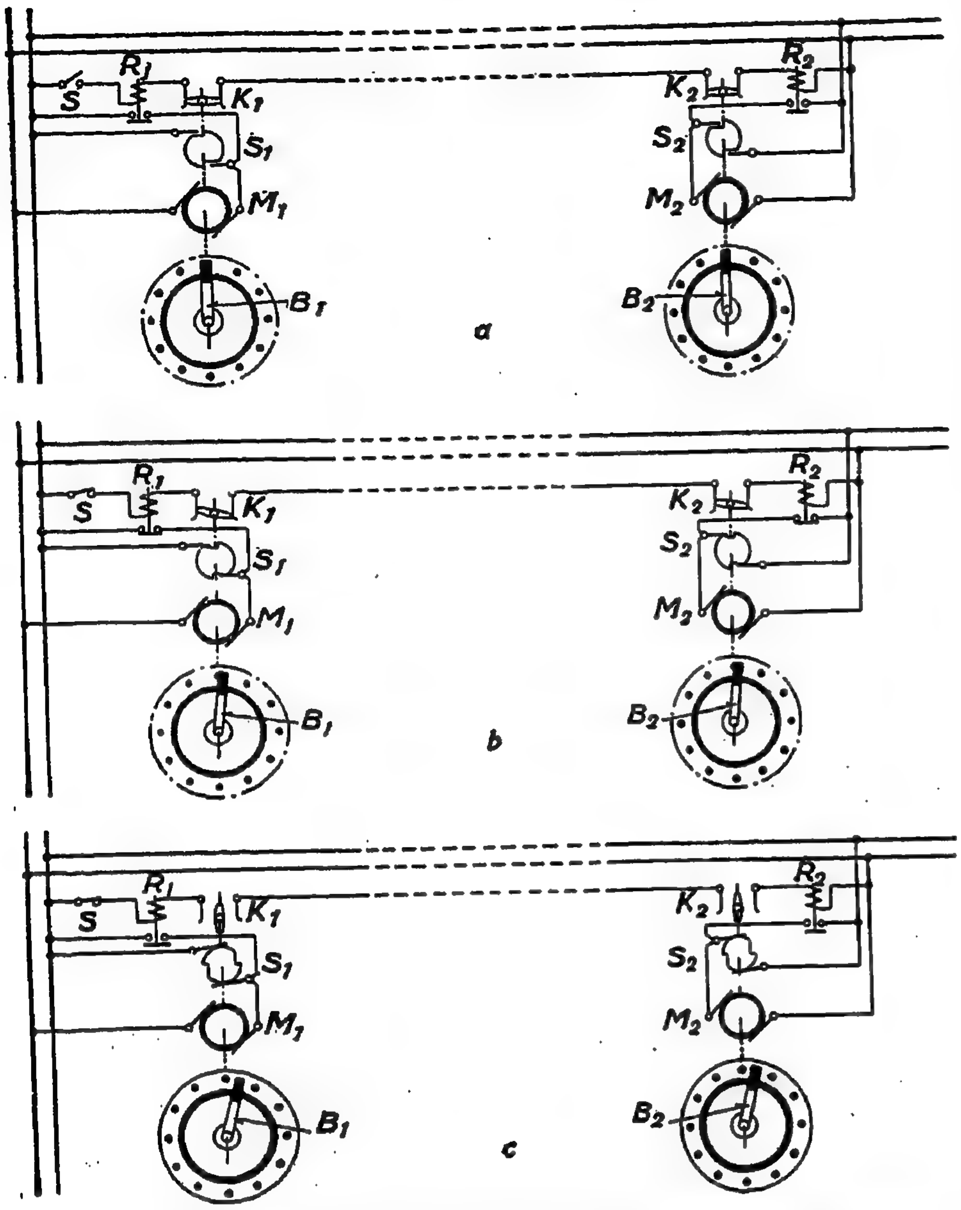


Fig. 3. - Schema per il funzionamento sincrono di un dispositivo di comando a distanza.

a = posizione di riposo; b = alimentazione diretta con la chiusura di contatti S_1 e S_2; c = circuito selettori interrotto dagli interruttori a rotazione K_1 e K_2.

B_1 e B_2 = spazzole.
K_1 e K_2 = interruttori a rotazione.
M_1 e M_2 = dispositivi di comando.
R_1 e R_2 = relais de' selettori.
S_1 e S_2 = contatti.
S = interruttore.

l'interruttore S) e la luce della lampada che segnava « aperto » si mette ad oscillare; si eccita quindi il relais di messa in moto, le spazzole del selettore si mettono a girare e, giunte al dischetto voluto, vengono fermate dal relai d'arresto, messo sotto tensione a mezzo dei contatti dell'interruttore di comando e del relai di segnalazione. Le spazzole riuniscono così l'interruttore di comando e il relai corrispondente all'interruttore da comandare: a seconda della manovra che si vuole eseguire, di inserzione o di disinserzione, si manderà al relai di comando la tensione u e v.

Nella fig. 5 si vede il relai di comando (19) costituito da due bobine, una derivata dalla fase u e l'altra dalla fase v e collegate, mediante un contatto a bilancia, alla linea di collegamento.

Nel sistema di comando rappresentato dalla fig. 5, le spazzole dei selettori chiudono contemporaneamente il circuito di comando ed anche quello di segnalazione, il quale comprende le bobine dei relais di segnalazione e i contatti ausiliari posti sull'albero dell'interruttore di comando; una volta eseguita la operazione desiderata, il relai di segnalazione mette sotto tensione la lampada che indica « chiuso », apre i circuiti de' relais di messa in marcia e di arresto, e lascia liberi i selettori per trasmettere un nuovo ordine. Il cambiamento della luce oscillante in luce fissa viene eseguito a mezzo di contatti disposti sull'albero dell'interruttore di comando; quando si annuncia il cambiamento di una connessione si cerca di avere la lampada di segnalazione corrispondente allacciata alla linea della luce oscillante, la quale richiama facilmente il personale; questi viene a sapere così quale interruttore di comando deve riportare nella posizione corrispondente allo stato dell'interruttore comandato, liberando il sistema. Due ordini simili non possono essere successivi: perchè un relai possa eseguire un ordine uguale a quello eseguito, bisogna che ne riceva ed esegua prima uno contrario.

Molte altre operazioni possono essere eseguite con questo sistema di comando: segnalazione di un cambiamento automatico di connessione, segnalazione di una perturbazione, trasmissione della misura di grandezze. Accenneremo a tutte brevemente.

Quando un interruttore si apre da sè, in seguito ad una causa perturbatrice, a mezzo de' contatti ausiliari posti sul suo albero e i contatti del relai di comando, si mette sotto tensione la linea di alimentazione della stazione comandata e si trasmette la segnalazione alla stazione di comando. Se qui oltre alla segnalazione luminosa si ritiene necessario avere anche una segnalazione acustica, non c'è che da applicare uno speciale relai di segnalazione che, messo sotto tensione, dia una segnalazione luminosa (con luce oscillante) e faccia contemporaneamente funzionare una suoneria: questa può fermarsi subito, mentre l'oscillazione della luce continuerà fino a quando il personale non avrà messo l'interruttore di comando nella posizione corrispondente al nuovo stato dell'interruttore che si è aperto.

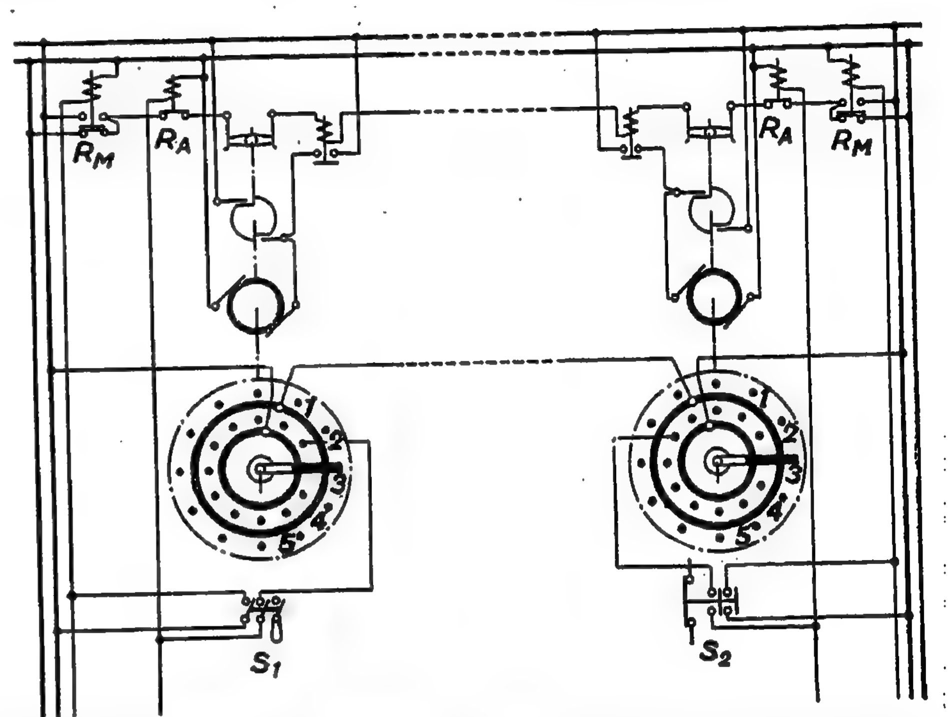


Fig. 4. - Schema collegamento selettori per la messa in marcia e per l'arresto sia dal posto di comando che da quello comandato.

Con questo sistema la segnalazione di un'apertura automatica di un interruttore ha la precedenza su ogni altro comando; i selettori non possono ricevere un ordine nuovo che dopo essere resi liberi dall'ultimo, così diverse segnalazioni che si verificano simultaneamente, vengono registrate successivamente.

La segnalazione di un danno o di un disturbo si trasmetterà come nel caso dell'apertura di un interruttore, e il segnale scomparirà appena cessata la causa perturbatrice.

Per la trasmissione della misura di una grandezza si applica il principio del potenziometro, eliminando così ogni dipendenza dalle variazioni di tensione: all'apparecchio di misura è collegato un tamburo bobinato sul quale striscia una spazzola che divide la resistenza in due parti, secondo la indicazione dell'apparecchio; le tensioni parziali agli estremi delle due parti della resistenza, vengono trasmesse all'apparecchio ricevitore, il cui equipaggio mobile è costituito da due bobine in croce.

Secondo le modificazioni del servizio e le distanze tra il posto di comando e quello comandato, la trasmissione di misure può essere fatta con altri dispositivi più adatti, basati sempre sul principio del potenziometro: l'apparecchio di misura può avere per es. una bobina di compensazione che controbilancia l'effetto della grandezza da misurare, collegata ad un potenziometro automatico che trasmette sulla linea di collegamento una corrente proporzionale alla misura che si vuole trasmettere. La trasmissione della misura di una grandezza con i sistemi accennati, è indipendente dalle variazioni della tensione della corrente ausiliare e dalla lunghezza della linea di collegamento, cioè dalla caduta di tensione; le segnalazioni sono momentanee, che in generale è sufficiente; si possono però fare letture continue ricorrendo ad un sistema indipendente con speciali selettori e con tre fili di collegamento in più e con questo si giunge a avere la lettura continua persino di 18 apparecchi.

Il sistema, come già detto, è normalmente in riposo, per assicurarne il buon funzionamento, lo si è provveduto di

orologio (v. fig. 5) che lascia fare, per es. ogni ora, un giro completo ai selettori: se un difetto è nelle linee di collegamento o nei selettori, viene subito avvertito il personale con una doppia segnalazione, acustica e luminosa.

Termina la nota con un accenno alla disposizione che in generale hanno gli apparecchi e le linee di collegamento del sistema di comando a distanza: selettore del posto di comando e relais per il selettore in un quadro unico, relais generali di comando in un quadro a parte con coperchio speciale a tenuta di polvere, selettore e relais comuni del posto comandato in un quadro unico, i relais di comando insieme coi dispositivi di comando degli interruttori. Per dare al personale una veduta d'insieme dello stato dell'impianto, si consiglia l'uso di un quadro luminoso disposto in vicinanza de' quadri di comando e in modo che sia facilmente visibile durante le manovre.

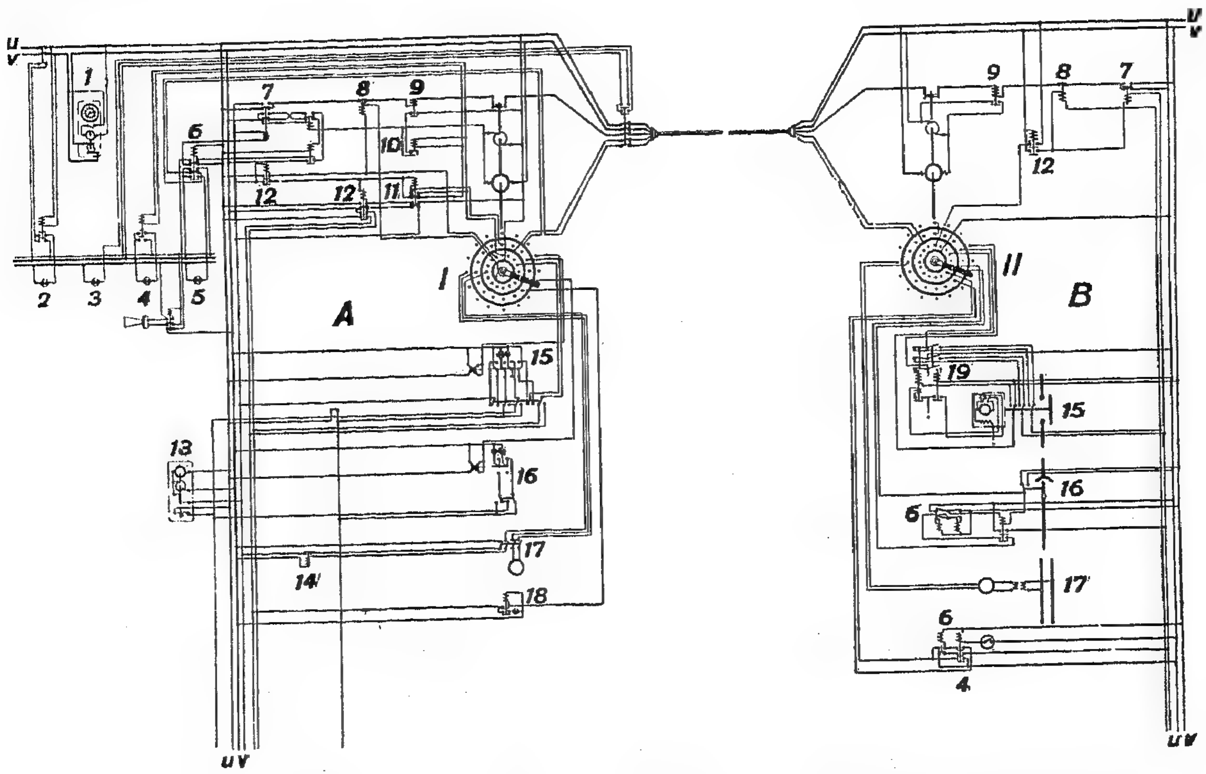


Fig. 5. - Schema completo di comando a distanza con dispositivo di segnalazione.

A = posto di comando; B = posto comandato; I e II = selettori.

1 = orologio di controllo; 2 = segnal. tensione nulla; 3 = max corrente; 4 = allarme; 5 = segnalazione; 6 = relai di segnal.; 7 = relai di avviamento; 8 = relai di arresto; 9 = relai del selettore; 10 = relai ausiliare d'arresto; 11 = relai di controllo del moto sincrono; 12 = relai di tensione nulla; 13 = relai per luce oscillante; 14 = relai d'arresto per gli strumenti; 15 = comando e segnal. di interruttori; 16 = Segnalazione di un sezionatore; 17 = misura; 18 = segnalazione d'allarme; 19 = relai di comando.

Può talvolta mancare la corrente ausiliare, ed allora interviene subito un relai a tensione zero che ferma tutto il sistema; al ritorno della corrente sarà bene procedere ad una prova preliminare de' selettori e delle linee prima di rendere libero il sistema di funzionamento.

La corrente che alimenta questi sistemi di comando è prevista monofase a 110 V o a 220 V, essendo queste tensioni piuttosto diffuse. Possono talvolta queste tensioni, anche per un caso non accidentale, aumentare notevolmente in tutte e due le stazioni: si è obbligati in tali condizioni a stabilire i collegamenti tra le due stazioni con trasformatori, il che è facile coll'uso di corrente alternata. I collegamenti variano per i relais dei selettori come è indicato nella fig. 6, mentre il funzionamento resta lo stesso.

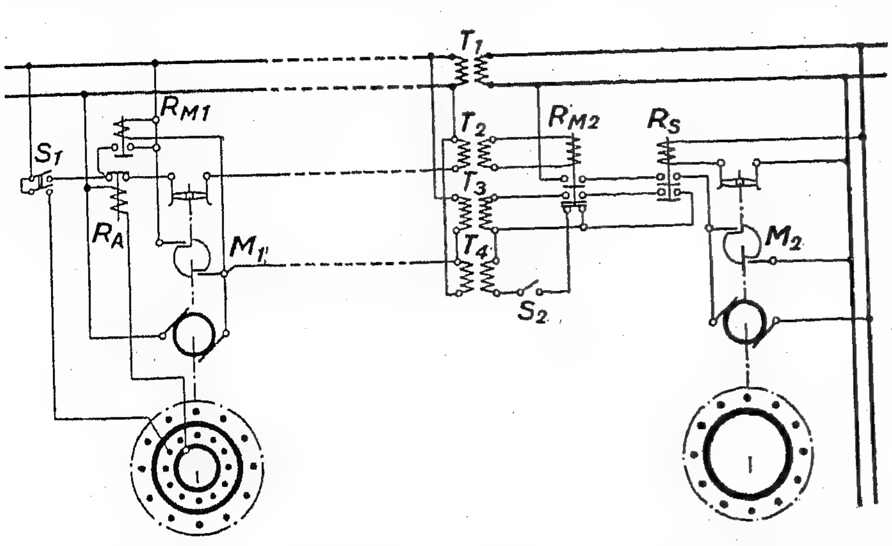


Fig. 6. - Comando a distanza con trasformatori di collegamento.

M_1, M_2 = comandi; R_{M_1}, R_{M_2} = relais di messa in marcia; R_A = relai d'arresto; R_S = relais dei selettori; S_1, S_2 = interruttori; T_1, T_2, T_3, T_4 = trasformatori di isolamento.

I sistemi di comando a distanza sono difesi dalle sovratensioni e dalle sovracorrenti con appropriate protezioni: la loro segnalazione è doppia, acustica e luminosa; il collegamento tra le due stazioni richiede in questo caso 5 conduttori, uno per il comando, uno per la segnalazione, uno per la sincronizzazione de' selettori e infine due fili che servono a rendere il sistema indipendente dalle sorgenti di correnti ausiliarie.

Sono infine illustrati due posti di comando, uno per la stazione di raddrizzatori di Hallbach, uno della Centrale di Sydney Street a Newcastle (Australia) che comanda 5 sottostazioni, ciascuna con 6÷30 interruttori. Non essendo previsti apparecchi di misura nell'ultimo impianto, si sono potuti semplificare i collegamenti riducendo a tre i fili necessari per il comando e la segnalazione, anche per il caso del comando di due sottostazioni in serie.

F. J.

SOSTITUZIONE ECONOMICA DI PALI DI LEGNO CON PALI IN CEMENTO ARMATO CENTRIFUGATO SENZA NUOVI INVESTIMENTI DI CAPITALI

Elektrizitätswirtschaft N. 510, 1930. – PROF. DOTT. ING. A. KLEINLÖGEL.

L'A. dimostra che impiegando dei pali in cemento armato centrifugato si può eseguire una graduale sostituzione dei pali di legno di una rete di linee elettriche a 10, 15 e 20 kV senza che le spese da sostenersi annualmente siano maggiori di quelle necessarie per la manutenzione delle linee con i comuni mezzi in uso.

Anzi dimostra, riferendosi agli impianti in Germania, che con tale sistema le spese di manutenzione possono ridursi annualmente sempre più.

La introduzione di buone e tecnicamente adatte novità incontra in generale delle difficoltà, dovute principalmente ad un non esauriente esame dell'intero problema, ma solo delle maggiori spese d'acquisto del materiale.

Il problema dell'eliminazione dei pali di legno con altri tipi di pali di maggiore durata e maggiore resistenza è della massima importanza. Difatti è noto che nessun mezzo è riuscito prati-

camente adatto per aumentare corrispondentemente la durata dei pali di legno, mantenendo intatta la loro resistenza.

Si ritenne di aver trovata la soluzione di questo problema quando circa 20 anni fa si iniziò la costruzione dei primi pali in cemento armato, ma ben presto si dovette riconoscere che questi pali non erano e non sono adatti per lo scopo prefisso.

La tecnica del cemento armato ha però fatto notevoli progressi con la centrifugazione ed attualmente si costruiscono dei pali in cemento armato centrifugato, leggeri, di facile trasporto e posa in opera, i quali rappresentano un ottimo sostituto del palo di legno.

Il calcolo di confronto viene fatto considerando una rete di 4000 km di linee con tre conduttori rame da 25 mm^2 ed isolatori fissi in opera con pali di legno e con campate di 60 m.

Si trascurano i pali speciali per attraversamenti i quali devono già essere costruiti in ferro o cemento armato o cemento armato centrifugato, in base alle norme vigenti e che perciò non devono essere sostituiti.

Ammettendo un palo rompitratta (angoli ecc.) ogni km tale rete è costituita da 63.000 pali di legno normali e da 4000 pali rompitratta pure di legno con puntone.

Si ammette che la durata media dei pali di legno sia di 15 anni, però che una parte di essi possa resistere anche fino a 25 anni, tenendo conto del contributo di maggiore resistenza dovuto all'introduzione dei pali robusti in cemento armato centrifugato.

La graduale sostituzione dei pali di legno con pali in c. a. c. è prevista in 25 anni.

Le spese annue per la manutenzione di una palificazione di legno sono:

a) Spesa per la sostituzione dei pali di legno. Per l'intera rete la spesa è di 490.000 RM ammettendo:

1) Palo rompitratta comprese perdite di rame e isolatori .... RM 258.—

2) Palo normale comprese perdite di rame e isolatori .... » 100.—

b) Spese generali di esercizio, sorveglianza ecc. corrispondenti a circa (2,5 ÷ 3) % della spesa dell'impianto dell'intera rete, corrispondente per palo a .... » 4.50

e per l'intera rete RM 300.000.—

Tabella I - PROGRAMMA DI SOSTITUZIONE GRADUALE DI PALI DI LEGNO CON PALI IN CEMENTO ARMATO CENTRIFUGATO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Anni	Quantitativi di pali in cemento armato centrifugato da acquistare annualmente		Tesatura dei condutt.	Quantitativi dei rimanenti pali legno in opera	Quantitativo totale dei pali in c. a. c. in opera	Costo dei pali rompitratta in c. a. c. in opera	Costo dei pali normali in c. a. c. in opera	Costo tesatura conduttori	Totale spese annuali col. 7+8+9	Spese annuali d'esercizio per i pali di legno (RM 4,50 per palo)	Spese annuali d'esercizio per i pali in c. a. c. (RM 3 per palo)	Totale spese annue d'esercizio (col. 11 + 12)	Totale spese annue per sostituzione pali e esercizio (col. 10+13)	Risparmio annuo rispetto alla palificazione legno
	pali rompitratta N.	pali normali N.	km	N.	N.	10^3 RM	10^3 RM	10^3 RM	10^3 RM	10^3 RM	10^3 RM	10^3 RM	10^3 RM	10^3 RM
1	270	1.150	—	65.580	1.420	193,—	287,50	—	1)480,50	295,—	4,30	2)299,30	3)779,80	10,20
2	270	1.150	—	64.160	2.840	193,—	287,50	—	480,50	290,—	8,50	298,50	779,—	11,—
3	270	1.150	—	62.740	4.260	193,—	287,50	—	480,50	282,—	12,80	294,80	775,30	14,70
4	270	1.150	—	61.320	5.680	193,—	287,50	—	480,50	256,—	17,—	293,—	773,50	16,50
5	270	1.150	—	59.900	7.100	193,—	287,50	—	480,50	270,—	21,30	291,30	771,80	18,20
6	270	1.065	25	58.330	8.435	193,—	266,25	8,75	468,—	263,—	25,30	288,30	756,30	33,70
7	270	1.030	50	56.640	9.735	193,—	257,50	17,50	468,—	255,—	29,20	284,20	752,20	37,80
8	270	995	75	54.755	11.000	193,—	248,75	26,25	468,—	247,—	33,—	280,—	748,—	42,—
9	270	960	100	52,695	12.230	193,—	240,—	25,—	468,—	238,—	36,80	274,20	742,80	47,20
10	270	960	100	50.635	13.460	193,—	240,—	35,—	468,—	229,—	40,50	269,50	737,50	52,50
11	270	895	125	48.830	14.625	193,—	223,75	43,75	460,50	220,—	44,—	264,—	724,50	65,50
12	270	860	150	45.955	15.755	193,—	215,—	52,50	360,50	207,—	47,—	254,—	714,50	75,50
13	270	825	175	43.410	16.850	193,—	206,25	61,25	460,50	195,—	50,50	245,50	706,—	84,—
14	270	790	200	40.690	17.910	193,—	197,50	70,—	460,50	183,—	53,50	236,50	697,—	93,—
15	220	935	200	37.875	19.065	157,—	233,75	70,—	460,75	170,—	57,—	227,—	687,75	102,25
16	—	1.563	200	34.652	20.628	—	390,75	70,—	460,75	156,—	62,—	218,—	678,75	111,25
17	—	1.562	200	31.430	22.190	—	390.50	70,—	460,50	141,—	66,50	207,50	668,50	121,50
18	—	1.420	300	27.520	23.610	—	355,—	105,—	460,—	124,—	71,—	195,—	655,—	135,—
19	—	1.420	300	23.555	25.030	—	355,—	105,—	460,—	106,—	75,—	181,—	641,—	149,—
20	—	1.420	300	19.590	26.540	—	355,—	105,—	460,—	88,—	79,30	167,30	627,30	162,70
21	—	1.420	300	15.625	27.870	—	355,—	105,—	460,—	70,—	83,50	153,50	613,50	176,50
22	—	1.420	300	11.620	29.290	—	355,—	105,—	460,—	52,—	88,—	140,—	600,—	119,—
23	—	1.410	300	7.665	30.700	—	352,50	105,—	457,50	34,—	92,—	126,30	583,50	206,70
24	—	1.400	300	3.720	32.100	—	350,—	105,—	455,—	17,—	96,—	113,—	568,—	222,—
25	—	1.400	300	—	33.500	—	350,—	105,—	455,—	—	100,—	100,—	555,—	235,—
—	4000	29.500	4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.336.50	2413,70

1) In confronto di 490-10^3 RM annue per pura palificazione leg. — 2) In confronto di 300-10^3 RM per pura palificazione legno. 3) In confronto di 790-10^3 RM per pura palificazione legno. — Spese correnti d'esercizio sopo 25 anni, RM 100.000. — Totale risparmi annui dopo 25 anni, RM 690.000.

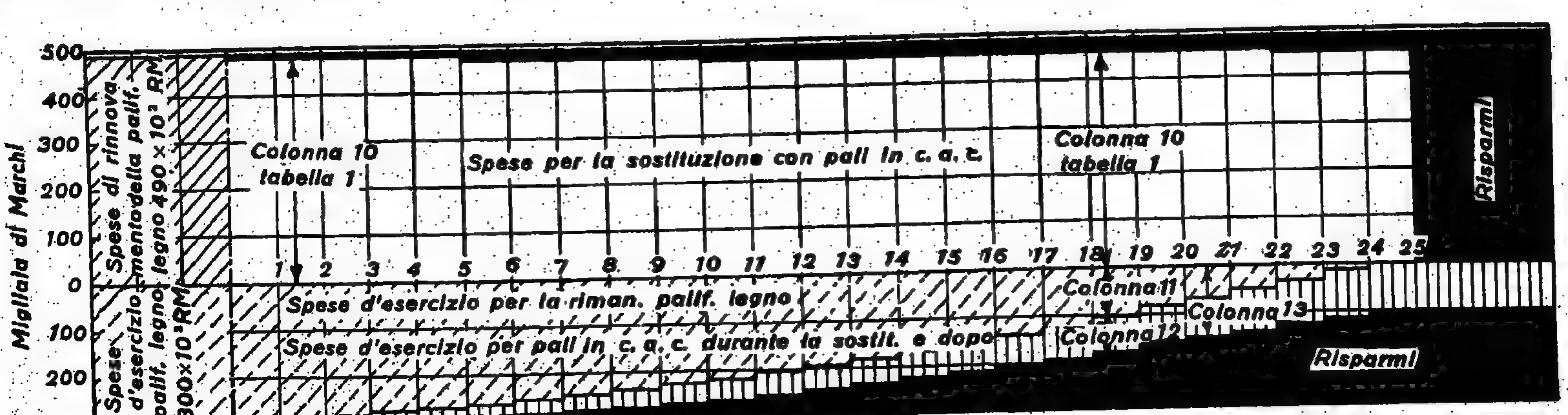


Fig. 1.

I pali di cemento armato centrifugato sono calcolati per una campata di 120 m ossia doppia di quella dei pali di legno e si assumono i seguenti prezzi:

a) Palo rompitratta e d'angolo, prezzo medio..	RM	714.—
b) Palo normale	»	250.—

Si tiene inoltre presente che in un primo tempo i conduttori devono essere fissati alla stessa altezza come sui pali di legno e solo quando un tronco è costituito esclusivamente da pali in c.a.c. si devono alzare i conduttori, con una conseguente maggiore spesa.

Le spese di tesatura sono perciò:

Tesatura di 1 km di linea, nella posizione adottata per i pali in c.a.c. al km	RM	300.—
Perdita di rame, rottura isolatori, in corrispondenza dei pali in cemento armato centrifugato	»	116.—
Perdita di rame, rottura isolatori in corrispondenza dei pali di legno superflui	»	42.—
Totale	RM	458.—
Abbuono per isolatori rimasti esuberanti, considerando 15% di rotture ed un prezzo corrispondente al 75% del loro valore	RM	108.—
Costo di tesatura	RM	350.—

Il piano di sostituzione risulta dalla Tabella I dalla quale si deduce che le spese generali di manutenzione e d'esercizio di RM 790.000 per la palificazione di legno diventano annualmente minori, mentre dopo 25 anni non si hanno più spese di manutenzione ma solo 100.000 RM annui di spese di esercizio, sorveglianza ecc.

Nella col. 15 sono indicati i risparmi annui i quali aumentano annualmente fino a RM 235.000 nel 25° anno, e di 690.000 RM dal 26° anno.

Questo programma e i risparmi sono riassunti nel diagramma fig. 1 il quale riassume e dimostra più chiaramente i dati della tabella 1.

Aggiungasi che le ipotesi assunte sono certamente più sfavorevoli delle reali, inquantochè la durata massima dei pali di legno difficilmente potrà essere superiore ai 20 anni, nel qual caso i risparmi riescono ancora maggiori.

Lo studio completo pubblicato dall'A. è certamente molto interessante e nel mentre dimostra che la sostituzione graduale dei pali di legno con pali in c.a.c. rappresenta una soluzione economicamente vantaggiosa, richiama l'attenzione sulla opportunità di studiare per ogni rete tale programma tenendo conto dello stato in cui si trovano i singoli impianti e dei coefficienti di spesa risultanti dall'esperienza e dalle condizioni locali.

Il notevole vantaggio tecnico ed economico che si ottiene sostituendo i pali di legno con pali in cemento armato centrifugato merita un tale studio dettagliato.

RASSEGNA TECNICA

a)

UN PROBLEMA DI IDRAULICA

Schweizerische Bauzeitung, 27 settembre 1930. – W. SOLOMAN.

Premesse.

È noto che le paratoie automatiche sono soggette in alcuni casi a delle oscillazioni pendolari che ne pregiudicano il regolare funzionamento. Si è constatato tra l'altro che paratoie identiche poste in condizioni poco diverse, hanno avuto dei comportamenti differentissimi: mentre alcune hanno pienamente risposto allo scopo cui erano destinate, altre invece hanno avuto un comportamento incompatibile colle esigenze del servizio.

Nel presente studio l'Autore ha cercato di semplificare la soluzione analitica del problema, stabilendo una relazione tra gli spostamenti del galleggiante pilota di una paratoia automatica e le variazioni di livello del pelo d'acqua a monte della luce delle paratoie stesse.

Impostazione del problema.

Si consideri (fig. 1) un corso d'acqua o canale sbarrato da una paratoia automatica la quale ha il compito di mantenere possibilmente costante il livello dell'acqua a monte. Lateralmente si

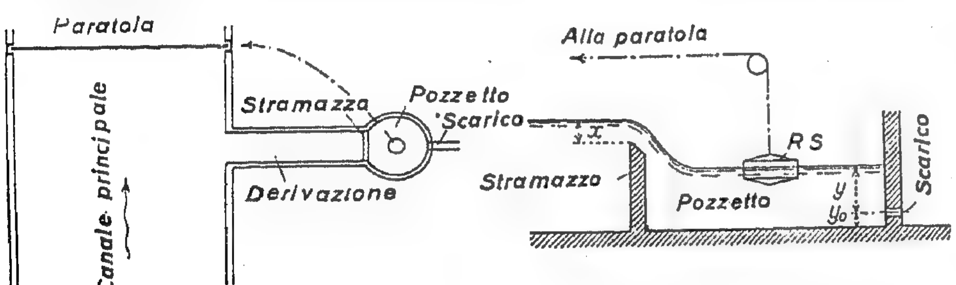


Fig. 1.

stacca da questo canale una derivazione munita di uno stramazzo a parete sottile che immette in un pozzetto a sezione costante F nel quale si trova il galleggiante pilota $R\ S$. Da questo pozzetto l'acqua si scarica attraverso un orifizio il cui asse si trova ad una altezza y_0 dal fondo del pozzetto.

Si supponga che nel canale principale, a paratoie abbassate, arrivi temporaneamente una portata costante di Q m³/sec. Questa avrà per effetto di sopraelevare il livello a monte delle paratoie e, dopo un certo tempo t, il pelo d'acqua raggiungerà la soglia dello stramazzo e lo sorpasserà di una altezza x_s. In modo generico sarà dunque

$$x_s = \varphi\,(t) \tag{1}$$

dove t è il tempo e φ è una funzione che dipende dalle caratteristiche dello stramazzo e del canale. Questa funzione verrà determinata una volta tanto o sperimentalmente oppure analiticamente in base alle caratteristiche dell'impianto. Converrà allora tracciare graficamente la funzione (1) ponendo come condizioni iniziali

$$x = x_0 \quad \text{per} \quad t = t_0$$

(t_0 potrà essere nullo se già trovasi acqua nel pozzetto del galleggiante fino ad una altezza y_0 dal fondo).

Appena il pelo d'acqua nel pozzetto avrà superata la quota y_0 uscirà dall'orifizio di scarico una portata

$$Q_y = \mu_1\, \gamma \sqrt{2 g\, y} \tag{2}$$

dove μ_1 = coefficiente di efflusso,
f = sezione dell'orifizio di scarico,
y = battente sullo scarico.

A questo punto, sopraelevandosi il pelo d'acqua nel pozzetto, si sposta il galleggiante pilota che comanda le paratoie. A noi occorre quindi di stabilire la relazione che lega x e y. Gia conosciamo l'andamento di x in funzione di t, bisognerà quindi trovare la relazione che intercorre fra il sopraelevamento y e la stessa variabile t.

Risoluzione analitica del problema.

1) Se la velocità di arrivo dell'acqua è trascurabile, allora si potrà porre

$$\frac{2}{3}\,\mu\, b\, x_s \sqrt{2g\, x_s} = \mu_1\, f \sqrt{2g\, y_s} \tag{3*}$$

e per il principio della continuità

$$F dy = \left\{ \frac{2}{3}\,\mu\, b \sqrt{2g}\; x^{3/2} - \mu_1\, F \sqrt{2g}\; y^{1/2} \right\} dt \tag{4*}$$

dove η e b sono le costanti dello stramazzo.

2) Se la velocità d'arrivo dell'acqua è invece $c_0 \neq 0$ allora si avrà più genericamebte

$$\frac{2}{3}\,\mu\, b \sqrt{2g} \left[\left(x_s + \frac{c_0^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{c_0^2}{2g} \right)^{3/2} \right] = \mu_1\, f \sqrt{2g\, y_s} \tag{3}$$

e per il principio della continuità si avrà

$$F dy = \left\{ \frac{2}{3}\,\mu\, b \sqrt{2g} \left[\left(x + \frac{c_0^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{c_0^2}{2g} \right)^{3/2} \right] - \mu_1 f \sqrt{2g}\, y^{1/2} \right\} dt \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Questa sarà l'espressione più generica che lega x con y e che si tratterà di integrare.

A tale scopo dovremo considerare due intervalli della funzione:

a) Per l'intervallo $0 > t > t_0$ ossia finchè l'acqua non avrà raggiunto l'orifizio ello scarico del pozzetto del galleggiante pilota la (4) diventerà

$$F dy = 2/3\,\mu\, b \sqrt{2g} \left[\left(x + \frac{c_0^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{c_0^2}{2g} \right)^{3/2} \right] dt \tag{5}$$

Combinando questa colla (1) (ove φ è nota) si avrà

$$F Y = 2/3\,\mu\, b \sqrt{2g} \int_{t=0}^{t=t} \left[\left(\varphi\,(t) + \frac{c_0^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{c_0^2}{2g} \right)^{3/2} \right] dt \tag{6}$$

dove $Y = Y_0 - y$ e $Y = Y_0$ per $t = t_0$.

Questa espressione è facilmente integrabile e quindi il problema analitico nell'intervallo considerato può dirsi risolto.

b) Per l'intervallo $t > t_0$ $x > x_0$ si tratta di integrare l'espressione più generica (4) ossia la

$$F g y = \left\{ \frac{2}{3}\,\mu\, b \sqrt{2g} \left[\left(x + \frac{c_0^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{c_0}{2g} \right)^{3/2} \right] - \mu_1 f \sqrt{2g}\, y^{1/2} \right\} dt \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

A tale scopo si ponga

$$\frac{2/3\,\mu\, b \sqrt{2g}}{F} = -2\,A \qquad \text{dove } A < 0$$

$$\frac{2/3\,\mu\, b \sqrt{2g}}{F}\,\frac{c_0^2}{2g} = 2\,C \qquad \text{»} \quad C > 0$$

$$\frac{\mu_1\, f \sqrt{2g}}{F} = 2\,B \qquad \text{»} \quad B > 0$$

Inoltre si ponga

$$\left(x + \frac{c_0^2}{2g}\right)^{1/2} = Z \qquad (7)$$

e si consideri la Z come nuova variabile indipendente. Sarà dunque

$$Z = (\psi)\, t \qquad (7^*)$$

Si ponga ancora $y = u^2$.

Sostituendo queste posizioni nella (4) ed effettuando opportuni passaggi si ottiene la espressione seguente

$$u\, du + \left\{ A\, [\psi\,(t)]^3 + C + Bu \right\} dt = 0 \qquad (9)$$

È facile notare che questa è un caso particolare della equazione differenziale classica di Eulero

$$u\, du + [P\,(t) + Q\,(t)\, u]\, dt = 0 \qquad (10)$$

dove si ponga

$$Q\,(t) = B = \text{costante}$$

L'integrazione della (9) è facilmente possibile solo se la funzione ψ è semplice. In caso contrario questa integrazione non può offrire interesse altro che ai matematici.

Per l'integrazione si possono seguire due metodi che portano però allo stesso risultato.

1) *Metodo Abel.*

Si ricorre alla ricerca di un moltiplicatore della forma

$$\iota^r \ (u,\ t)$$

dove

$$r = \alpha\,(t) + \alpha_1\,(t)\, u + \alpha_2\,(t)\, u^2 \ldots\ \alpha_n\,(t)\, z^n.$$

e dove $n > 0$ è un numero intero e $\alpha_1\,(t)$ sono delle funzioni incognite determinabili colle $(n+2)$ identità seguenti

$$\frac{d\,(e^r\, u)}{dt} \equiv \frac{d\, \left\{e^r\, [A\, \{\psi\,(t)\}^3 + C + Bu]\right\}}{du}$$

ossia colle

$$u\, \frac{dr}{dt} - [A\, \{\psi\,(t)\}^3 + C + B\,u]\, \frac{dr}{du} - B \equiv 0 \qquad (11)$$

Poichè le α_1 sono in numero di $(n+1)$ si vede come si venga così ad ottenere una equazione di condizione che determina la funzione

$$\psi_2\,(t)$$

per ogni valore di n.

Per $n = 1$ è $\psi\,(t)$ è una costante

» $n = 2$ è $A\, [\psi\,(t)]^3 + C \equiv \dfrac{1}{2c\,(t - t_1)}$ (12)

dove c e t_1 sono due costanti e dove $c > 0$ e $\psi\,(t)$ è crescente coll'aumentare di t.

» $n > 2$ la funzione è così complessa da non offrire interesse che dal punto di vista matematico.

Analizziamo invece il caso per $n = 2$.

Posto

$$r = a \log n\, (\alpha + \beta\, u)$$

dove

$$\alpha = \alpha\,(t)$$
$$\beta = \beta\,(t)$$

con opportuni passaggi si ha

$$\psi = \sqrt[3]{\left(\frac{a+1}{a^2}\, B^2\, (t - t_1) + C\right) \frac{-1}{A}} \qquad (13)$$

ossia

$$x = \left[\left(\frac{a+1}{a^2}\, B^2\, (t - t_1) + C\right) \frac{-1}{A}\right]^{2/3} - \frac{c_0^2}{2g} \qquad (14)$$

dove a e t_1 sono delle costanti. Una di esse si può determinare per la condizione iniziale

$$x = x_0 \qquad t = t_0$$

e l'altra viene adattata alla condizione istantanea considerata. Per fare ciò si osserva che x aumenta in funzione di $\sim t^{2/3}$, quindi si potrà operare come segue:

Si traccia la $x = \varphi\,(t)$ (già nota) e la si divide in tratti sufficientemente piccoli. A ciascun tratto si applica la (14) determinando per ciascun intervallo le costanti per cui essa soddisfa alla $x = \varphi\,(t)$ nell'intervallo considerato. Note le costanti si può calcolare la (13) per ciascun intervallo.

Coll'ausilio del moltiplicatore

$$\iota^r = \left(\frac{a+1}{a}\, B\, (t - t_1) + n\right)^a \qquad (15)$$

la (10) può poi essere ulteriormente trasformata e integrata definitivamente nella espressione

$$\left(u + \frac{a+1}{a}\, B\, (t - t_1)\right)^{a+1} \left[u - \frac{B}{a}\, (t - t_1)\right] = k_0 \qquad (16)$$

dove $u = y^{1/2}$

e

k_0 è la costante di integrazione

a e t_1 sono le costanti già determinate coll'ausilio della curva $x = \varphi\,(t)$.

$$B = \frac{1}{2}\, \mu_1\, \frac{f\sqrt{2g}}{F}$$

Nota quindi la y in funzione di t e x pure in funzione di t si ha (ad es. graficamente) y in funzione di x.

2) *Metodo Korkine.*

Questo metodo, come si disse, conferma il risultato precedentemente trovato e consiste nella ricerca delle soluzioni che soddisfano ad una equazione del tipo

$$[u - v_1\,(t)]^{m_1}\, [u - v_2\,(t)]^{m_2} \ldots [u - vn\,(t)]^{m_2} = k_0 \qquad (17)$$

dove Ko e m_1 sono delle costanti.

Posto nella (10)

$$-B\, t = T \qquad (18)$$

si ricaverà

$$\mu\, du + \left\{ A \left[\psi\left(-\frac{T}{B}\right)\right]^3 + C + Bu \right\} \frac{-dT}{B} = 0$$

Anche qui nella (17) facendo $n = 2$ (ossia considerando la (17) come formata da due soli fattori) si ha

$$\psi\,(t) = \sqrt[3]{\frac{1}{A}\left(\frac{M_1}{(M_1 - 1)^2}\, B^2\, (t - t_1) + C\right)} \qquad (19)$$

dove $M_1 = \dfrac{m_1}{m_2}$

Si osserva però che ponendo nella (19) $M_1 = a+1$ si ricasca nella (13).

Ad ogni modo la soluzione con questo metodo porterebbe alla seguente espressione

$$\left[u + \frac{B\, M_1}{(M_1 - 1)}\, (t - t_1)\right]^{M_1} \left[u - \frac{B}{(M_1 - 1)}\, (t - t_1)\right] = k_0 \qquad (20)$$

dove al solito $u = \sqrt{y}$.

Anche qui converrà determinare le costanti M_1 e t_1 adattando la (19) a successivi tratti della

$$x = \varphi\,(t)$$

indi calcolare la y in funzione di t a mezzo della (20) per ciascun intervallo considerato e risalire da questa espressione alla y in funzione di x.

G. R. M.

CONTRIBUTO AL PROGETTO DI UNA CONDUTTURA DI SCARICO DELLE VASCHE DI CARICO (b

Die Wasserwirtschaft, giugno 1930 – DR. R. TILLMANN.

Generalità.

Il condotto di smaltimento delle vasche di carico è spesso necessario costruirlo in canali coperti per impedire le inevitabili erosioni delle valli in cui essi dovrebbero riversarsi, senza contare il vantaggio di non dover provvedere ad opportuni ripari

per le strade che si trovassero in vicinanza di essi, ecc. Una delle prime condotte di scarico del genere è stata quella dell'Impianto del Löntsch che è in ferro, con 700 mm di diametro, 322 m di lunghezza ed è prevista per una portata di 8 m³/sec.

Interessante per alcune particolarità è quella dell'Impianto di Gaming (Vienna) che è costruita in legno e deve smaltire una portata massima di m³/sec 2,66.

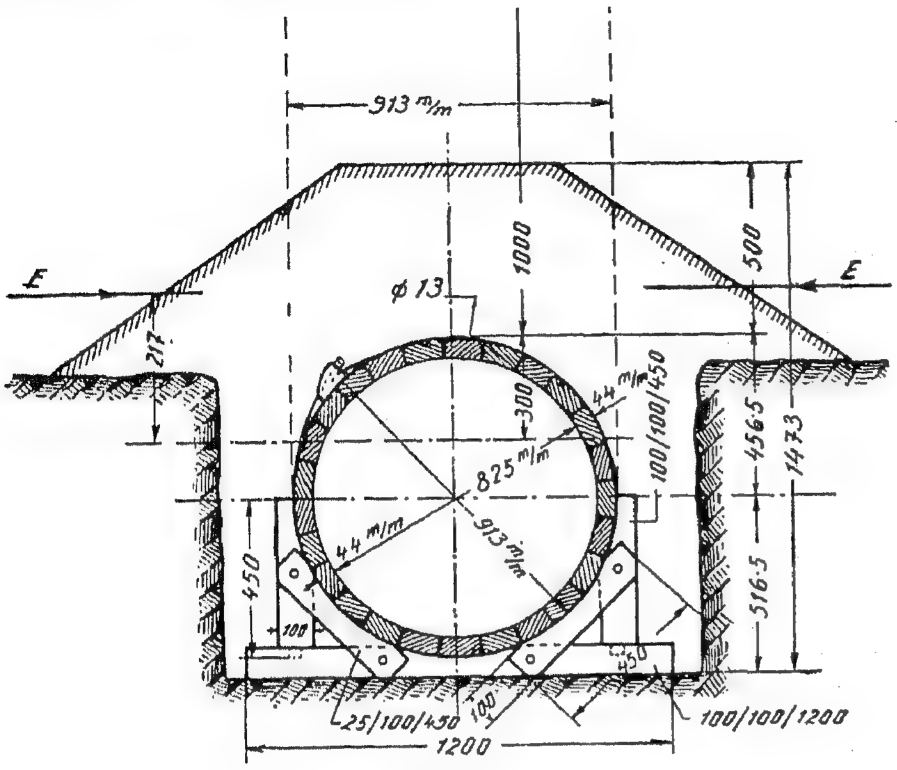


Fig. 1.

Si è scelto il legno al posto del ferro e del cemento per il fatto che questo materiale ha il vantaggio di poter fornire un lavoro elastico superiore agli altri due ed è pertanto meno sensibile all'azione delle sollecitazioni dinamiche. Inoltre il legname richiede un maggior spessore presentando in tal modo una maggior garanzia contro le sollecitazioni dovute dall'esterno verso l'interno. Infine se il legname è tenuto in uno stato di umidità media, la sua durata non è sensibilmente inferiore a quella del ferro e del cemento.

Come qualità di legname si è scelto il larice per il suo contenuto di resina che garantisce una minor facilità a marcire.

Dalla fig. 1 è visibile il canale che è formato con una serie di doghe imbrigliate e contenute entro due ganasce di legno articolate su una traversa inferiore pure in legno e collegate fra loro superiormente da un tondino metallico munito di un tenditore.

Verifica di controllo del diametro adottato.

La conduttura in questione ha un diametro netto interno di mm 825.

Si tratta di vedere se esso è sufficiente a smaltire la portata massima di m³/sec 2,66. A tale scopo bisogna notare che essendo l'acqua fortemente aereata, il suo volume aumenta in ragione di un coefficiente

$$\delta = 2{,}5 \div 3$$

Pertanto sarà prudente calcolare la portata in base ad una quantità

$$Q = \delta\, Q_0 = 3 \times 2{,}66 = 7{,}98 \text{ m}^3\text{/sec.}$$

A questo punto va notato che in alcuni tratti la tubazione fungerà da canale a pelo libero, mentre in altri la emulsione di acqua ed aria riempirà tutta la tubazione.

La velocità di traslazione dell'acqua emulsionata potrà essere valutata colla espressione del Forscheimer

$$V = \frac{1}{\eta} R^{0,7} I^{0,5}$$

dove R è il raggio della sezione del condotto.

η è un coefficiente di scabrosità che nel caso del legname potrà essere posto

$$\eta = 0{,}0115$$

ed infine $I = \text{sen}\,\varphi$ dove φ è l'angolo di inclinazione della tubazione.

Se la pendenza minima necessaria per lo smaltimento della portata fosse superiore a quella minima prevista per la tubazione di scarico, allora in prossimità di detta minima pendenza si formerebbero delle moleste sacche d'aria. È quindi necessario sincerarsi che ciò non avvenga.

Nel nostro caso sarebbe

$$V_{\min} = \frac{1}{0{,}0115} R^{0,7} I^{0,5}_{\min} = 14{,}9 \text{ m/sec.}$$

Per cui essendo la portata minima gerantita dalle caratteristiche della tubazione

$$P_{\min} = \frac{\overline{0{,}825}^2\,\pi}{4}\, 14{,}9 = 7{,}96 \text{ m}^3\text{/sec}$$

essa sarà sufficiente per smaltire il valore di $Q = 7{,}98$ m³/sec calcolato.

Se poi la velocità fosse stata valutata colla formola di Scobey prevista per condutture a doghe in legno, si avrebbe avuto

$$V = 1{,}22\, R^{0,65}\, I^{0,556}$$

che porterebbe ad un valore ancora maggiore di quello precedentemente calcolato e precisamente

$$V_{\min} = 21{,}0 \text{ m/sec}$$

il che garantisce a maggior ragione il buon funzionamento della condotta.

Calcolo delle massime sollecitazioni nelle pareti della tubazione.

Lo spessore del legno fu previsto di

$$d = 44 \text{ mm}$$

e per ogni metro corrente di tubazione si può calcolare un peso di ferro (tondini di cintura) di

$$g_e = 18 \text{ kg}$$

dovuto al tondino di sezione $fe = 8{,}25$ cm².

1) Calcoliamo da prima le sollecitazioni dovute dall'esterno verso l'interno.

a) Per effetto del peso della terra di ricoprimento alta 1 m di sopra della volta della tubazione si ha (fig. 1) un peso verticale di

$$G = 1800 \times 1{,}30 = 0{,}913 = 2140 \text{ kg/m}$$

e una pressione laterale di

$$E = \frac{1800}{2}\, \overline{1{,}30}^2 \,\text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right) = 507 \text{ kg/m.}$$

Poichè il coefficiente di attrito della terra è $\mu = 0{,}4$ si avrà poi una resistenza di attrito di

$$W = 2 \times 507 \cdot 0{,}4 = 406 \text{ kg/m.}$$

Quindi l'azione del carico effettivo agente sarà

$$P_u = 2140 - 406 = 734 \text{ kg/m.}$$

Per effetto di tale carico si avrà un momento flettente (Forscheimer)

$$M_u = P_u \frac{D + d}{16} = 94{,}5 \text{ kg/m.}$$

b) Causa la depressione formatasi nell'interno del tubo, se (caso estremo) internamente dovesse formarsi il vuoto barometrico, si avrebbe inoltre una maggior pressione dall'esterno verso l'interno di

$$P_a = \frac{1000 \times 0{,}913}{2} = 4565 \text{ kg/m}$$

c) Le sollecitazioni unitarie nelle pareti della tubazione per effetto dei carichi *a*) e *b*) si calcolano come segue: Anzitutto per evitare la disgiunzione delle doghe, le cinture metalliche devono trasmettere una pressione iniziale unitaria di circa

$$\sigma_e = 300 \text{ kg/cm}^2$$

Pertanto l'azione di questa pressione iniziale sarà circa

$$P_v = \sigma_e \times f_e = 300 \times 8{,}25 = 2475 \text{ kg/m.}$$

Non tenendo conto della curvatura della sezione della tubazione e sostituendo a tale conformazione, per maggior sicurezza, una trave rettilinea di lunghezza 100 cm e di spessore $d = 44$ mm si avrà la massima sollecitazione di trazione dovuta al carico complessivo (per 1 m di tubazione corrente)

$$P_s = P_v + P_u + P_a = \frac{x_1 \sigma_{d,1}}{2} 100$$

e

$$M_u = P_s \left(\frac{d}{2} - \frac{x_1}{3} \right)$$

dove x_1 è lo spessore attivo su cui le doghe si trasmettono lo sforzo ($<$ quindi di d per causa dell'imperfetto contatto).

Si ricava

$$P_s = \text{cm } 8774 \text{ kg/m}$$
$$x_1 = 3{,}372 \text{ cm}$$
e
$$\sigma_{d,1} = 52{,}00 \text{ kg/cm}^2$$

2) *Sollecitazioni dovute alla pressione interna.*

a) Per effetto del riempimento dell'acqua emulsionata con aria, finchè la tubazione non va in pressione, si ha, secondo Forscheimer, un momento massimo di sollecitazione delle pareti interrate

$$M_1 = 0{,}149 \; \gamma \left(\frac{D}{2} \right)^3 \quad \text{dove}$$

γ è il peso specifico totale della emulsione ($\delta = 3$) di acqua avente un peso specifico $\gamma_u = 1000$ kg/m³ e aria avente un peso specifico $\gamma_l = 1{,}293$ kg/m³

Sarà

$$\gamma - \frac{1}{\delta} V_w + \frac{\delta - 1}{\delta} \gamma_1 = 344 \text{ kg/m}^3$$

Risulterà $M_1 = 3{,}485$ kgm/ml.

Allora per effetto delle sollecitazioni dovute al caso precedentemente trattato unito a quello presente sarà

$$P_s = \frac{x_2 \sigma_{d,2}}{2} 100 = 8774 \text{ kg/m}$$

e

$$M_u + M_1 = P_s \left(\frac{d}{2} - \frac{x_2}{2} \right) = 9450 + 348{,}5 = 9798{,}5 \text{ kg cm/m}$$

risulterà essere allora

$$\sigma_{d,2} = 53{,}9 \text{ tg/cm}^2.$$

b) In caso di presenza di gomiti nella tubazione, l'efflusso dell'acqua può passare dal regime veloce a quello lento mettendo la tubazione stessa in pressione. Tale pressione sarà dovuta a

Δ_{pk} che è la pressione necessaria a vincere le perdite di carico dovute ai cambiamenti di direzione;

Δ_{pl} che è la pressione sviluppata dall'aria compressa durante il riempimento del tubo;

Δ_{ps} che è la pressione dovuta al colpo di ariete.

Per determinare Δ_{pk} si può sostituire il suo valore con quello indicato da Weissbach

$$\Delta_{hk} = 0{,}15 \frac{V^2}{2g} = 0{,}34 \text{ kg/cm}^2$$

dove V è calcolato coll'espressione di Scobey.

Per calcolare Δ_{pl} si ponga

V_1 uguale alla velocità controversa dell'aria moventesi nella tubazione, dallo scarico verso la presa;

V_{max} uguale alla velocità massima dell'acqua;

W_1 uguale alla velocità di propagazione di un impulso nell'aria secca;

e si supponga infine che la colonna d'acqua riempia tutto il tubo in modo da ostruirne di colpo tutta l'aria che in esso saliva. Secondo Boyle-Charles è

$$(W_1 + V_1) = \left(1 + \frac{\Delta pl'}{2} \right) (W_1 - V_{max})$$

Ponendo $W_1 = 333$ m/sec e prevedendo $V_1 = 1{,}5$ m/sec. sarà $\Delta_{p'1} = 0{,}144$ tg/cm².

D'altra parte la variazione della velocità dell'aria che saliva, importa un aumento di pressione di: (principio delle quantità di moto)

$$\Delta_{pl''} = \gamma_1 \frac{V_{max} (V_{max} + V_1)}{g} = 0{,}0062 \text{ kg/cm}^2$$

Sarà in definitiva $\Delta_{pl} = \Delta_{pl'} + \Delta_{pl''} = 0{,}15$ kg/cm²

Per determinare poi Δ_{ps} si ricordi che la velocità di propagazione di un impulso in un mezzo elastico è

$$\omega = \sqrt{\frac{g E}{\gamma}} \quad \text{dove}$$

E modulo di elasticità del mezzo e γ il suo peso specifico. Secondo l'Allievi è poi

$$\frac{1}{E} = \frac{1}{E_f} + \frac{1}{E_r} \frac{D}{d}$$

dove E_f è il modulo di elasticità del liquido, E_r quello del materiale di cui è fatto il tubo, D il diametro interno di quest'ultimo e d il suo spessore. Nel nostro caso è pure $\frac{1}{E} = \frac{1}{E_m} + \frac{1}{E_e} \frac{D^2 \pi \gamma e}{g_e}$ dove E_m si riferisce all'emulsione aria ed acqua, ciò per il fatto che si suppone che alla pressione interna debbano resistere solo i tondini che cingono il tubo di legno. Il termine g_e sta ad indicare il peso del ferro (cinture) per un metro corrente di tubo.

Sarà inoltre: $\delta E_m = \frac{1}{E_w} + (\delta - 1) \frac{1}{E_l}$

essendo E_w il valore relativo all'acqua e E_l quello relativo all'aria e dove i simboli con l'indice e si riferiscono al ferro delle cinture che legano il tubo in legno. Inoltre δ indica lo spessore della cintura.

Inoltre per l'acqua e $W_w = 1425$ m/sec e per l'aria $W_l = 333$ m/sec.

Si ricava: $E_w = \frac{\gamma_w W_w}{g} = 206\,700\,000$ kg/m²

$$E_l = \frac{\gamma_1 W_l}{g} = 14620 \text{ kg/m}^2.$$

Da cui si ricava $E = 21900$ kg/m²

e

$$W_m = \sqrt{\frac{g E}{\gamma_m}} = 25{,}4 \text{ m/sec}$$

(l'indice m indica che ci si riferisce all'emulsione) e infine

$$\Delta_{ps\,max} = \frac{(W_m + V) \gamma_m}{g} V = 2{,}05 \text{ kg/cm}^2.$$

Con ciò naturalmente si ammette che la velocità scemi di colpo da V a zero, ciò che naturalmente è eccessivo. Basterà prendere 2/3 di questo valore e porre in pratica

$$\Delta_{ps} = 1{,}37 \text{ kg/cm}^2$$

Sarà dunque complessivamente

$$\Delta_p = \Delta_{hk} + \Delta_{pl} + \Delta_{ps} = 1{,}86 \text{ kg/cm}^2.$$

Supponendo che le cinture metalliche da sole debbano sopportare tutto lo sforzo avremo poi

$$\Delta\sigma_e = \frac{\Delta p \, (D + \delta) \, 100}{2 \, f e} \doteq 1040 \text{ kg/cm}^2$$

(e è lo spessore delle cinture). A questo valore vanno ancora aggiunti i 500 tg di sollecitazione iniziale.

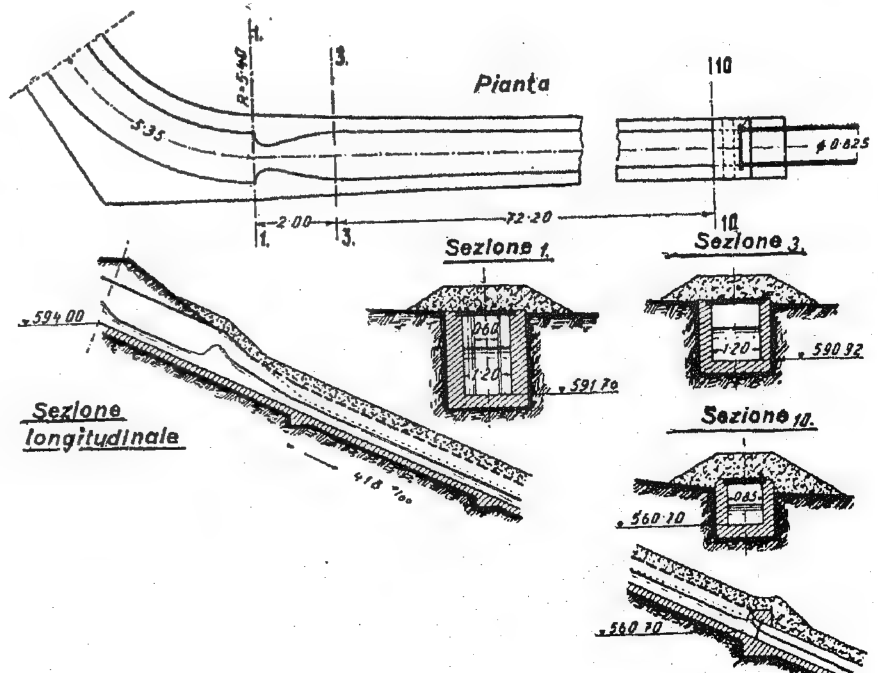


Fig. 2.

Calcolo del canale adduttore al condotto di scarico.

Tra questo canale di sviluppo S (fig. 2) tale da avere un angolo di pendenza φ costante, una profondità di acqua $T = 0{,}50$ cm costante e una larghezza B decrescente dall'alto verso il punto ove si inizia la conduttura di scarico. Sarà

$$I_0 = \text{sen}\,\varphi = \frac{V^2\, n^2}{R^{1,4}} = \frac{1{,}1}{g}\, V\, \frac{dv}{ds} = \text{cost} = 0{,}418.$$

dove V è la velocità dell'acqua che dovrà crescere dal valore iniziale V_0 fino a $V = 14{,}9$ m/sec.

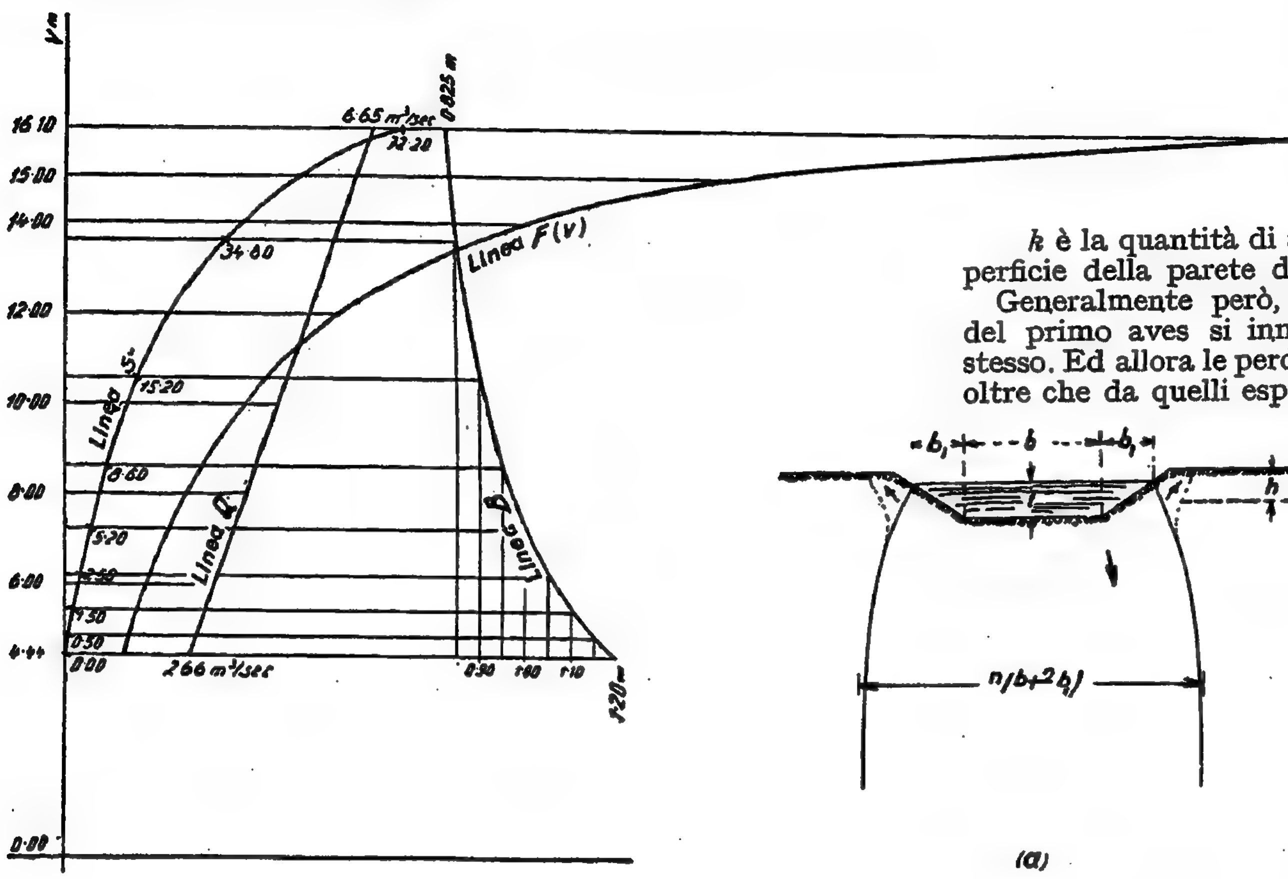


Fig. 3.

Essendo $Q = B\,T\,V$ e $R = \dfrac{Q\,T}{Q + 2\,T^2\,V}$

(si è posto $n = 0{,}013$) e ricordando che Q varia da $Q_0 = 2{,}66$ all'inizio a $Q_{max} = 6{,}65$ (per $8 = 2{,}5$) si può stabilire che

$$S = \int_{v0}^{v\,max} f\,(V)\, dv \quad \text{dove}$$

$$f\,(v) = \frac{1{,}1}{g}\; \frac{V}{I_0 - \dfrac{n^2}{T^{1,4}} \left(1 + \dfrac{2\,T^2\,V}{Q\,v}\right)^{1,4} V^2}.$$

Tale espressione integrata è indicata nella fig. 3 dove si ha la relazione fra B e V e quindi tra B e S.

G. R. M.

c) PERDITE DI INFILTRAZIONE DI ACQUA ATTRAVERSO LE PARETI DEI CANALI

Die Wasserwirtschaft, giugno 1930. – PROF. ING. C. TERZAGHI.

Quando il pelo d'acqua del canale è pressapoco a livello con quello del primo aves allora le perdite di acqua attraverso il fondo e le pareti dei canali stessi possono essere del tutto trascurabili. Ben diversa è la cosa se l'aves si trova ad una quota notevolmente più bassa poichè in tale caso necessita indagare la convenienza o meno di ricorrere ad un rivestimento stagno delle pareti dei canali per evitare perdite eccessive.

Andamento delle acque freatiche nel sottofondo di un canale.

Si ammetta da prima che il pelo dell'acqua nel canale sia ad una quota sufficientemente alta rispetto a quello del primo aves e che le perdite di infiltrazioni siano piccole rispetto alla portata delle acque freatiche. Se il sottosuolo ha una porosità uniforme, l'acqua filtrante interesserà una zona del tipo di quella indicata nella fig. 1*a*, la cui larghezza è data dalla seguente espressione

$$l = n\,(b + 2\,b_1) \text{ dove } n > 1$$

Quando il valore $\dfrac{t}{b + b_1}$ è molto piccolo allora si può ammettere $n = 1$.

Ponendo quindi k uguale ad un coefficiente proporzionale alla porosità del terreno, le perdite per unità di lunghezza di canale saranno date da

$$q = h\,(b + 2\,b^1)\,k \quad \text{dove solitamente } 1{,}4 < n < 1 \qquad (1)$$

Coll'andar del tempo però le perdite diminuiscono per la spontanea otturazione di molti pori e si ha così senz'altro (fig. 1*b*)

$$q = (b + b_1)\,k\,t \qquad (2)$$

dove

t è l'altezza dell'acqua nel canale

k è la quantità di acqua che passa attraverso l'unità di superficie della parete del canale nell'unità di tempo.

Generalmente però, immettendo l'acqua nel canale, il pelo del primo aves si innalza fino a toccare il fondo del canale stesso. Ed allora le perdite dipendono anche da altri coefficienti oltre che da quelli esposti.

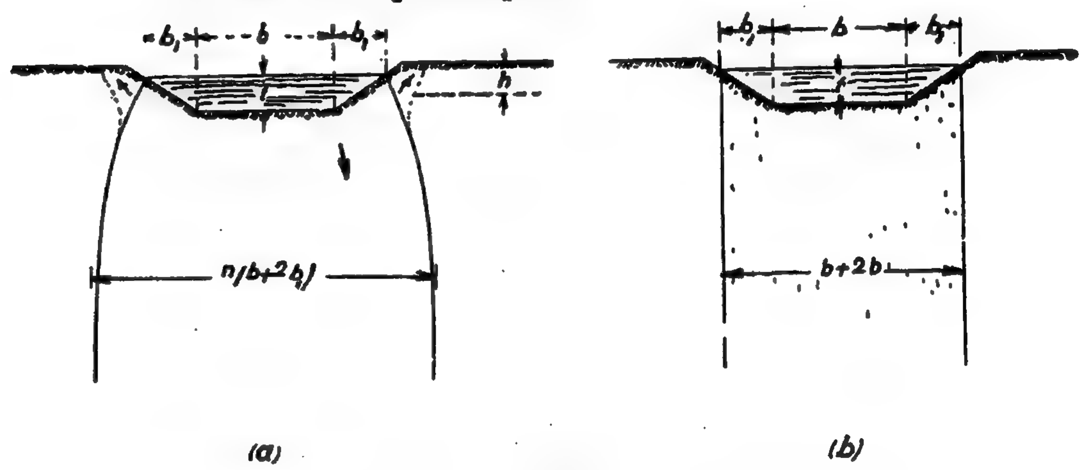


Fig. 1.

Se poi l'acquedotto trovasi in prossimità del bordo di un altipiano (fig. 2*a*, 2*b* e 2*c*), e se i_0 la pendenza della vena dell'acqua freatica, a canale vuoto, i_1 e i_2 la detta pendenza a canale pieno, allora le perdite dovranno essere determinate in base alle espressioni seguenti per ogni singolo caso:

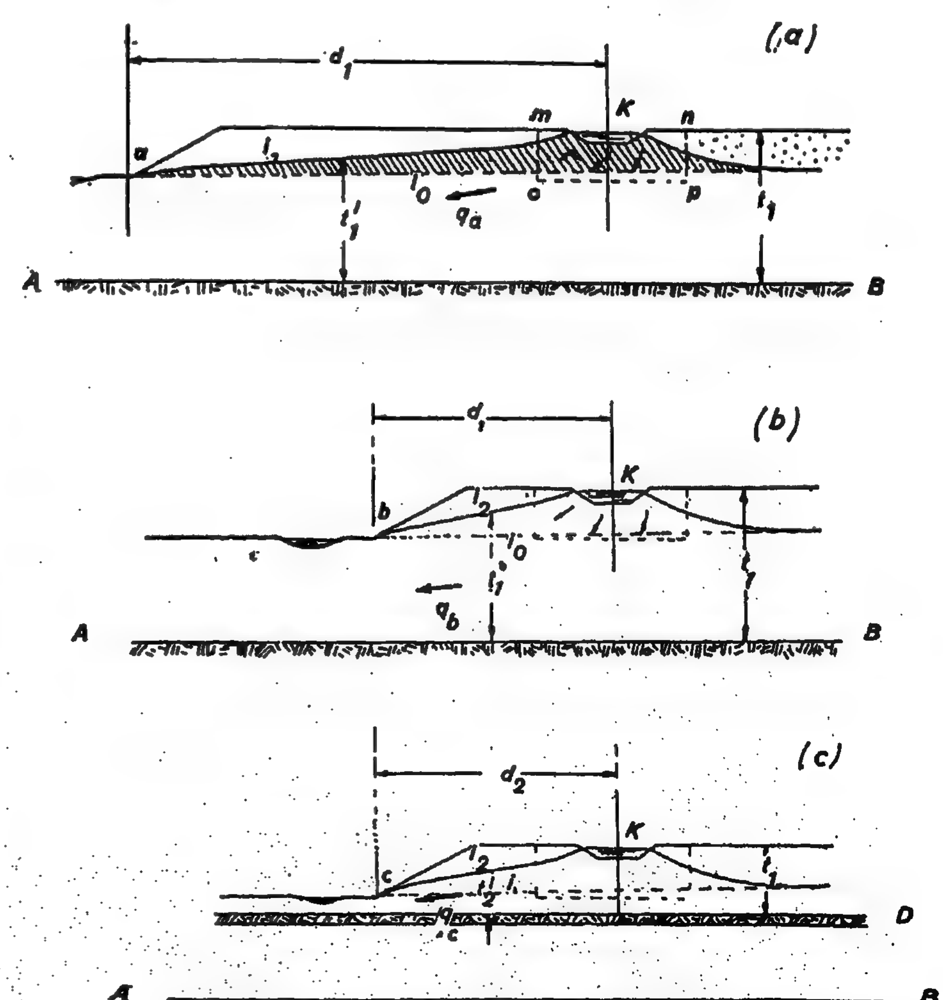


Fig. 2.

$$
\begin{array}{llll}
\text{caso delle fig. } 2a & q_a = k\, t^1_1 (i_1 - i_0) & & \\
\text{» » » } 2b & q_b = k\, t^1_1 (i_2 - i_0) & & (3) \\
\text{» » » } 2c & q_c = k\, t^1_2 (i_2 - i) & &
\end{array}
$$

Metodi di predeterminazione delle perdite.

Si determina anzitutto il valore medio delle perdite unitarie del canale supponendo che esse si comportino secondo la fig. 1*a* e si ottiene in tal modo un valore limite superiore. Indi si considerano una o più sezioni in cui il terreno ha un andamento di permeabilità caratteristica e si eseguiscono delle prove in posto per la determinazione di k.

Determinazione del valore medio di k.

Questo valore dipende oltre che dalla natura del terreno anche dall'essere stato quest'ultimo più o meno battuto o comunque manomesso rispetto alla sua reale consistenza naturale. Siccome le prove sul terreno non alterato sono difficili e dispendiose, si preferisce ricorrere a prove più speditive e stabilire una volta per tutte, quanto differisce il valore k così trovato da quello effettivo.

Per determinare sperimentalmente il valore di k per un terreno non alterato da cause esterne, bisogna prelevarne con ogni cautela un testimonio a mezzo di un cilindro a labbro inferiore tagliente, rimettere poi tale testimonio in un cilindro a diametro maggiore e colare della paraffina tra esso e il cilindro in modo da rendere stagne le pareti laterali del testimonio stesso. Sul cilindro così preparato si applica superiormente un serbatoio in cui si versa dell'acqua ed inferiormente un fondo poroso ed un pozzetto di raccolta (fig. 3). Il battente sotto cui agisce l'acqua è dato da

$$\frac{h_1}{l_1}$$

dove h_1 è il dislivello letto fra due tubi piezometrici distanti tra di loro l_1.

Nel caso di terreni poco permeabili si ricorre all'apparecchio della fig. 4 dove invece dell'acqua filtrante, si misura l'abbassamento del livello dell'acqua che si trova nel tubo centrale S.

Casagrande ha determinato con grande meticolosità dei valori di k in base alla capillarità del materiale. Tuttavia siccome lievissime differenze importano discordanze di risultati del 40%, si ritiene inopportuno seguire tale ordine di indagini meticolose, consigliando invece di eseguirne numerose coi sistemi più correnti descritti.

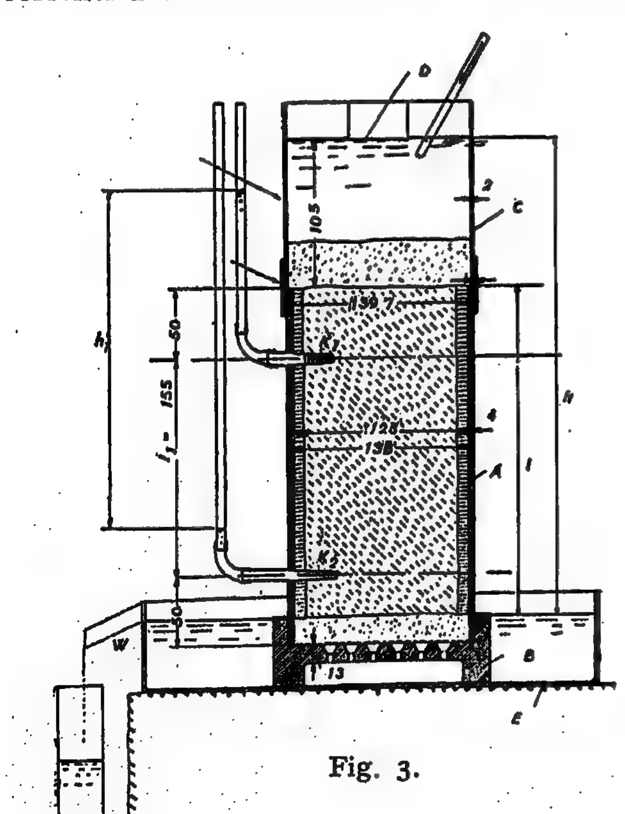


Fig. 3.

Osservazioni su vasche sperimentali.

Come si è visto, la predeterminazione di k è solo facilmente possibile quando il terreno si trovi nelle circostanze della fig. 1*a*. In caso contrario è bene ricorrere a ricerche sperimentali.

Sia (fig. 5*a*) un canale AB che si trovi nel caso della fig. 2. Detta figura 5*a* rappresenta il canale in pianta su un terreno degradante verso CD. Nel punto ove il canale è più prossimo al pendio si costruirà un serbatoio di base quadratae di larghezza b uguale a quella del futuro canale da costruirsi. Prima del riempimento del canale le curve di livello della vena freatica avranno

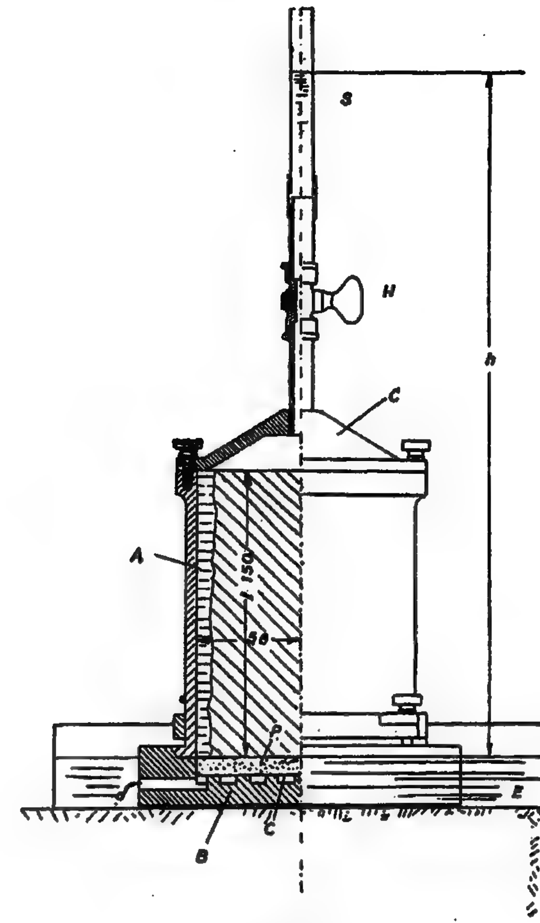


Fig. 4.

un andamento circa parallelo a CD (linee punteggiate) e con pendenza della vena freatica di i_0. A serbatoio riempito le linee di livello diventano quelle segnate con linee continue il cui anda-

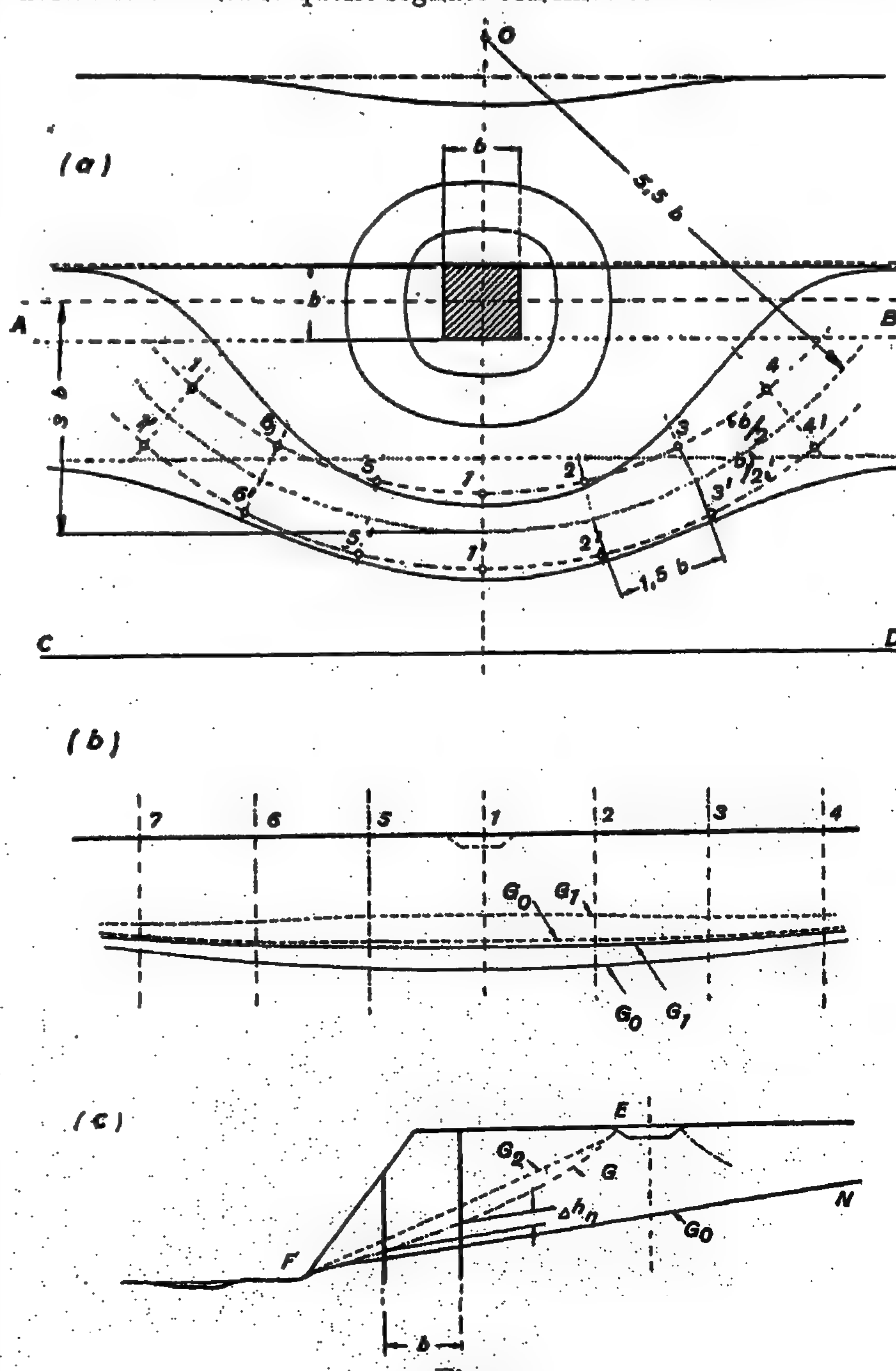


Fig. 5.

mento è visibile nella fig. 5c. Per determinare allora l'entità delle infiltrazioni si distribuiranno dei tubi di sondaggio 1 — 7 e 1' — 7' (fig. 5a) su due curve circolari tali da avvicinarsi all'andamento delle curve sotterranee di livello della vena freatica.

L'incremento Δ_{in} dell'inclinazione che tale vena ha subito causa l'immissione dell'acqua nel bacino è data da

$$\Delta_{in} = \frac{\Delta_{hn}}{b}$$

dove Δ_{in} e b sono visibili dalla fig. 5c. D'altra parte la relazione che determina la perdita di acqua Q dal serbatoio sperimentale nell'unità di tempo è data da

$$Q = \Sigma K \Delta_{in} 1{,}5\, b$$

dove K è l'incremento della portata della vena freatica nell'unità di tempo, per una larghezza unitaria e per un incremento unitario di Δ_{in}.

Ossia

$$K = \frac{Q}{1{,}5\, b\, \Sigma \Delta_{in}}$$

e quindi le perdite massime attraverso il canale saranno

$$q = K \Delta_i$$

per unità di lunghezza, dove Δ_i è la differenza fra la pendenza della vena d'acqua EF formatasi dopo il riempimento del serbatoio e quella NF preesistente.

Conclusioni.

Le perdite di acqua attraverso il fondo e le pareti dei canali dipendono in modo essenziale dal comportamento delle acque freatiche. Quindi le formule che non tengono conto di queste ultime sono senz'altro prive di affidamento.

Molta cura deve essere posta nella scelta della vasca sperimentale per poter cogliere il valore medio che interessa. Detta vasca, come si disse, deve avere pianta quadrata di larghezza uguale a quella del canale da costruirsi. Le sonde di spia è bene che siano disposte su linee circolari.

G. R. M.

---

d) LA COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO IDROELETTRICO DI KEMBS SUL RENO (1)

Schweizerische Bauzeitung, 11 ottobre 1930. – G. Zundel.

L'impianto di Kembs è costruito per conto della Società « Energie Electrique du Rhin » (Enerin) ed utilizza le acque del Reno in vicinanza del confine franco-svizzero.

Sbarramento.

Lo sbarramento si trova a 5,5 km da questo confine che taglia normalmente il fiume, ed è costituito da 5 doppie paratoie tipo Stoney di 30 m di larghezza. La soglia della presa è a quota 232,50; la massima ritenuta delle paratoie a quota 244,0. In tal modo si è creato un sopraelevamento rispetto al pelo d'acqua preesistente a monte che va da m 8,75 nei periodi di magra a m 4 in quelli di piena ed il rigurgito è sensibile fino alla città di Basilea.

Canale di presa.

A 500 m circa dallo sbarramento ha inizio il canale di presa di circa 5,5 km di lunghezza, che si svolge sulla sponda sinistra del Reno e che, dovendo servire anche alla navigazione fluviale, colla portata massima di m³/sec 850 è stato commisurato ad una velocità media dell'acqua di 70 cm/sec. Pertanto questo canale viene ad avere delle dimensioni eccezionali. Esso ha 80 m di larghezza al fondo con pareti inclinate di 1:3 e 12 m di profondità. In prossimità della centrale il pelo d'acqua del canale è a m 15 al di sopra del piano di campagna ed è contenuto da argini in terra aventi 15 m di larghezza al coronamento. Il canale di presa ad un certo punto si biforca, andando a finire da una parte verso le conche che servono al passaggio del traffico fluviale e dall'altra verso la centrale.

(1) Un breve cenno descrittivo del progetto è già stato pubblicato ne *L'Energia Elettrica* (fascicolo 2, volume VII, febbraio 1930).

Centrale.

Questa è prevista per 6 gruppi da 33 500 HP che funzioneranno con un salto variabile tra i 12 e i 16,5 m (eccezionalmente 7,5 ÷ 16,6 m). Le turbine saranno del tipo Kaplan con giranti del diametro di 5600 mm e saranno provviste di speciali dispositivi di scarico atti a permettere la piena portata dell'acqua anche a gruppo inattivo e ciò per non intralciare il servizio delle future centrali sottostanti.

Conche per la navigazione.

Le Conche sono situate sulla derivazione destra del canale di presa e constano di una camera di 185 m × 25 e di una minore di m 100 × 25. Esse sono poi precedute da un piccolo porto che facilita lo smistamento dei natanti

Piano finanziario.

Per quanto concerne il costo delle costruzioni esso non ha potuto venire del tutto addossato all'impianto in questione, poichè l'acqua di scarico verrà ad essere utilizzata dai futuri impianti del « Grand Canal d'Alsace ». Pertanto l'onere è stato sopportato dallo Stato Francese che lo ha riversato in buona parte, per quanto concerne l'esecuzione, a Ditte tedesche in conto riparazione.

Data l'entità e l'estensione dei cantieri si è ricorso per la esecuzione ad un vasto impiego di macchinario.

Organizzazione dei cantieri.

Per il personale si è provveduto in posto alla costruzione di alloggi per 2600 operai, parte dei quali possono vivere colle rispettive famiglie.

Il raggruppamento di abitazioni è fornito di un ospedale, di un posto di polizia, della chiesa, della scuola, di un serbatoio d'acqua potabile, nonchè di un albergo e di una sede per la direzione.

Dal punto di vista tecnico, ogni cantiere possiede magazzeni e una piccola officina, mentre le officine e i magazzeni principali sono raggruppati in prossimità della centrale.

Si sono inoltre installati 14 km di linee ferroviarie a scartamento normale e 50 km di Decauville. L'energia elettrica è fornita sui cantieri a 6000 V a mezzo di un trasformatore di 6250 kVA. I piccoli motori e gli impianti domestici funzionano a 380/220 V.

Prosciugamento degli scavi.

Lo scavo della centrale e della camera delle conche, è da 8 a 10 m al disotto del primo aves. Pertanto il prosciugamento è stato ottenuto piazzando in canali di drenaggio degli impianti di sollevamento che riversavano l'acqua di filtrazione in un canale cementato di raccolta, che a sua volta immette nel Reno. La portata massima delle acque di filtrazione fu di 2700 l/sec e la potenza impiegata per il prosciugamento 1000 kW.

Per il drenaggio dello scavo del canale di presa fu invece installata una batteria di 6 pompe per una potenza complessiva di 260 kW. Questo scavo fu poi protetto verso la parte del Reno con una diga per arginare le piene di quest'ultimo.

Movimenti di terra.

I movimenti di terra furono cospicui e precisamente nella seguente misura:

Terreno vegetabile	19 000 000 m³
Ghiaia	7 000 000 »
Roccia	115 000 »

Il terreno vegetabile fu asportato mediante due draghe e con due scavatrici a cucchiaio. Si potè calcolare globalmente un rendimento complessivo di oltre 400 000 m³ al mese di movimento di terra.

Altri due escavatori a cucchiaio con sbraccio di 45 m, furono impiegati, laddove lo scavo serviva in posto per la costruzione di dighe. Essi avevano un rendimento di 100 ÷ 150 m³/ora e, contrariamente alle altre macchine scavatrici montate su rotaie, essi si muovevano su cingoli.

Lo scavo della centrale e del canale di scarico fu eseguito a mezzo di draghe atte a produrre uno scavo di 400 m³/ora e moventiii su tripla rotaia fissata su traversine di 6 m e fiancheggiata da due binari a scartamento normale: tutte queste rotaie sono fissate tra loro con traverse metalliche che portano nel contempo, dei sostegni per gli elettrodotti atti ad alimentare il motore delle scavatrici. Una speciale macchina « piega rotaie » permette

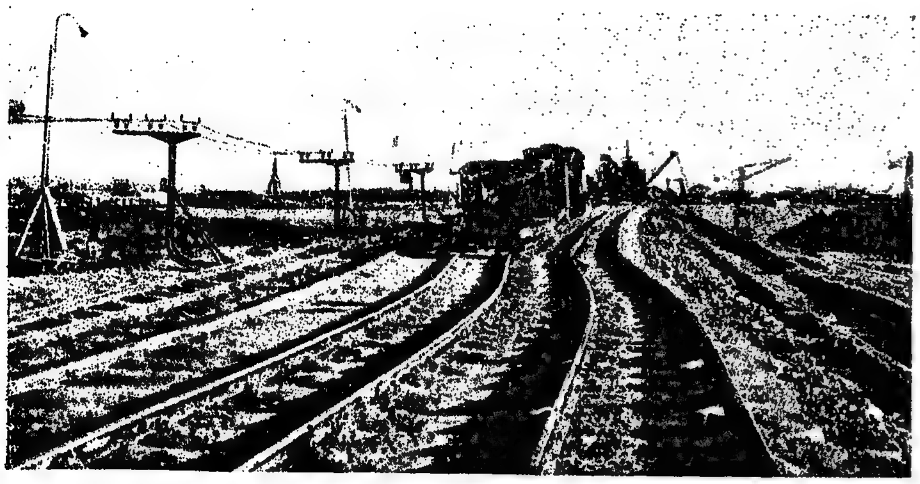


Fig. 1.

di spostare di 50 cm il complesso delle rotaie stesse quando l'arretramento dello scavo lo richiede (figg. 1 e 2).

Le ultime parti di ghiaia che la draga non poteva asportare venivano poi tolte con una escavatrice a cucchiaio azionata a vapore. Invece la roccia veniva demolita con esplosioni ed i massi erano poi asportati a mezzo di benne. Nello scavo della

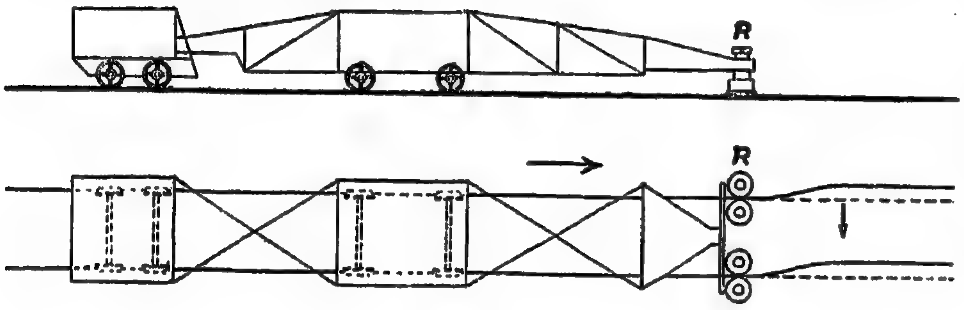


Fig. 2.

fossa delle conche furono poi impiegate sei scavatrici a vapore su cingoli. Queste ultime avevano anche il vantaggio di poter essere trasformate in draghe e in gru.

Per il trasporto di materiali si adottarono dei vagoni in legno, di 4,5 m³ e a scarico automatico (320 vagoni con 24 locomotive).

Impianti per la gettate.

Il calcestruzzo da gettare importava una cubature di 450.000 m³ e le installazioni occorrenti per tale operazione furono previste con una riserva del 100/100 in modo da evitare qualsiasi interruzione di lavoro. Il complesso delle installazioni (compreso l'impianto di riserva) poteva preparare 1200 m³ di calcestruzzo

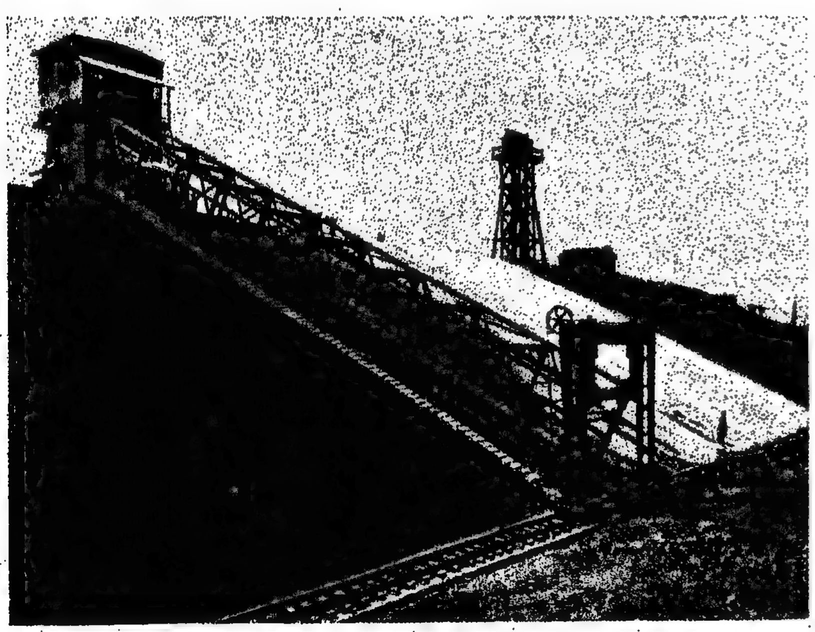


Fig. 3.

gettato in 10 ore lavorative. Naturalmente tutte le operazioni di dosaggio e impasto e trasporto erano completamente automatiche.

Il rivestimento dei canali avvenne a mezzo della macchina raffigurata nella fig. 3 che è azionata da un motore Diesel e che provvede automaticamente alla posa dei ferri, alla gettata e alla battitura del calcestruzzo.

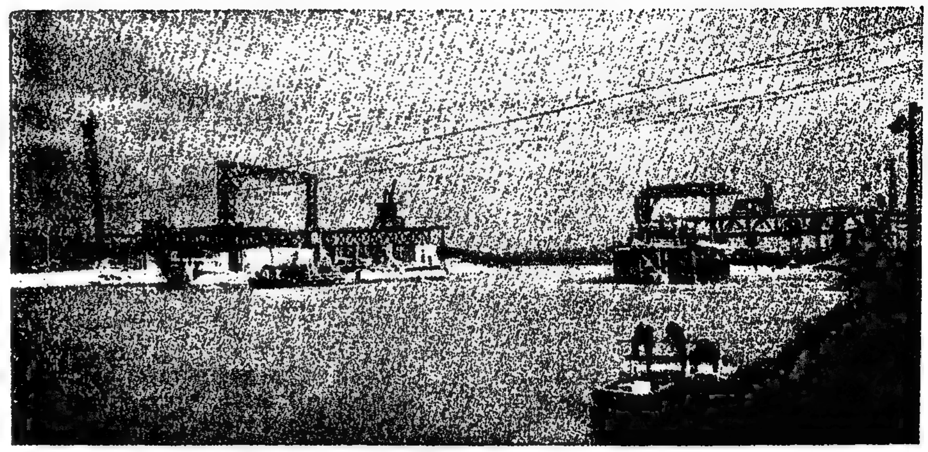


Fig. 4.

Per quanto riguarda invece la gettata dell'impianto delle paratoie, si sono impiegate due torri di sollevamento di 60 m dalle quali l'impasto fluido veniva poi colato nei casseri. Le torri erano alimentate alla base da due impastatrici di 1250 lt.

Per l'edificio della centrale fu invece eseguita la gettata servendosi di due ponti ausiliari metallici ad un estremo dei quali esisteva una impastatrice di 1000 lt..

Infine, per quanto concerne lo sbarramento sul Reno (fig. 4), la sua costruzione è stata assai ostacolata (e lo è tuttora) per la necessità di non interrompere il traffico fluviale. Sulla riva destra la costruzione è stata eseguita dietro ture, invece su quello sinistro si è ricorso a fondazioni pneumatiche. Le due rive sono poi collegate da una Blondin e da un traghetto.

Si prevede il completo invaso per l'inverno 1932-33 e l'installazione del 5° gruppo per l'ottobre 1933.

G. R. M.

UN IMPIANTO IDROELETTRICO SEMIAUTOMATICO CON PORTATE VARIABILI

(e

Electrical World, 29 novembre 1930. – HAROLD K. FOX.

Le condizioni di sfruttamento delle Merced Falls in California sono notevolmente singolari. La caduta utilizzabile è di soli m 8,25, anche dopo aver sopraelevato il pelo dell'acqua nel bacino di alimentazione ricostruendo una vecchia diga, e le esigenze elettriche sono subordinate a quelle di irrigazione, funzione a cui l'impianto è anzitutto destinato. Sette miglia a monte dell'installazione idroelettrica si trova il bacino e a due miglia a valle le prese dei canali irrigatori. La portata e il salto tra questi due punti devono rimanere rigorosamente costanti, perchè anche le più leggere fluttuazioni sono causa di disturbi nella distribuzione dell'acqua.

Il nuovo impianto è del tipo all'aperto, anche per quanto riguarda le macchine (oltrechè l'apparecchiatura) secondo la tecnica costruttiva di recente introdotta in America. L'alternatore ad asse verticale è rinchiuso in una leggera cassa metallica che lo protegge dalle vicissitudini atmosferiche (fig. 1) ed è formato di lamiera da 5 mm di ferro saldato, rinforzata da angolari di 50 × 50; le parti che la compongono sono 21 e l'intera costruzione può essere montata in 5 ore. Necessitando riparazioni le singole sezioni possono essere smontate lasciando intatto il complesso

L'alternatore Westinghouse è di 4000 kVA, 12500 V, 128,6 giri, rendimento del 96% a fattore di potenza *s* e a tre quarti del carico. Come motore primo è stata scelta una turbina Kaplan con ruote a pale girevoli ed angoli d'attacco variabili automaticamente in modo che il rendimento si mantenga elevato anche sotto portate diverse. La turbina può raggiungere una potenza massima di 5250 HP con rendimento dell'88,3% a tre quarti del carico. La caduta rimane costante ed è di m 8,25; la portata, in relazione alle esigenze irrigatorie e alla necessità di conservare assolutamente costante il livello dell'acqua nel bacino, è fortemente variabile. D'inverno, quando il serbatoio compie la sua funzione regolatrice erogando acqua, la portata è di 3 m³/sec e può raggiungere in estate 66 m³/sec. Oltre questo limite si entra in regime di acque sfioranti sino alla portata massima di 1800 m³/sec, ciò che si verifica in casi rarissimi. Lo scarico dell'acqua si fa avvenire in tale contingenza sollevando i panconcelli della diga con un dispositivo simile a quello della traversa Ganassini (Poirée invertita). Per le portate minori, uno scarico automatico con comando a galleggiante provvede a smaltire i primi 100 mc/sec di acqua sovrabbondante oltre la portata massima della turbina. Suc-

cessivamente, altri 200 mc/sec possono essere smaltiti attraverso due scarichi comandabili a mano o per mezzo di motori.

L'ammissione della portata nella turbina ai regimi massimi

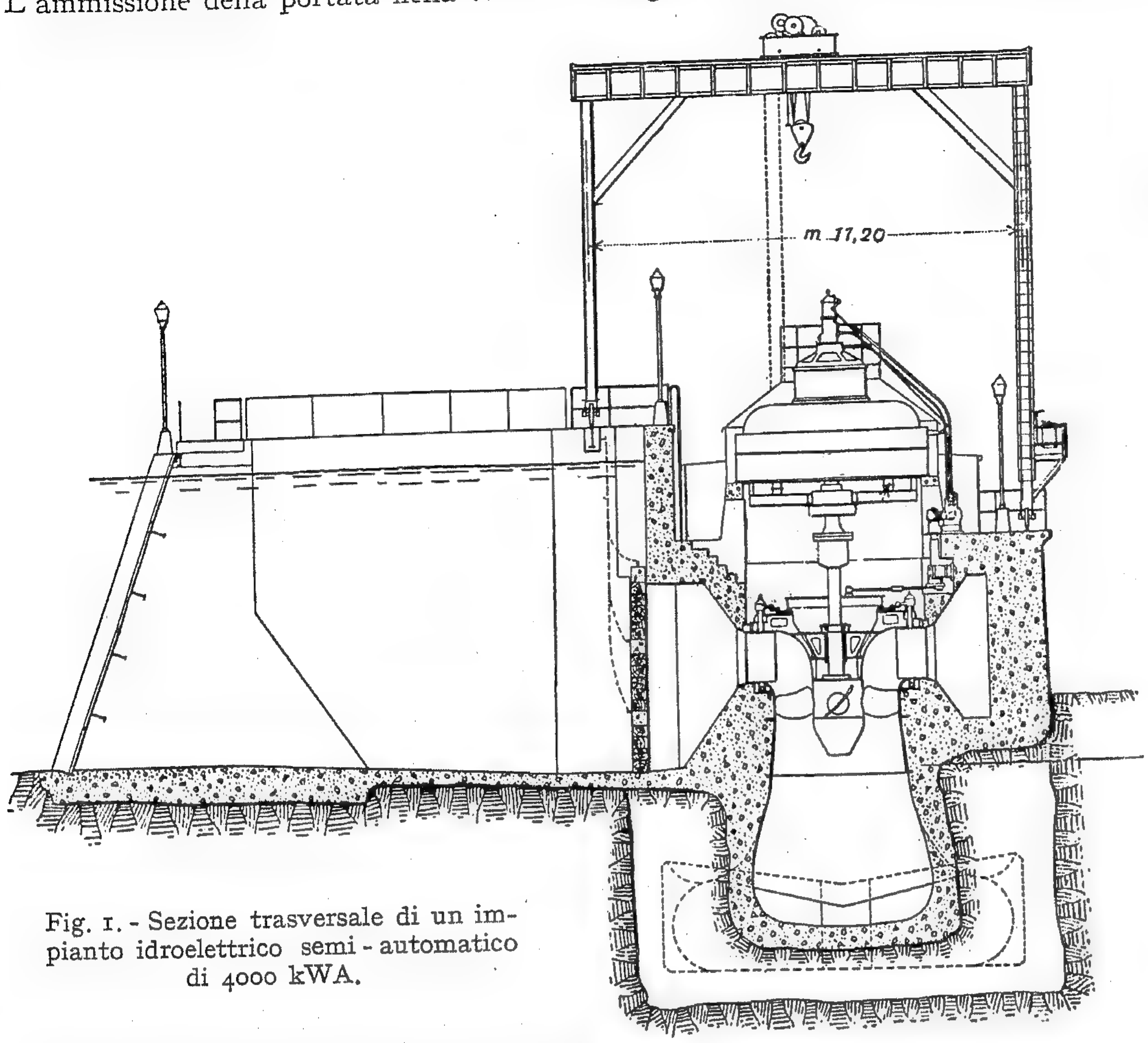


Fig. 1. - Sezione trasversale di un impianto idroelettrico semi-automatico di 4000 kWA.

di 66 m³/sec ha destato non poche preoccupazioni. L'acqua entra nella camera aspirale in cemento per mezzo di due aperture di circa 1,5 m². L'uso di saracinesche di ferro non sarebbe stato conveniente: si sono adottate porte di legno rinforzate da una caffa di calcestruzzo in modo che la costruzione risultasse abbastanza resistente e abbastanza pesante per essere tenuta in posto.

Ma la parte più interessante dell'impianto è costituita dalla regolazione semi-automatica del gruppo. La turbina è avviata a mano, ma può essere staccata automaticamente da relais in caso di eccessivo riscaldamento del sopporto di spinta Kingsbury di sovraccarico del generatore, di disturbi nell'eccitazione, di corti circuiti, di sovrariscaldamento dell'alternatore. Un dispositivo a galleggiante nel bacino segnala acusticamente le irregolari fluttuazioni del livello nel caso di mancato funzionamento

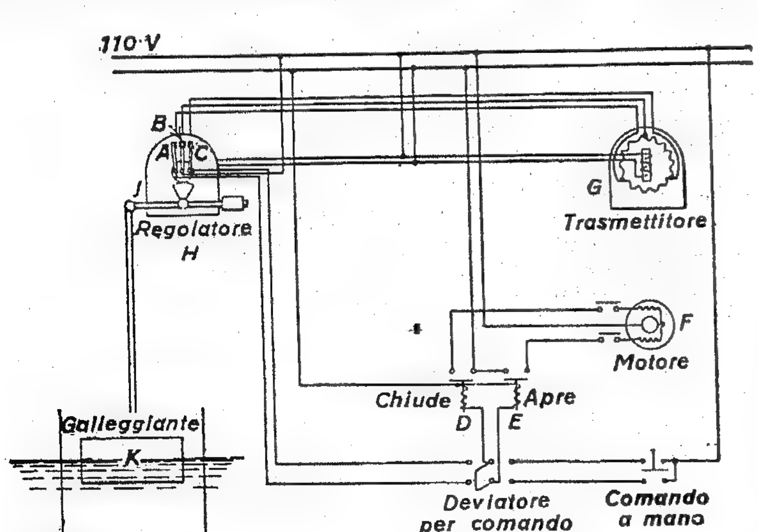


Fig. 2. - Schema dei collegamenti del dispositivo di regolazione automatica del carico e della turbina.

dell'automatismo della turbina o delle opere di scarico al sopraggiungere di piene.

La regolazione del carico della turbina in relazione alle esigenze dell'irrigazione e sotto la condizione che non vi sia spreco di acqua sino al raggiungimento della portata massima consentita — oltre il quale l'acqua viene fatta automaticamente sfiorare — e che il rendimento si mantenga sempre elevato, si realizza con lo schema qui riprodotto (fig. 2), che provvede ad azionare le pale del distributore e le pale della girante.

Il trasmettitore *G* è collegato con leve e ingranaggi alle pale del distributore in modo che girando di 180° il rotore dell'apparecchio le pale compiano tutta la loro corsa. Il regolatore *H* è provvisto di tre contatti *A*, *B*, *C*; il contatto *B* è connesso col trasmettitore; gli altri, per mezzo della leva *J* al galleggiante *K*. Una variazione di 10 centimetri in più o in meno nel livello delle acque nel bacino fa rotare di circa 180° rispettivamente i bracci *A* e *C* stabilendo un contatto tra *A* e *C* oppure tra *B* e *C*. In tali condizioni, per mezzo dei relais *D* e *E* la corrente a bassa tensione viene mandata al motore *F* che provvede a regolare la portata aprendo o chiudendo le pale distributrici. A questo punto entra in azione il dispositivo di asservimento; il movimento delle pale agisce sul trasmettitore *G* il quale collegato con *B* interrompe il contatto con *A* o con *C* riportando l'apparecchio in posizione neutra.

Il motore *F*, a movimento iniziato, mette a sua volta in azione per mezzo di una canna un secondo servomotore a olio collocato nell'albero cavo della turbina sotto il giunto turbina-alternatore; questo servomotore comanda la rotazione delle pale mobili della girante variando opportunamente gli angoli d'attacco al variare della portata, cosicchè il rendimento si mantiene elevato.

Il gruppo è servito da una gru a cavalletto di 30 tonnellate: il risparmio realizzato facendo un'installazione all'aperto si valuta in circa 12 000 dollari.

Ch.

IMPIANTO DI CALDAIE RISCALDATE CON CARBONE POLVERIZZATO NELLA NUOVA CENTRALE ELETTRICA DI PORTO-ALEGRE (Brasile).

Revue Technique Sulzer, n. 2, 1930.

Con lo sviluppo preso rapidamente da Porto-Alegre, capitale del Rio Grande do Sul, coloro che esercivano le vecchie piccole centrali per i servizi luce e tram di questa città, hanno trovato opportuno, per soddisfare meglio al servizio e per rispondere alle nuove richieste di energia, di costruire una sola centrale, sostituendo anche alla corrente continua, prima in uso, quella alternata.

La località scelta per la Centrale (fig. 1) è sulla riva della Lagune dos Patos ed offre due vantaggi, nel trasporto del carbone, che può essere fatto per via d'acqua, e nella disponi-



Fig. 1. - Vista dall'alto di Porto-Alegre; marcata in bianco si distingue la Centrale in costruzione.

bilità di una grande quantità d'acqua per la condensazione. Come si rileva però dalla fig. 2, la regolazione e l'assestamento del terreno per la nuova Centrale hanno richiesto una notevole spesa.

Il combustibile proviene dalle miniere di San Jeronymo e di Butia, a poche ore da Porto-Alegre, ed è costituito da lignite stratificata e mescolata con pietra e pirite. Si utilizzava questo combustibile poco buono anche prima soltanto per ragioni di economia nazionale, mentre molti industriali preferivano il carbone inglese che dava una combustione migliore e una minore spesa di manutenzione e di esercizio dei focolari, che compensavano il maggior costo del combustibile.

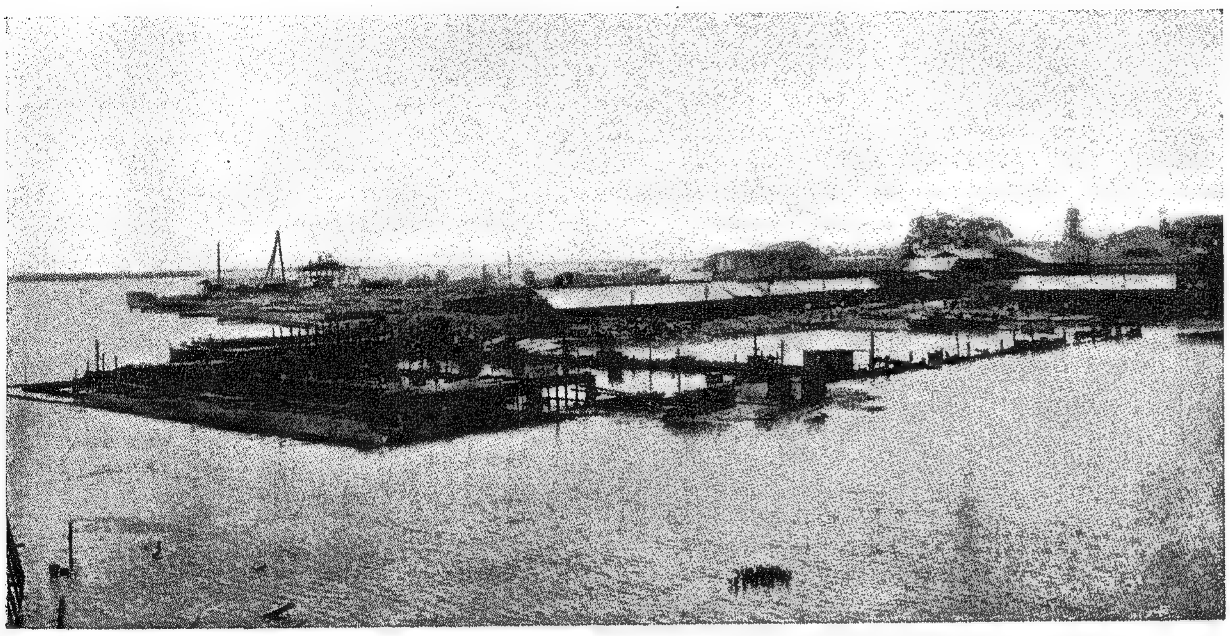


Fig. 2. - Lavori per la sistemazione del terreno per la nuova Centrale di Porto-Alegre.

I dati caratteristici di questo mediocre carbone brasiliano si possono rilevare da' risultati delle analisi eseguite al Laboratorio Federale di prova dei materiali di Zurigo:

		I	II	III
Potere calorifico inf. in cal/kg (stato in cui si è ricevuto)		3960	3453	3539
Umidità	%	8,5	13,7	7,8
Ceneri	»	25,5	35,6	39,4
Carbone	»	30,4	26,7	29,–
Materie volatili	»	25,6	24,–	23,8
		100,–	100,–	100,–
Solfo		0,5	1,3	4,2

Vi è un tenore elevato di ceneri, dovuto alla pietra contenuta nel combustibile, che non permette l'uso di griglie meccaniche, perchè queste dovrebbero avere una grande superficie; vi è poi una grande umidità che non conviene eliminare con una essiccazione preventiva.

Studiando la nuova Centrale si è deciso di adoperare combustibile polverizzato e questa risoluzione era imposta dal tipo del combustibile; si sperava con ciò di avere un rendimento, nella combustione, superiore a quello che potevano dare le griglie meccaniche e la pratica ha confermato le previsioni.

La Centrale comprende:

2 *turbo-alternatori* con le seguenti caratteristiche,

stato del vapore all'ammissione	20 kg/cm², 350° C
potenza normale per ogni unità	5000 kW
» massima per ogni unità	6250 »
numero dei giri per minuto	3000
caratteristiche energia elettrica	6600 V, ∼ 50

5 *caldaie* tubulari tipo Garbe a semplice fascio, per riscaldamento con carbone polverizzato, con surriscaldatore e con economizzatore (v. fig. 3), con i seguenti dati caratteristici,

stato del vapore prodotto	22 kg/cm², 375° C	
superficie di riscaldamento di ogni caldaia		
fascio tubulare	325 m²	totale 338 m²
superficie schermata della camera di combustione raffreddata con acqua	13 m²	
surriscaldatore	150 m²	
economizzatore	240 m²	
Volume della camera di combustione (tra il fascio di tubi e la superficie schermata)	∼ 125 m²	

2 *impianti di tiraggio forzato*, comprendenti ciascuno un ventilatore azionato da 2 motori di 60 HP ciascuno, a 720 giri/min.

5 *mulini* per il carbone, tipo Farner (1 mulino per caldaia), che lavorano senza accumulare polvere di carbone, azionati direttamente da un motore di 110 HP a 970 giri/min.

3 *pompe centrifughe* di alimentazione, 2 comandate da motore elettrico e 1 da turbina a vapore, delle seguenti caratteristiche:

capacità di ogni pompa	36 000 l/h	
altezza manometrica	245 m	
	motore elettrico	turbina a vapore
N.° giri per minuto	2900	4600
Potenza assorbita in HP	52	60
Potenza motrice in HP	60	65

Impianto di distillazione, sistema Balcke, della capacità di 6000 l/h.

Frantoio, elevatore e trasportatore di carbone, della capacità di 20 t/h.

Apparecchi di misura per le caldaie, pesa per carbone, contatore per l'acqua di alimentazione, termometri per l'acqua all'entrata e all'uscita dagli economizzatori, manometri, termometri elettrici per misure a distanza sul vapore surriscaldato e per il gas all'uscita di ogni economizzatore, apparecchi registratori e indicatori di CO_2.

Le pareti della camera di combustione sono provviste di canali d'aria che servono insieme a raffreddare il materiale refrattario delle pareti e a procurare in parte aria calda per la combustione; l'aria riscaldata dalle pareti laterali serve esclusivamente a' mulini e al ventilatore che manda l'aria a' bruciatori. La superficie inferiore ha uno schermo d'acqua che serve ad impedire la formazione di scorie e dà anche dell'acqua calda

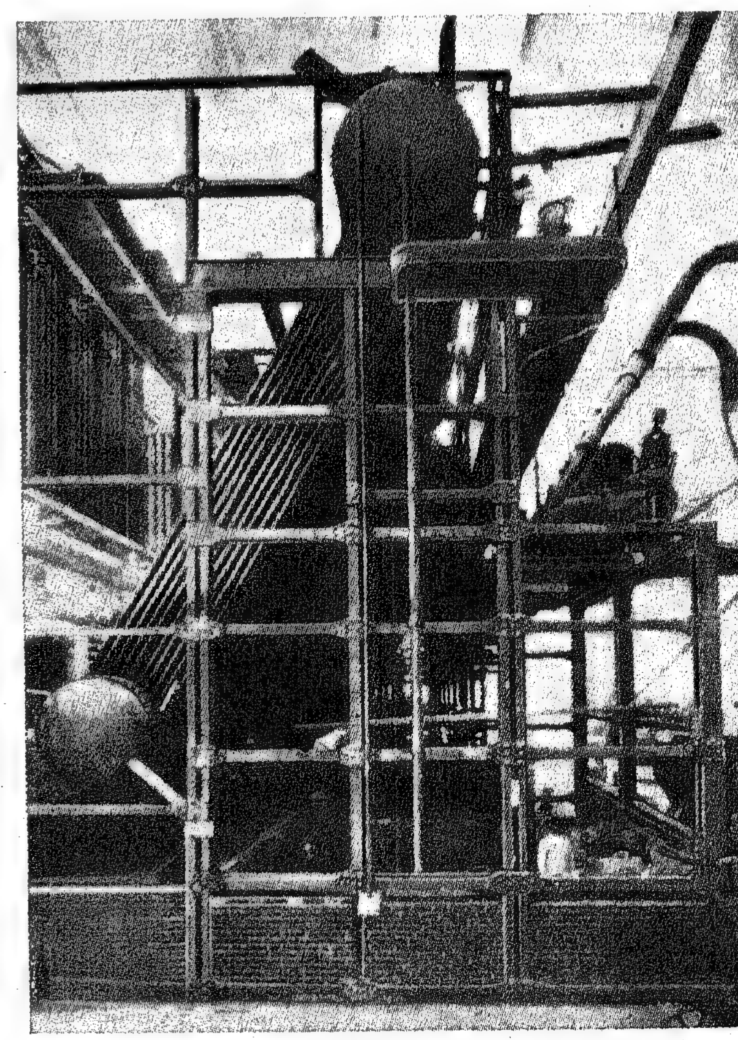


Fig. 3. - Montaggio delle cinque caldaie tubolari nella nuova Centrale Elettrica di Porto-Alegre.

alla caldaia, direttamente a mezzo di grossi tubi di circolazione che collegano rispettivamente i corpi superiore ed inferiore della caldaia a' collettori dello schermo.

L'impianto di distillazione è composto di 4 evaporatori e di un condensatore che funzionano in serie con ricupero com-

pieto; nel primo evaporatore il riscaldamento è fatto con vapore vivo a 5 kg/cm², nel secondo con vapore a 2 kg/cm² e così via e nel condensatore il raffreddamento avviene con un vuoto dell' 80%; per questo raffreddamento si ricorre ad acqua comune. L'acqua così distillata si mescola con quella di alimentazione nel serbatoio dal quale aspirano l'acqua le 3 pompe d'alimentazione.

Si era previsto di funzionare normalmente con 1 gruppo e con 3 caldaie, tenendo le altre unità di riserva; ciò è effettivamente necessario per assicurare un servizio continuo, perchè la cattiva qualità del combustibile richiede la pulizia frequente nella camera di combustione e quindi la fermata di qualche caldaia.

Il carbone dalla tramoggia di arrivo passa al frantoio, quindi con un elevatore e un nastro trasportatore viene distribuito nelle tramoggie disposte in vicinanza di ogni caldaia; all'uscita di queste tramoggie c'è una bilancia che registra il consumo di combustibile.

Nelle clausole di garanzia era specificato che il combustibile avrebbe dato 4500 cal/kg e avrebbe contenuto al massimo 30% di ceneri e 5% di umidità; invece il lavaggio alla miniera non è ancora eseguito bene e la cernita all'arrivo, fatta a mano, dipende dall'abilità e dalla volontà della mano d'opera impiegata. Così il carbone contiene dall'8 al 14% di umidità e una grande quantità di pietre che consumano le parti interne dell'impianto di polverizzazione. Le pietre sono piuttosto dure ed hanno un peso specifico di 2,2 in confronto di $\sim$ 1,4 per il carbone, quindi difficilmente vengono aspirate dal ventilatore e restano nel frantoio a continuare l'usura delle parti interne. La combustione invece va ottimamente, come lo dimostrano le ripetute ispezioni alle camere di combustione: i residui depositati sulle varie superfici sono costituiti da cenere pura e pietra polverizzata e non vi è traccia di parti non bruciate o di fuliggine; anche nella parte inferiore non si hanno scorie. La quantità di cenere è però enorme, perchè più di un terzo del peso del combustibile è costituito dalle ceneri.

Le prove ufficiali eseguite dopo 3 settimane di servizio dell'impianto, senza fare nessuna pulizia alle superfici di riscaldamento, hanno dato un rendimento dell'80% (nel contratto era garantito il 70%), cioè una produzione di vapore di 30 kg/m²h, ossia di 9550 kg di vapore per ora da ogni caldaia, considerando il potere calorifico del combustibile di 4300 cal/kg. Con la suddetta produzione di vapore, tre caldaie hanno alimentato un gruppo che ha dato 5850 kW; con una produzione massima per caldaia di 10 800 kg/h, la potenza massima sviluppata dal gruppo è stata di 6450 kW. Con carico normale la produzione di vapore per kg di combustibile è di 5 kg.

L'usura notevole delle parti interne de' frantoi, a cui abbiamo già accennato, comporta una spesa di manutenzione piuttosto alta; vale la pena di mettere in confronto questa spesa con i vantaggi ottenuti nella combustione colla polverizzazione.

Ammesso che:

il potere calorifico del combustibile reso alla Centrale sia di...............	4000 cal/kg
il consumo giornaliero dello stesso di .	100 t
il costo del combustibile reso alla Centrale di	L. 95,25/t
si ha il consumo annuo di combustibile in	36500 t
e il suo costo in	L. 3.475.000.—

La spesa per il trattamento del combustibile comprende:

manutenzione delle diverse macchine del mulino per le parti soggette a notevole usura, per t di carbone..............	L. 3,55
energia elettrica necessaria per t di carbone	» 5,75
inter. e ammortamento macchine al 25%	» 2,95
Totale	L. 12,25

La spesa totale annua per la polverizzazione del combustibile ammonta quindi, in cifra tonda, a L. 447.000 e con quella del combustibile dà L. 3.922.000.

Funzionando lo stesso impianto con un rendimento del 70%, come era stato garantito, tenendo conto della cattiva qualità del combustibile, la spesa annuale per il solo combustibile ammonterebbe a L. $\frac{80}{70} \cdot 3475.000 = \sim$ L. 3.971.400; questa cifra supera già la precedente, ma prima di metterla a confronto con quella, bisogna aggiungere la spesa per la polverizzazione del combustibile, tenendo conto altresì della mancanza di un essiccatore, previsto per diminuire il consumo di energia e l'usura delle macchine. Malgrado tutto questo la spesa totale calcolata è inferiore alla prevista.

La spesa di L. 12,25 per il trattamento di 1 t di combustibile, trova conferma nei dati di Münzinger (Dampfkesselwesen in den V. S., 1925) e della centrale di Holtwood (della Pennsylvania W. and P. Co.) che dànno per un combustibile normale rispettivamente L. 13,40 e L. 11,70 per t.

Utilizzando nello stesso impianto del carbone inglese a 7600 cal/kg e a L. 272/t, ed ammettendo un rendimento del carbone dell'84 %, la spesa totale annua per il solo carbone ammonterebbe a L. 5.043.500.—

La conclusione è facile ed è che quando si hanno a disposizione combustibili poveri, come nel caso del carbone brasiliano che si utilizzava nelle centrali di Porto-Alegre, l'impianto di riscaldamento con carbone polverizzato è quello che permette di avere i più elevati rendimenti nella combustione ed i prezzi più ridotti del vapore.

f. j.

CONTRIBUTO ALLO STUDIO DEI TEMPI DI CHIUSURA DEGLI INTERRUTTORI IN OLIO (g

E.T.Z., 4 dicembre 1930 – F. GRAUL e L. KUMLIK.

Dagli studi fatti in questi ultimi tempi sugli interruttori in olio è risultato che hanno importanza per la costruzione e la scelta dell'interruttore non solo i fenomeni di apertura, ma anche le operazioni di chiusura.

I risultati di questi studi sono già stati raccolti nelle norme tedesche V.D.E., N. 436 - R.E.H. 1929. Da queste norme risulta che la sollecitazione dell'interruttore alla chiusura è tanto maggiore quanto più lungo è il tempo di chiusura. Di qui deriva la conclusione che la chiusura deve avvenire il più rapidamente possibile, specialmente quando si tratti di interruttori per forti intensità di corrente.

Mentre le indagini per le prove sugli interruttori con comando a mano diretto sono relativamente semplici e chiare, con comandi a solenoide o con dispositivi a molla le indagini devono essere condotte caso per caso a seconda dei singoli elementi.

1. *Comando diretto a mano.*

È evidente che nel comando a mano la velocità di chiusura non dipende solo dalla grandezza dell'interruttore e dalla sua costruzione, ma anche dall'abilità e dalla disposizione fisica dell'operatore come si vede dalla fig. 1.

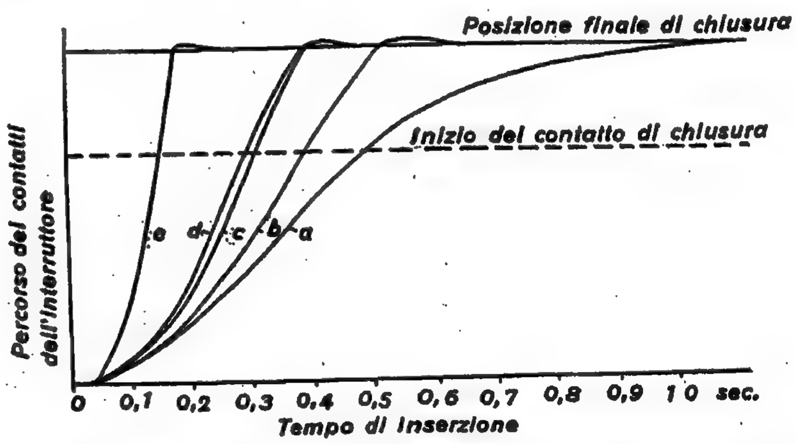


Fig. 1. - Influsso della perizia dell'operatore sul tempo di chiusura per un interruttore di grandezza media azionato da volantino (curve *a....d*); curva *e*: inserzione a mezzo di dispositivo a molla.

2. *Comandi a solenoide.*

Coll'uso di solenoidi in generale si chiude, a mezzo di pulsante o di un relais del dispositivo di sincronizzazione, il circuito di comando che provvede all'azionamento del soleonide. Qui si deve formare innanzi tutto il campo del solenoide prima che possa iniziarsi la chiusura. Bisogna perciò distinguere il tempo proprio del solenoide e dei relativi accessori e quello proprio dell'interruttore, cioè il tempo dall'inizio del movimento dell'armatura del soleonoide e della contemporanea messa in moto dell'equipaggio mobile dell'interruttore fino alla chiusura dei contatti principali dell'interruttore stesso.

La rapidità con cui si forma il campo dipende naturalmente dalla tensione; perciò secondo le norme tedesche non sono tollerate oscillazioni nella tensione della corrente di comando superiori al 10 % in più e al 15 % in meno.

Prima che la corrente raggiunga il suo valore massimo, si mette in moto l'armatura e quindi l'equipaggio mobile. Nel caso indicato il tempo proprio del solenoide è di 0,04 secondi e il tempo proprio dell'interruttore è di 0,03 sec Per il perfetto contatto dell'interruttore occorrono poi ancora 0,03 sec.

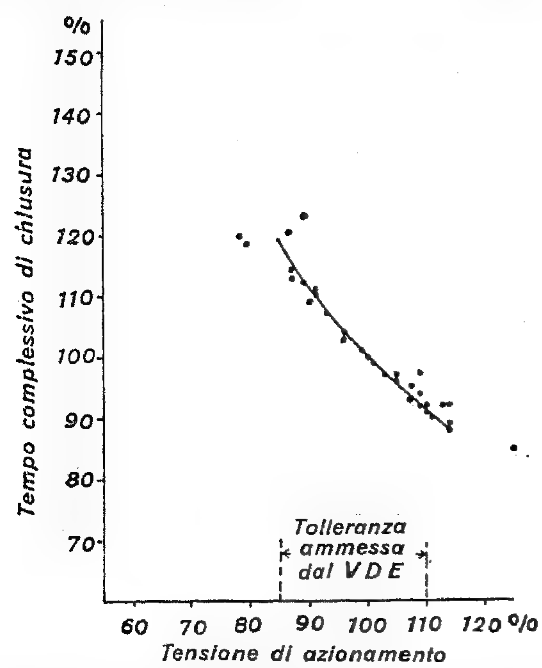


Fig. 2. - Tempi complessivi di inserzione di diversi interruttori con comando a solenoide in percento del tempo di inserzione che si verifica alla tensione nominale in funzione della tensione effettiva di azionamento.

In alcune curve l'A. mostra poi l'influenza della tensione sui tempi propri di diversi tipi di magneti e dà nella fig. 2 una curva da cui si può desumere il tempo di inserzione di interruttori e solenoidi di diverso tipo. Nella fig. 3 sono poi dati i valori assoluti dei tempi di inserzione complessivi in funzione della grandezza dell'interruttore, espressi per mezzo del momento necessario all'inserzione: si trova un minimo tempo di inserzione di circa 0,2 sec per gli interruttori più piccoli, che sale per gli interruttori tripolari dei tipi più grandi a 0,6 secondi. La fig. 4 dà poi la corrispondente potenza richiesta e si vede che varia da 4 a 40 kW.

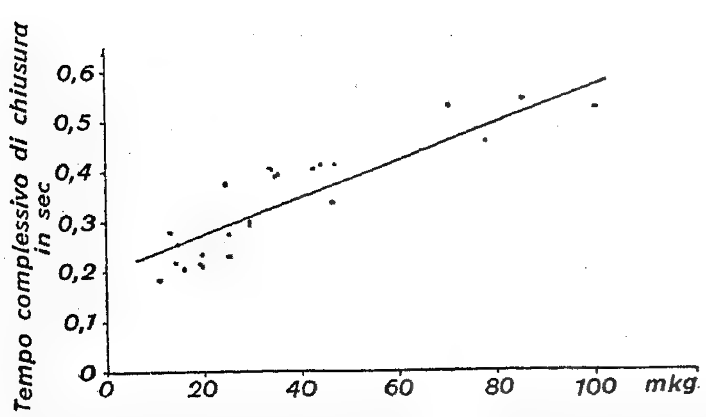


Fig. 3. - Tempi complessivi di inserzione di diversi interruttori in olio con comando a solenoide in funzione della grandezza dell'interruttore, espressa per mezzo del corrispondente momento di inserzione.

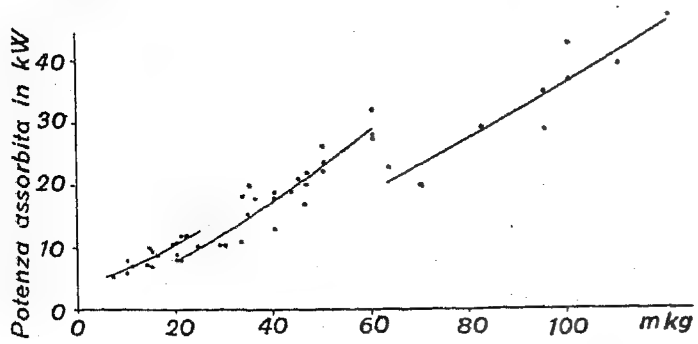


Fig. 4. - Assorbimento di potenza di solenoidi per il comando di diversi interruttori in olio, espresso in funzione del loro momento di inserzione.

Le condutture di azionamento devono essere ben commisurate, specialmente quando si adottino deboli tensioni di comando. Nella fig. 5 è dato un esempio pratico di un interruttore di media grandezza per il quale il solenoide assorbe una potenza di 20 kW. Ammettendo di disporre di una batteria di 120 Volt e 180 A, con una lunghezza di conduttura di 300 m, si dovrebbe scegliere, in base alle sole condizioni di riscaldamento dei cavi, una sezione degli stessi di 35 mm² senza tener conto della caduta di tensione. Questo corrisponde alla curva *a*: la corrispondente curva *b* dà la potenza che resta disponibile ai

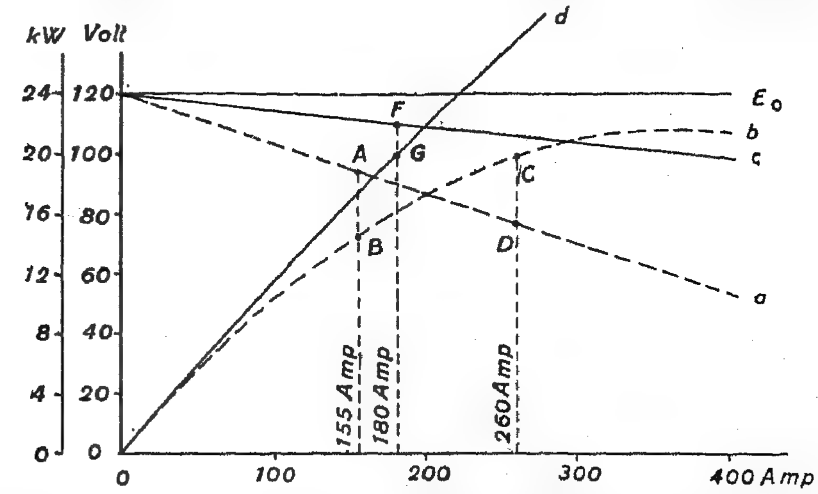


Fig. 5. - Caduta di tensione nelle condutture e assorbimento di potenza di un solenoide per diverse sezioni della conduttura.

morsetti del solenoide. In questo caso si trova una tensione residua di circa 94 V e una potenza ancora disponibile di 14 kW. La potenza per l'azionamento dell'interruttore è perciò troppo scarsa, perchè notevolmente al disotto dei 20 kW necessari. Se invece si sceglie una sezione dei cavi di 95 mm², si

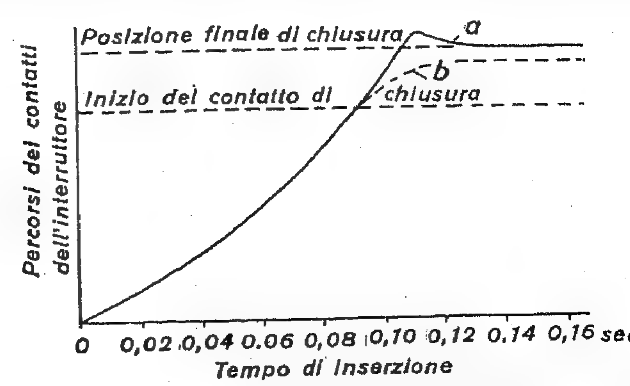


Fig. 6. - Processo di chiusura con insufficiente potenza di azionamento in seguito a grande caduta di tensione.

ottiene una curva *c* di caduta di tensione e la potenza disponibile ai morsetti del solenoide è data dalla curva *d*. In tal caso la potenza disponibile è sufficiente, perchè corrispondente a 20 kW.

Dalla fig. 6 si vede il pericolo che può verificarsi quando la potenza di azionamento dell'interruttore sia scarsa, indipendentemente dalla diminuzione di velocità di chiusura, e cioè che l'interruttore non arrivi alla sua posizione finale, ma si arresti prima senza fare pienamente contatto.

3. *Comandi a molla.*

Da quanto si è detto precedentemente risulta che per risparmiare energia nel comando è opportuno cercare di adottare dispositivi che consentano un consumo ridotto. Si sono perciò

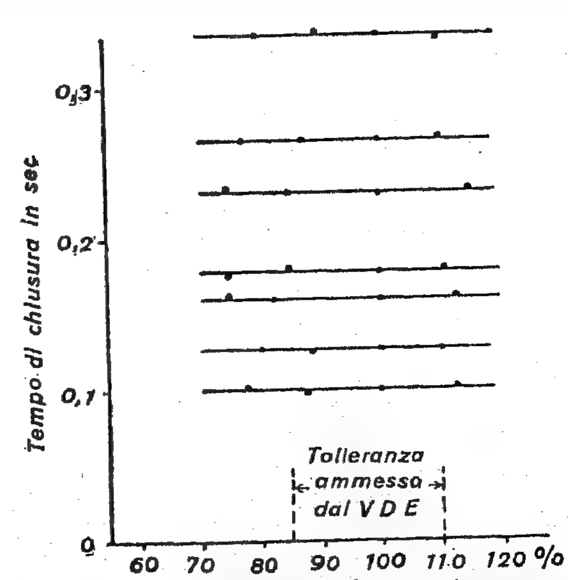


Fig. 7. - Dimostrazione della indipendenza dei tempi di chiusura proprii di diversi tipi di interruttori, provvisti di comando a molla, dalla tensione di azionamento in percento della tensione nominale del dispositivo di carica della molla.

studiati dei dispositivi che permettono di mettere in tensione una molla per provvedere poi con essa all'azionamento dell'interruttore.

Poichè in tal caso la molla si può caricare in un tempo relativamente lungo, è evidente che l'energia consumata è assai minore: così pure non si è più legati alla corrente continua necessaria all'azionamento del solenoide, ma il motore di carica può essere anche a corrente alternata.

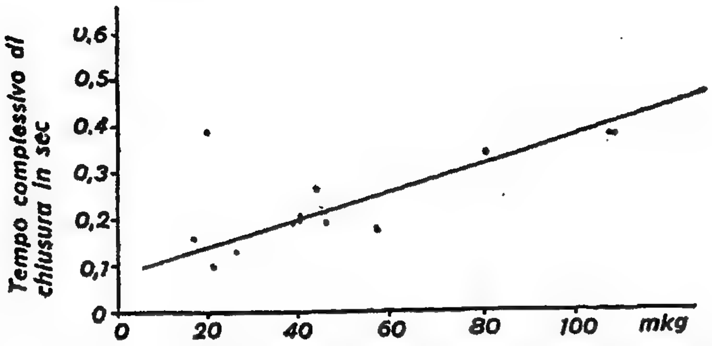


Fig. 8. - Tempi complessivi di inserzione di diversi interruttori in olio con comando a molla in funzione della grandezza dell'interruttore, espressa per mezzo del suo momento di inserzione.

Anche qui bisogna distinguere diversi tempi nella chiusura e cioè il tempo necessario perchè la molla si possa liberare, a mezzo solitamente di relais con comando a pulsante, e il tempo proprio dell'interruttore, cioè il tempo dall'inizio del movimento della molla colla corrispondente messa in moto dell'equipaggio mobile dell'interruttore, fino alla chiusura dei contatti principali.

La fig. 7 dà i tempi propri di diversi tipi di interruttori con comando a molla: essi sono evidentemente indipendenti dalla tensione di azionamento della apparecchiatura di inserzione.

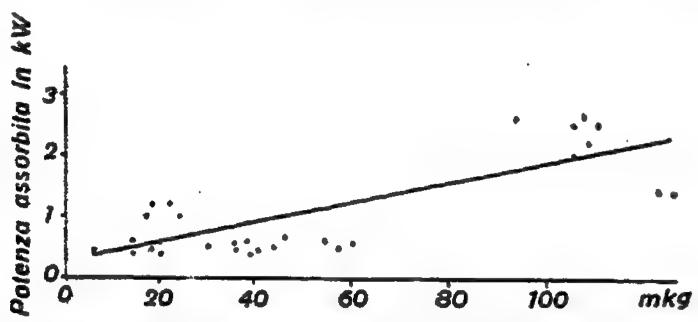


Fig. 9. - Assorbimento di potenza dei motori di carica del comando a molla in dipendenza della grandezza dell'interruttore, espressa per mezzo del suo momento di inserzione.

Nella fig. 8 sono espressi i valori assoluti dei tempi complessivi di inserzione in dipendenza della grandezza dell'interruttore espressi in funzione del momento necessario all'inserzione. Qui si trovano tempi di inserzioni variabili da 0,1 sec per i tipi più piccoli a 0,4 sec per le terne di interruttori dei tipi più grandi. Infine la fig. 9 mostra la potenza occorrente per i motori di carica delle molle pei diversi tipi di interruttori: essa varia tra 0,5 e 2 kW. Da un paragone tra i comandi a solenoide e quelli a molla si vede che con questi ultimi si ha una notevole riduzione del tempo di inserzione (fig. 3 e fig. 8). Così ad esempio il lavoro complessivo reso da un solenoide è solo di 35 kW × 0,4 sec = 14 kWsec, mentre il lavoro accumulato nelle molle di un accumulatore è di 2 kW × 20 sec = 40 kWsec. È perciò evidente che con quest'ultimo si possa ottenere una più elevata velocità di chiusura. In compenso la costruzione dei comandi a solenoide è alquanto più semplice di quella dei comandi a molla.

T. S.

h) PERDITE PER EFFETTO CORONA DI UNA LINEA TRIFASE A 220 kV

Journal of the American Institute of Electrical Engineers, dicembre 1930 – J. S. CARROLL - L. H. BROWN - D. P. DINAPOLI.

Scopo delle prove è stato il paragone, nei riguardi delle perdite per effetto corona, di diversi tipi di conduttori di diametro e materiali vari, lo studio dell'influenza del diametro dei trefoli, del metodo di avvolgimento dei conduttori stessi, dell'effetto dei cambiamenti avvenuti sulla superficie del cavo in seguito a pioggia ed a lavatura, ed infine l'effetto dell'esposizione agli agenti atmosferici. Queste prove sono state fatte per la scelta del conduttore da adottarsi per una linea a 220 kV e 60 periodi.

La linea di prova della lunghezza di 213 m (700 piedi inglesi è sopportata da catene di isolatori fissati ad un cavo sospeso tra torri d'acciaio (vedi figg. 1 e 2). I tre conduttori sono disposti

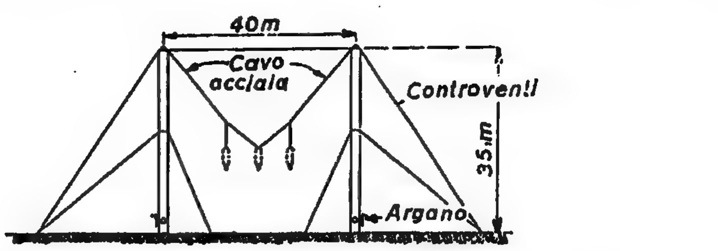


Fig. 1. - Sezione trasversale della linea di prova.

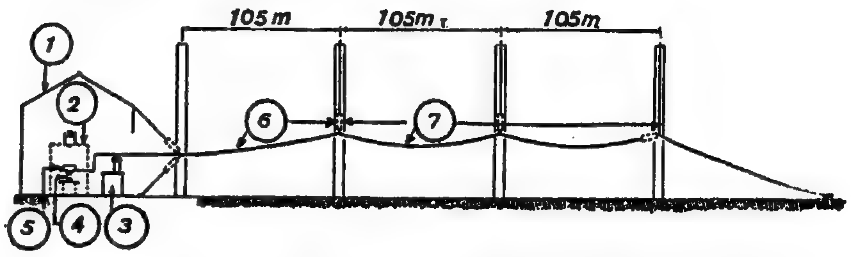


Fig. 2. - Sezione longitudinale della linea di prova.

1 Edificio del laboratorio
2 Piattaforma per l'osservatore
3 Trasformatore
4 Resistenza
5 Wattmetro
6 Cavo schermato
7 Cavo in prova.

nello stesso piano. Il cavo di prova è stato collegato col cavo schermato di uscita del Laboratorio, ad una distanza di circa 110 m da quest'ultimo. Si è adottata questa soluzione per poter costruire in modo definitivo l'uscita della linea, che rimane così invariabile, qualunque sia l'altezza e la disposizione della linea sperimentale.

Il cavo schermato di uscita è costituito da un cavo vuoto di alluminio cordato in doppio strato e del diametro di 27,9 mm in cui, a cavo ultimato, sono stati infilati due cavetti in treccia di rame isolati in gomma del N. 12. La linea è alimentata con tre trasformatori di 350 kV, 350 kVA collegati a triangolo-stella. Il neutro, sull'alta tensione, è messo a terra. I trasformatori sono alimentati con un alternatore di 1500 kVA, a 60 periodi, la cui tensione è regolata per mezzo del reostato di eccitazione. Il valore efficace della tensione fra fase e terra è misurato con un voltmetro inserito su alcune spire separate avvolte sul trasformatore e controllato con lo spinterometro a sfere. Le perdite per effetto corona sono rilevate con tre wattmetri per alta tensione inseriti su tre conduttori di linea. Lo schema delle connessioni è quello indicato in fig. 3.

La resistenza connessa ai wattmetri è costituita da una colonna d'acqua salata opportunamente schermata, le variazioni di resistenza sono provocate dalla variazione di titolo della soluzione.

La lettura degli strumenti è fatta con cannocchiali.

I conduttori provati sono i seguenti:

1° Corda del diametro di 23 mm formata di 7 trefoli composti a loro volta da sette fili del diametro di 2,56 mm, avvolti

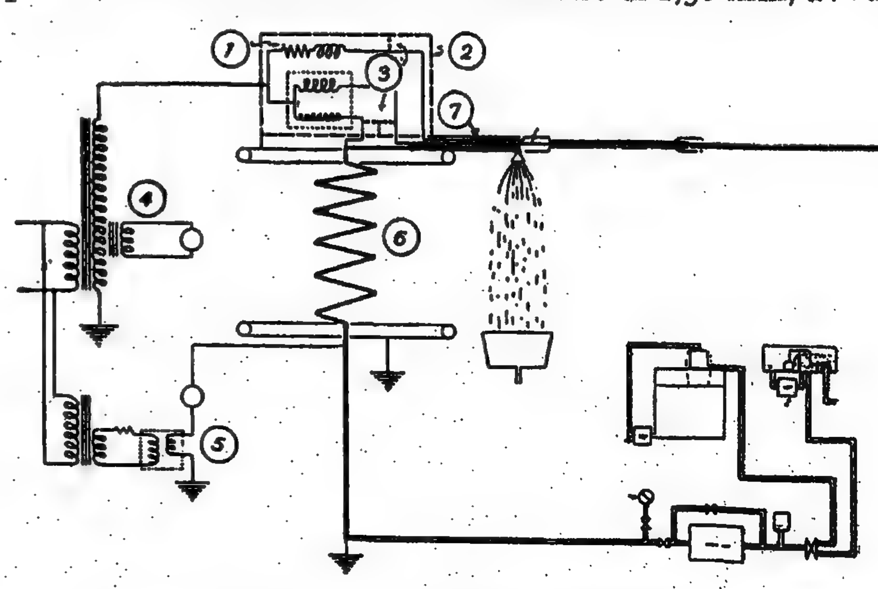


Fig. 3. - Schema delle connessioni.

1 Impedenza nel circuito schermo
2 Gabbia di schermatura
3 Spinterometro di protezione
4 Bobina del Voltmetro
5 Wattmetro per riconoscere il giusto verso di scorrimento dell'acqua
6 Resistenza regolabile ad acqua, schermata
7 Schermo del tubo di drenaggio.

nel senso destrorso con passo di 127 mm. I 7 trefoli sono avvolti in senso sinistrorso con passo di 381 mm. Di questo tipo di corda furono provati 2 campioni; uno nuovo, l'altro prelevato dalla linea a 220 kV di Pit River della Pacific Gas and Electric Co.

2° Conduttore cavo di rame di 23 mm di diametro a due strati concentrici. Strato esterno di 24 fili, strato interno di 14 fili. L'anima del cavo è costituita da due conduttori isolati in gomma.

3° Conduttore cavo di rame di 25,40 mm di diametro. Strato esterno di 50 fili, strato interno di 28 fili. L'anima è costituita da un profilato di rame avvolto a spirale di lungo passo.

4° Conduttore cavo di rame di 25,40 mm di diametro avvolto in un unico strato composto di 12 fili. L'anima del cavo è costituita come sopra.

5° Conduttore d'alluminio di 25,40 mm avvolto in doppio strato su anima d'acciaio. Strato esterno di 42 fili, interno di 24. L'anima è composta di 19 trefoli di filo d'acciaio.

Gli AA. riportano dettagliatamente illustrati i risultati degli esperimenti da loro effettuati sui cavi citati e nelle condizioni più svariate per poter conseguire gli scopi prima indicati.

Essi giungono alle seguenti conclusioni:

« I risultati delle prove mostrano che le perdite per l'effetto corona su un cavo nuovo, pulito, sono le stesse per il rame e per l'alluminio.

« L'effetto dell'esposizione dei conduttori agli agenti atmosferici, qualora questi siano esposti nelle stesse condizioni in cui vengono spediti dalla fabbrica, è quello di diminuire le perdite per effetto corona; mentre l'influenza degli agenti atmosferici su un conduttore nuovo dopo che questi sia stato lavato è di aumentare detta perdita.

« Le perdite per effetto corona nei limiti di tensione in cui si sono eseguiti gli esperimenti, intorno ai 220 kV, sono influenzati in modo trascurabile dalla posizione reciproca dei conduttori, dalla loro distanza e dalla distanza da terra.

« Sino a che non saranno fatte delle ulteriori prove l'uso di conduttori del tipo di quelli cavi di rame di 1 pollice di diametro avvolti in semplice strato, e più, per 220 kV, sarà discutibile.

« Mentre la perdita sul cavo di rame cavo di 23 mm di diametro è molto bassa a 220 kV, il suo uso non è raccomandato per una linea a tale tensione perchè non vi è margine sufficiente nel caso che debba essere utilizzato a grandi altezze, per l'accrescimento della perdita che in tal caso si ha ed inoltre per la facilità di accumulare lo sporco.

« Le perdite di un conduttore cordato sono più grandi di quelle di un conduttore avvolto in strati concentrici, dello stesso diametro.

« La diminuzione delle perdite per effetto corona dovute a lavatura del conduttore nuovo, sembrerebbero giustificare la rimozione del grasso del conduttore direttamente in officina, piuttosto che aspettare che il tempo faccia questo con una considerevole perdita di energia ».

L'apparente contraddizione tra quest'ultima conclusione e quella più avanti indicata è dovuta al fatto che la diminuzione della perdita per effetto corona subito dopo lavato il conduttore nuovo, è di gran lunga maggiore all'aumento di perdita dovuto all'invecchiamento del conduttore così trattato ed anche se per un conduttore non lavato, esposto agli agenti atmosferici, la perdita per effetto corona con l'andare del tempo diminuisce, questa in ogni caso non potrà mai diminuire così notevolmente, come quando si fa la lavatura del conduttore.

C. R.

---

i) **PUNTI D'INSTALLAZIONE DELLE PROTEZIONI CONTRO I FULMINI SULLE LINEE**

Electrical World, 22 novembre 1929, pag. 946.

Qual'è la posizione migliore in cui applicare gli apparecchi protettivi contro le sovratensioni causate da fulmini? L'A. fa l'ipotesi generalmente ammessa di onde a fronte ripido, a profilo rettangolare. In pratica le perturbazioni si propagano con fronte inclinato, cosicchè le onde invece di avere un profilo piatto presentano effettivamente una cuspide. Inoltre si trascura lo smorzamento che di fatto esiste sempre; si ammette infine che la caduta di potenziale all'attacco dello scaricatore sia ripida, comportamento questo che non è però nella maggior parte dei casi lontano dalla realtà.

Allorchè un'onda raggiunge un punto di un impianto ove si ha variazione di impedenza, per la presenza di un trasformatore, di un cavo o dello stesso apparecchio di protezione, l'andamento dell'onda cambia, una parte è riflessa con polarità diretta o inversa, in relazione ai valori dell'impedenza della linea. La tensione risultante, che è la somma di quella incidente e di quella riflessa, è data dall'equazione

$$e_r = e \frac{2 Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

essendo Z_1 e Z_2 le impedenze della linea e del circuito al di là del punto di variazione. L'onda riflessa è evidentemente $e_r - e$. Così per $Z_2 = \infty$ (linea aperta) $e_r = 2e$ e l'onda è riflessa interamente con polarità diretta. Per $Z_2 = Z_1$ (linea che termina con una resistenza equivalente all'impedenza della linea stessa) $e_r = e$ e non si ha riflessione. Per $Z_2 = 0$ (linea messa a terra) $e_r = 0$ e l'onda riflessa é $-e$. Si ha cioè riflessione totale con polarità inversa.

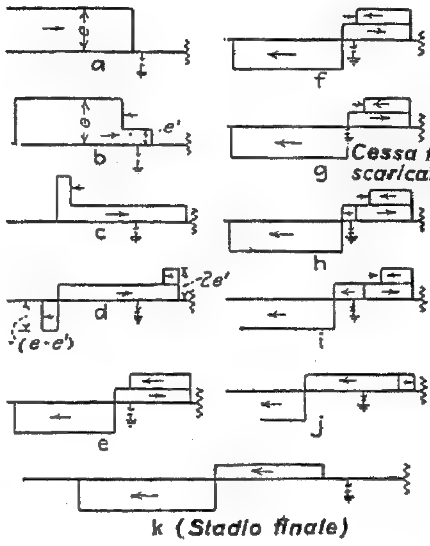


Fig. 1.

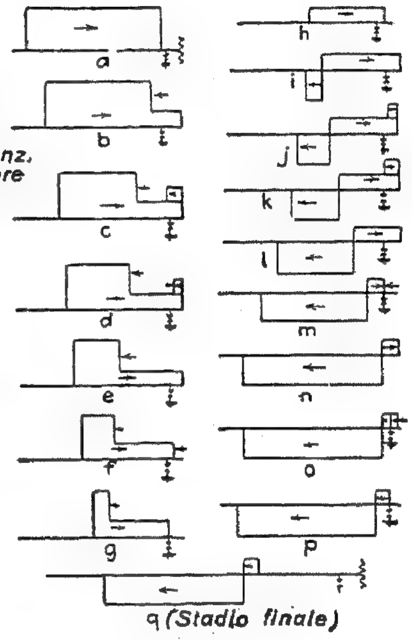


Fig. 2.

In ogni punto la tensione risultante si ha sottraendo dal valore della perturbazione (e) in quel punto, il termine $e_r - e$.

Queste operazioni, e il comportamento relativo delle onde, possono essere messe in evidenza per via grafica, come risulta dagli schizzi qui uniti (figg. 1 e 2) che si riferiscono alla protezione di un trasformatore nei due casi di scaricatore messo a qualche distanza dalla macchina da proteggere e di apparecchio montato in stretta vicinanza alla macchina.

L'esame dei grafici mostra che nel primo caso, il doppio della tensione relativa allo scaricatore (e') si stabilirà ai morsetti del trasformatore per un tempo sensibilmente più lungo che nel secondo caso. Con lo scaricatore vicinissimo al trasformatore, la tensione fluttua in questo breve intervallo tra $2e'$ e zero.

In pratica, con onde a fronte inclinato, se l'incremento di tensione dell'onda è tale che questa raggiunga il valore e' in meno del tempo richiesto al treno migrante per compiere due volte il tratto tra lo scaricatore e il trasformatore, la sopraelevazione all'estremo di questo raggiungerà $2e'$ e la sopraelevazione si stabilirà più a lungo coll'aumentare del grado di ripidità. In forma analitica, la tensione ai morsetti del trasformatore è espressa da

$$e_{Tr} = e' = 2 \frac{de}{dt} T$$

essendo T il tempo richiesto dall'onda per percorrere il tratto tra il trasformatore e l'apparecchio di protezione. Risulta così evidente il vantaggio di mettere lo scaricatore il più vicino possibile alla macchina.

L'A. esamina pure il caso dell'esistenza di una derivazione prima del trasformatore e promette in un prossimo articolo lo studio dell'effetto dei cavi e le conclusioni definitive circa la posa degli scaricatori.

Cu.

LA SPINTA DEL VENTO IMPETUOSO CONTRO LE STRUTTURE ELEVATE 1

World Power, luglio 1930, pag. 23. – A. MORRIS THOMAS.

La pressione che il vento può esercitare contro le costruzioni è di solito ritenuta compresa fra 100 e 150 kg/m² senza alcun riferimento alla località ed all'altezza della struttura; in condizioni eccezionali tuttavia sono stati registrati dei valori della

spinta persino di 440 kg/m². Nella scelta del valore della pressione da introdurre nel calcolo bisogna tenere conto di altri due elementi: la probabilità che il vento possa superare una data velocità (e quindi anche pressione) almeno una volta in un certo periodo di anni e il tempo durante il quale la velocità mantiene il valore massimo (è noto che i massimi della velocità del vento si mantengono per un tempo breve, valutabile a secondi, e si ripetono con una certa frequenza durante un uragano). Le pulsazioni della velocità del vento attorno al valore medio hanno un periodo di circa 7 secondi e il rapporto fra il valore massimo e il valore medio della velocità stà fra 1,3 e 1,8. Se si ritiene che la spinta del vento sia proporzionale al quadrato della velocità si commette un errore in difetto calcolando la spinta in base alla velocità media (il valore effettivo di una grandezza alternativa è infatti maggiore del valore medio). Una costruzione leggera, quale può essere un palo a traliccio, risente più facilmente di queste pulsazioni di una costruzione in muratura che a parità di superficie investita presenta una massa e quindi un'inerzia molto maggiore. Si può invece ritenere trascurabile l'influenza della temperatura e della pressione barometrica dell'aria sul valore della spinta del vento.

La spinta del vento su una superficie piana di estensione indefinita si valuta con la seguente formula:

$$P = 0{,}057\ v^2$$

dove P risulta espresso in kg/m² quando v sia dato in km/ora. Se poi la superficie investita dal vento non è piana si dovrà tenere conto della forma geometrica della superficie moltiplicando P per un fattore che nei casi seguenti assume questi valori:

superf. rettangolari molto allungate	$K = 2$	(profilati di ferro)
prismi »	$K = 1{,}6$	(grandi costruz.)
superf. cilindriche	$K = 0{,}8$	(camini)
» »	$K = 0{,}7$	(serbatoi d'acqua)
superf. quadrate normali al vento	$K = 1{,}1$.	

L'A. riporta un esempio di applicazione del metodo statistico alla scelta del valore da attribuire alla pressione massima del vento; per tale ricerca egli si è servito dei dati meteorologici sulla velocità del vento raccolti a Southport durante un periodo continuativo di 10 anni. L'influenza dell'altezza sul valore della spinta così trovato può essere valutata con una delle tre formule seguenti:

1) $V = 0{,}5\,[1 + \sqrt{(1 + 0{,}0156\,h)\,(1 - 0{,}00087\,h)}]\,V_t$ (Wing) dove V è la velocità all'altezza h (in m) e V_t la velocità a terra;

2) $V = V_0 \sqrt[5]{\dfrac{h}{h_0}}$ (Hellmann) dove V è la velocità all'altezza h;

3) $V = V_1\,(0{,}4 \log h + 0{,}6)$ (E.R.A.) dove V_1 è la velocità a 10 m dal suolo (in m).

TAB. I.

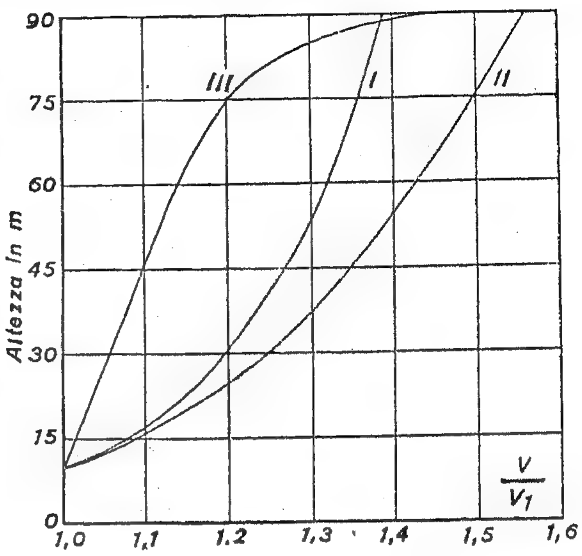
Variazione della velocità del vento con l'altezza

Altezza da terra in metri	Rapporto della velocità del vento a quella a 10 m calcolata con la		
	formula E.R.A.	equazione di Hellmann	equazione di Wing
15	1,08	1,09	1,02
30	1,20	1,25	1,06
45	1,27	1,35	1,10
60	1,32	1,43	1,14
75	1,36	1,50	1,20
90	1,39	1,56	1,45

Le strutture in ferro che interessano le linee elettriche non superano mai i 90 m di altezza; la prima formula dà, a parità di altezza, dei valori per la velocità del vento minori della seconda, mentre la terza dà dei valori intermedî. La formula di Hellmann porta a dei risultati più attendibili e ci permette di valutare, attraverso alla curva delle probabilità precedentemente detta, la frequenza con la quale si presenterà una data pressione fino all'altezza di 90 m in un periodo ad es. di 100 anni; la spinta all'altezza h si calcola con la formula:

$$P = P_0 \left(\frac{h}{h_0}\right)^{\frac{2}{5}}$$

Per completare il lavoro di ricerca bisogna inoltre tenere conto dell'errore più probabile in base alla formula: $x \pm 0{,}67 \sqrt{x}$ = *frequenza più probabile* di un dato evento dedotta dalla teoria



dei minimi quadrati (dove con x si intende la frequenza con la quale il vento supera una data velocità in un certo periodo di anni).

Una migliore approssimazione si ottiene disegnando la curva delle probabilità sotto forma di diagramma logaritmico; si porta sulle ascisse il logaritmo del numero dei giorni nei quali si intende esteso il periodo di osservazione e sulle ordinate la massima spinta dell'aria che si verifica una sola volta in detto periodo. Le curve che si ottengono per diverse altezze sono delle rette e si possono facilmente extrapolare anche a periodi di tempo maggiori di quello preso in esame nello studio statistico.

I. L.

NUOVI OSCILLOGRAFI A MAGNETE PERMANENTE

General Electric Review, settembre 1930, – M. A. RUSHER.

L'uso degli oscillografi si va sempre più estendendo ed ora questi apparecchi vengono largamente impiegati anche in altri campi al di fuori di quello strettamente elettrotecnico; anche la scienza medica applica ora gli oscillografi per studiare i battiti del cuore. Però per le diverse applicazioni degli oscillografi bisogna avere a disposizione tipi adatti: per le frequenze più basse fino a 2000 periodi viene usato l'oscillografo a galvanometro del tipo a magnete; per le frequenze più elevate viene invece usato l'oscillografo a raggi catodici.

L'A. si occupa nell'articolo di due nuovi tipi di oscillografi a magnete permanente a sei elementi, di uso generale, e a due elementi, portatile.

Un oscillografo del tipo a sei elementi è rappresentato nella fig. 1; esso è montato in una cassetta di noce di dimensioni limitate. I galvanometri per le misure di tensione o di corrente sono a tenuta d'olio; il magnete permanente stesso forma la cassetta di tenuta. Ogni galvanometro è contenuto in un sostegno apposito munito di viti di livello (fig. 2). La sensibilità e la frequenza di questi galvanometri sono eguali a quelle dei corrispondenti tipi di vibratori nell'oscillografo elettromagnetico. Per lo smorzamento delle oscillazioni è stato adottato un liquido che dà uno smorzamento critico alle temperature normali di funzionamento. Si possono usare anche galvanometri di potenza a tre elementi o ad un solo elemento e possono essere

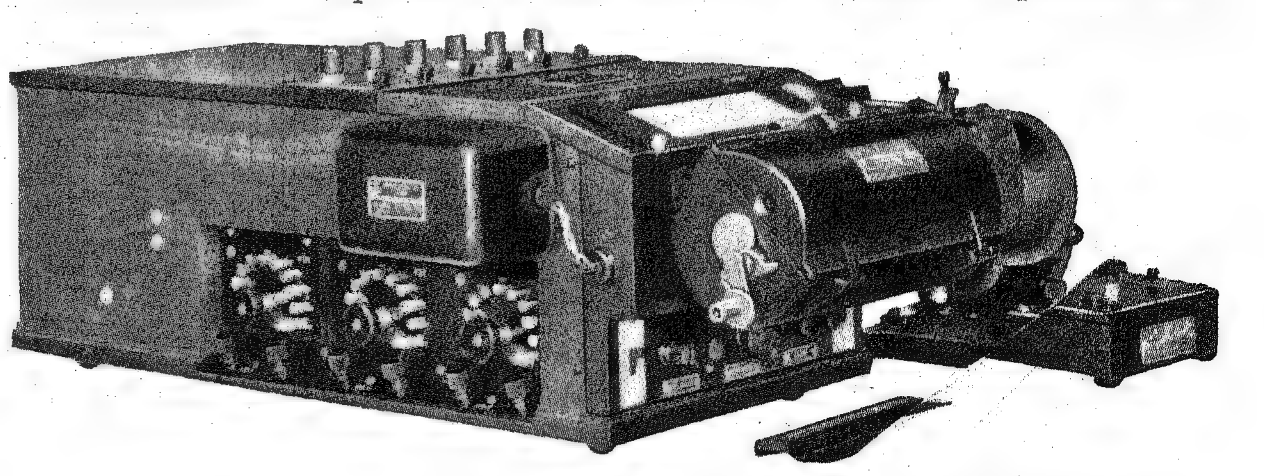


Fig. 1. - Oscillografo a 6 elementi con magazzino port pellicole e con tre reostati intercambiabili per i circuiti de' vibratori.

collocati nello stesso spazio destinato a un galvanometro di corrente o di tensione. Questi galvanometri hanno lo scopo di registrare la somma dei valori istantanei di potenza in reti sia con neutro a terra che con neutro isolato. Adatti reostati sem-

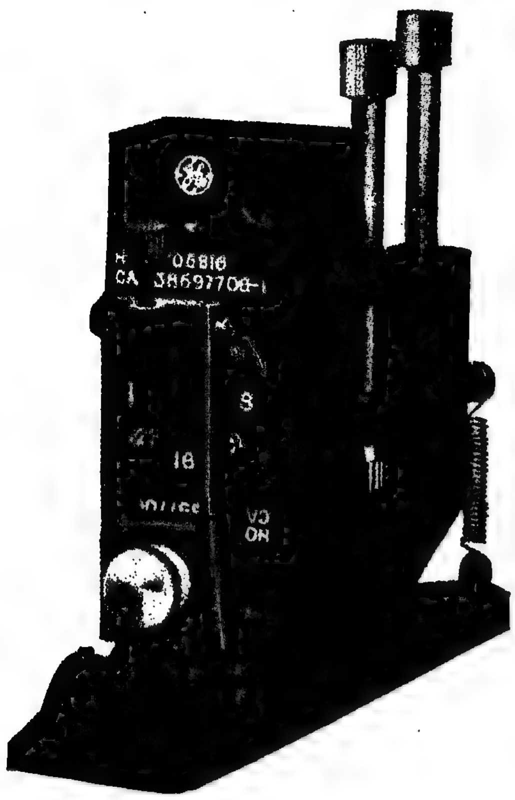


Fig. 2. - Galvanometro a magnete permanente per l'oscillografo a 6 elementi.

plificano il collegamento di tali galvanometri ai trasformatori di misura occorrenti.

Per le misure di tensione fino a 250 Volt, e pure per quelle di corrente, l'oscillografo è provvisto di sei reostati, tre per le prime misure e tre per le seconde, inseriti nei circuiti dei vibratori e collocati ai lati della cassetta. I tre reostati per le misure di tensione possono essere sostituiti dai tre per le misure di corrente in modo che ogni galvanometro può essere usato sia per corrente che per tensione.

L'oscillografo (fig. 3) è isolato per resistere a una prova di alta tensione fra i galvanometri di 10 000 Volt a 60 periodi per un minuto. Può essere con sicurezza usato con 3000 Volt fra i galvanometri, se i collegamenti sono portati direttamente ai galvanometri attraverso i fori situati nella parte posteriore della cassetta. Si possono pure fornire reostati per circuiti fino a

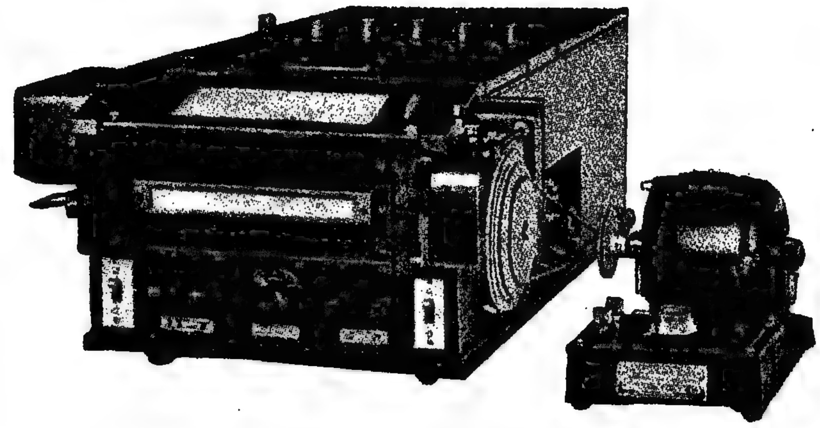


Fig. 3. - Oscillografo a 6 elementi visto di fronte.

1500 Volt e due di questi possono essere collegati in serie per 3000 Volt.

L'oscillografo è stato progettato per un funzionamento semplice e sicuro. Gli interruttori dei vibratori sono collocati nell'interno della cassetta colle impugnature isolate che sporgono attraverso il quadretto in posizione facilmente accessibile; le valvole sono collocate dietro gli interruttori e sono coperte con protezioni isolanti. Nella parte anteriore dell'oscillografo sono montati gli altri interruttori e un reostato che permette di regolare l'intensità della luce durante l'esposizione.

L'oscillografo dà registrazioni precise e chiare; l'aberrazione cromatica è stata ridotta al minimo: il fascio di luce entra e lascia i prismi normalmente alle loro facce, essendo i prismi riflettenti distanziati esattamente come i corrispondenti specchi dei vibratori; così si hanno oscillogrammi molto nitidi e contrastanti (fig. 4). Un altro elemento favorevole per ottener buoni oscillogrammi è dato dalla lampada a filamento nastriforme concentrato.

La stabilità e la costanza di taratura di questo oscillografo sono provate dal fatto che uno strumento di questo tipo fu di recente usato in tre prove differenti che richiesero fossero fatti percorrere allo strumento complessivamente quasi 1300 km, senza che fosse necessario procedere ad alcuna nuova messa a punto.

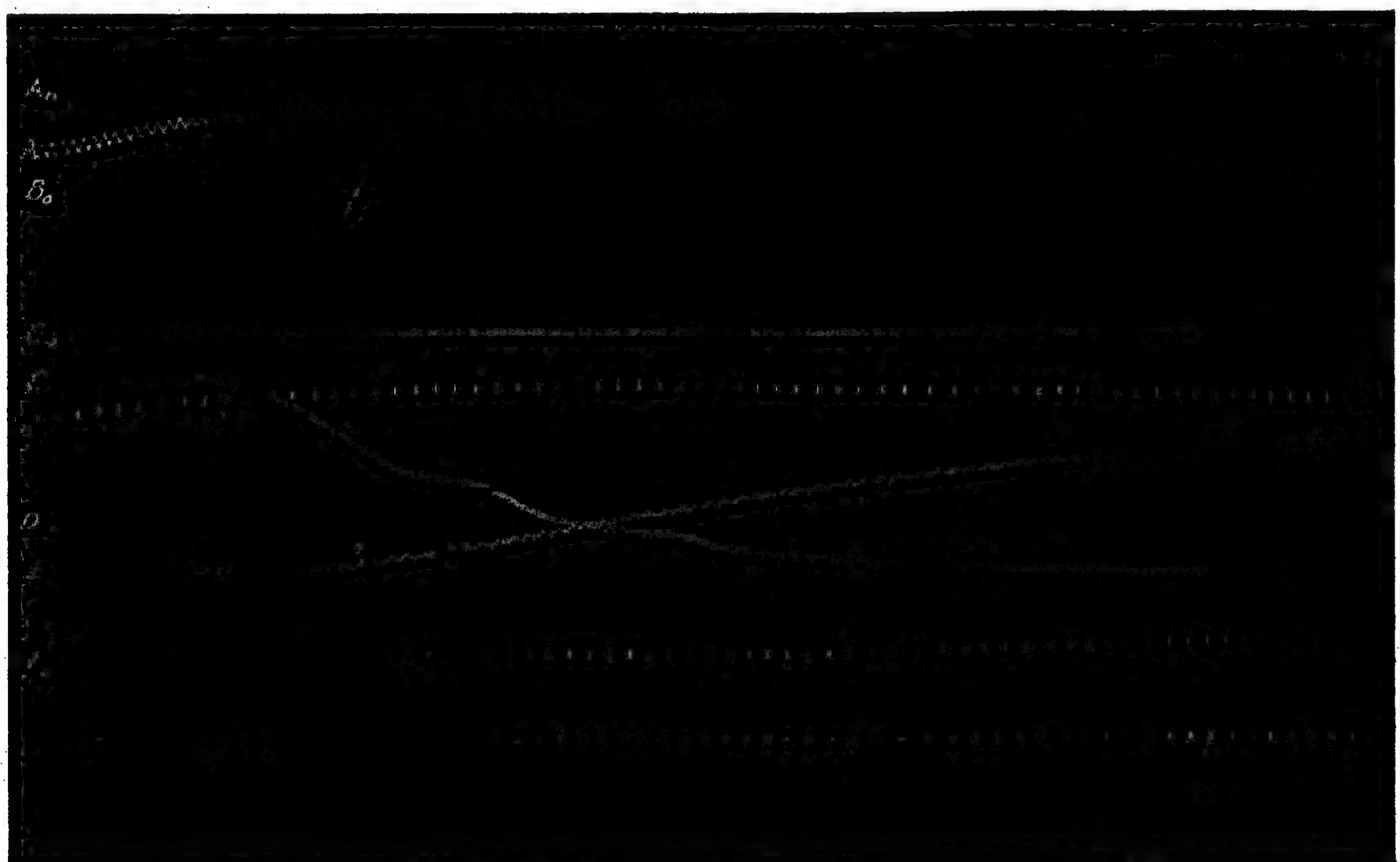


Fig. 4. - Oscillogramma preso alla velocità di m 13,70 al minuto con pellicola a rullo. La figura mostra la nitidezza della registrazione e l'uso degli indicatori di zero (A_0, B_0, C_0 ed E_0).

Le pellicole fotografiche possono essere caricate alla piena luce del giorno; sono tese fra i due supporti in modo che il vibratore N. 1 traccia l'onda alla sommità dell'oscillogramma e il N. 6 alla base colla sequenza del succedersi dei fenomeni da sinistra a destra, il che semplifica assai la lettura delle registrazioni ed elimina errori nell'interpretazione dei risultati. Possono essere aggiunti indicatori per registrare le linee di zero; per le registrazioni in corrente alternata vi è un indicatore di zero più semplice, che lascia un intervallo tutte le volte che l'onda passa per la posizione zero.

Il diaframma viene fatto funzionare meccanicamente; è poi unito un meccanismo di comando per fenomeni transitori, che si può usare per ritrarre l'andamento di un transitorio quando il diaframma è aperto o, in certi momenti predeterminati, prima che funzioni il diaframma. Questo rende possibile di ottenere ciò che prima si realizzava con pendoli oscillanti, pesi cadenti e altri simili dispositivi.

Questo oscillografo è particolarmente adatto per prove di campagna su reti elettriche, poichè è facilmente trasportabile e può essere fatto funzionare con una batteria portatile di 6 V. Si può anche far in modo che questo oscillografo funzioni automaticamente quando si verifichi una sovratensione che produca una corrente eccessiva in una linea o verso terra. Si applica allora un'unità di comando automatico provvista di relais che fa funzionare l'oscillografo quando la corrente del neutro raggiunge un valore determinato. Nello stesso tempo questo oscillografo si presta bene per le più rigorose osservazioni di laboratorio.

L'A. descrive poi l'oscillografo portatile a due elementi: esso è relativamente leggero perchè pesa solo 13 kg circa; tutti i comandi sono montati su di un quadretto che viene riparato dal coperchio della cassetta, quando questa è chiusa.

La principale applicazione di questo oscillografo è quella per conoscere le forme d'onda di fenomeni ricorrenti. Si può registrare anche un fenomeno transitorio, se non è di troppo breve durata.

Questo oscillografo ha due galvanometri a magnete permanente: i loro vibratori hanno una frequenza naturale non smorzata di 3000 periodi per secondo ed una sensibilità di due milliampere per deflessione di un millimetro sul quadrante. Quantunque i due galvanometri siano perfettamente identici ed intercambiabili, uno è disposto per misure di tensione e l'altro per misure di corrente. L'energia occorrente per il funzionamento dell'apparecchio può essere presa da un circuito luce a corrente alternata a 110÷120 V.

È stato studiato anche un tipo di oscillografo che abbia a mostrare in modo continuo le forme d'onda su di uno schermo. Un motorino sincrono monofase, che si può avviare da sè, comanda lo specchio oscillante che proietta il fascio di luce sullo schermo. Queste onde appaiono fisse sullo schermo se la sorgente di corrente alternata usata per azionare il motorino è la stessa di quella connessa ai galvanometri. Le onde possono anche essere fotografate se sullo schermo viene posta carta sensibile e l'oscillografo viene usato in una camera oscura.

T. S.

---

n) MOTORE A COMBUSTIONE O MOTORE ELETTRICO NEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI

Elektrotechnik und Maschinenbau, 30 novembre 1930. – G. Markt.

La scelta del comando più adatto per le macchine operatrici di uno stabilimento industriale va fatta in base ad un calcolo preventivo che permetta di dare un giudizio sufficientemente esatto sulla convenienza di impiegare motori elettrici alimentati dalla rete di distribuzione oppure sorgenti proprie di energia con motori a combustione.

È errato basare il giudizio della convenienza di una piuttosto che dell'altra macchina di comando, unicamente sul confronto del costo specifico dell'energia messa a disposizione della macchina stessa. Questo porta a considerare soltanto il processo di trasformazione dell'energia in sè stesso, mentre trascura molti altri fattori che pesano sulla valutazione dell'economia realizzabile con un determinato impianto. Anche un confronto fatto ammettendo che le macchine funzionino in permanenza a pieno carico conduce in errore: è necessario che siano prese in considerazione le reali condizioni di esercizio previste, con la valutazione del fattore di carico dell'impianto ossia della durata di utilizzazione della potenza massima. Oltre a questi elementi che interessano semplicemente l'economia dell'esercizio, è necessario tenere calcolo delle eventuali perturbazioni che possono causare l'arresto delle macchine comandate e quindi una perdita per la produzione dello stabilimento, nonchè della possibilità di aumentare in seguito, semplicemente, la potenzialità dell'impianto industriale.

Non è sempre facile apprezzare a priori con esattezza le reali condizioni di carico delle macchine durante un giorno o durante un anno. Statistiche con dati ricavati dall'esercizio di impianti affini sono utili allo scopo.

In generale, si conosce con sufficiente esattezza il numero annuo di ore di esercizio, ma non è noto il fattore di carico che ha un'importanza di prim'ordine.

L'A. con un esempio pratico dimostra con quali criteri va fatta l'analisi del problema.

In una piccola officina meccanica il lavoro si svolge giornalmente per 8 ore durante 300 giorni all'anno. La potenza massima totale richiesta dalle macchine operatrici è di 50 HP. Queste ultime, nel caso di installazioni di un motore a combustione, sono previste per comando mediante due trasmissioni separate con potenza egualmente ripartita di 25 HP. Alla prima trasmissione fanno capo le macchine con potenza variabile da 5 a 10 HP (gruppo I), alla seconda le altre con potenza inferiore a 5 HP (gruppo II). Come motori a combustione vengono presi in considerazione un motore Diesel, un motore a gas ed un motore a benzina. Per il caso del comando elettrico, si è previsto il comando individuale di ciascuna macchina, mediante motori elettrici di potenza adatta.

il calcolo si basa sui seguenti dati:

potenza assorbita dalle macchine operatrici	50	HP
ore annue di esercizio	2400	h
perdita di potenza nelle trasmissioni, compresi ingranaggi	10%	(5 HP)
perdita di potenza del comando principale	4%	(2 HP)
perdita annua di energia nelle trasmissioni (5+2).2400	16800	HPh
potenza del motore di comando	57	HP
rendimento medio dei motori elettrici del gruppo I	86%	
rendimento medio dei motori elettrici del gruppo II	83%	
perdita tra motore elettrico e macchina operatrice	2%	
perdita tra contatore e motore elettrico ..	1%	

I – *Motore Diesel.*

Potenza 57 HP a 300 giri/min.
Consumo specifico di combustibile garantito:

4/4 di carico 180 g/HPh di olio pesante da 10 000 Cal / kg } toll.
2/4 » 200 » » » » 10 000 » » » } +10%

Per la determinazione del costo annuo del combustibile, i valori garantiti sono stati aumentati del 5 % (189 e risp. 210 g) per tenere calcolo dell'aumento di consumo specifico col deterioramento della macchina.

Il consumo di combustibile risulta quindi:

a pieno carico:

$$V_{4/4} = 0{,}189 \cdot 57 = 10{,}773 \text{ kg/h}$$

a metà carico:

$$V_{2/4} = 0{,}210 \cdot 28{,}5 = 5{,}985 \text{ kg/h}$$

a vuoto:

$$V_0 = 2\,V_{2/4} - V_{4/4} = 1{,}197 \text{ kg/h}$$

in corrispondenza del carico L

$$V_L = 1{,}197 + \frac{10{,}773 - 1{,}197}{57} L = 1{,}197 + 0{,}168\,L \text{ kg/h}$$

Il consumo V di combustibile per una potenza di L HP ed una durata di esercizio pari ad h ore risulta:

$$V = 1{,}197\,h + 0{,}168\,Lh \text{ kg di olio pesante}$$

La spesa annua per il combustibile, ammesso che il prezzo di questo sia eguale a k lire /kg e che il motore a combustione interna funzioni per 2400 ore e le macchine operatrici per h ore, sarà:

$$K = k\,(5695{,}2 + 8{,}4\,h) \ldots\ldots L/\text{anno}$$

II – *Motore a gas.*

Potenza 57 HP a 150 giri/min.
Consumo specifico di combustibile garantito:

4/4 di carico 0,59 m^3/HPh di gas luce da 3800 Cal/m^3 } toll.
2/4 » 0,73 » » » » » 3800 » } +10%

Spesa annua per il combustibile, funzionando il motore a combustione per 2400 ore e le macchine operatrici per h_a ore

$$K = k\,(28048 + 23{,}625\,h_a) \ldots\ldots L/\text{anno}$$

III – *Motore a benzina.*

Potenza 57 HP a 1000÷1500 giri/min.
Consumo di combustibile garantito:

4/4 di carico 270 g/HPh di benzina da 10000 Cal/kg	}	toll.
2/4 » 360 » » » 10000 »	}	+ 10%

Spesa annua per il combustibile, per funzionamento del motore a combustione durante 2400 ore e le macchine operatrici per h_a ore:

$$K = k\,(16103 + 9{,}45\ h_a) \ldots . L/\text{anno}$$

IV – *Motori elettrici.*

I motori elettrici non funzionano se le macchine operatrici sono ferme: sono quindi nulle le perdite a vuoto.

Energia assorbita dai motori del gruppo I e, rispettivamente del gruppo II durante h ore di funzionamento delle macchine operatrici:

$$V_I = 25 \cdot \frac{1{,}02}{0.86 \cdot 0{,}99}\ h_I\ . 0{,}736 = 22\ h_I\ \text{kWh}$$

$$V_{II} = 25 \cdot \frac{1{,}02}{0.83 \cdot 0.99} - h_{II} \cdot 0{,}736 = 22{,}85\ h_{II}\ \text{kWh}$$

Costo annuo del combustibile, ammesso un prezzo per l'energia pari a *k* lire /kWh ed un canone annuo fisso di *b* lire:

$$V = k\,(22\ h_I + 22{,}85\ h_{II})\ b \ldots\ldots L/\text{anno}$$

Il costo annuo totale per i 4 tipi di comando, calcolati in base ai prezzi correnti delle macchine, del combustibile e dell'energia elettrica risulta dalla tabella I sotto riportata. Il costo totale risulta da un prezzo fisso dovuto, particolarmente, all'interesse e all'ammortamento del capitale e da un prezzo variabile dovuto al costo del combustibile o dell'energia elettrica.

La spesa totale annua per i 4 tipi di comando, riferita a 2400 ore di esercizio ed h_a ore di utilizzazione della potenza massima; risulta quindi espressa dalle formule:

motore Diesel	$D = 22370 + k\,(5695{,}2 + 8{,}4\ h_a)$
motore a gas	$G = 22280 + k\,(28048 + 23{,}625\ h_a)$
motore a benzina	$B = 18020 + k\,(16103 + 9{,}45\ h_a)$
motori elettrici	$E = 2646\ + b_0 + k(22\ h_I + 22{,}85\ h_{II})$.

I valori di *D, G, B, E* sono espressi nei diagrammi delle figg. 1 e 2 in funzione della durata di utilizzazione, ammessi per il combustibile i prezzi di costo medi riportati in calce alle figure sopracitate e supposto che l'energia elettrica possa esser data nella località in cui è impiantata l'officina ad un prezzo variabile da 0,40 a 0,72 L/kWh.

La fig. 1 mette in rilievo l'importanza della durata di utilizzazione sulle spese annue di esercizio, in particolare per il comando elettrico.

Fra i motori a combustione interna presi in esame, soltanto il motore Diesel può reggere il confronto coi motori elettrici, agli effetti del costo di esercizio.

Il tempo di utilizzazione negli impianti industriali non supera in media le 1000 ore/anno. In queste condizioni, è ovvia la superiorità dei motori elettrici rispetto ai motori a combustione interna, particolarmente ai motori a benzina ed a gas. Anche il confronto col motore Diesel torna a favore dei motori elettrici in modo particolare se si tiene conto della necessità d'installare una macchina di riserva onde assicurare la continuità del servizio dell'impianto industriale.

Nella fig. 2 sono indicati i prezzi unitari dell'energia fornita e misurata all'albero delle macchine, in funzione della durata di utilizzazione h.

All'infuori dei dati sopra esposti vi sono altri fattori, non traducibili in numeri, che hanno il loro peso a favore del comando elettrico. In primo luogo, la sicurezza di esercizio realizzabile col comando elettrico individuale è indubbiamente superiore a quella che si può ottenere col comando mediante motore a combustione: con quest'ultimo occorre prendere in considerazione le perdite inevitabili dovute ad interruzioni del servizio. Volendo eliminare questo inconveniente occorre prevedere un

TABELLA I – CONFRONTO DI SPESA.

a) *Spese fisse*

			Motore Diesel	Motore a gas	Motore a benzina	Motori elettrici
Spese d'acquisto in L.	I – Macchine		55.500	56.000	37.500	16.000
	II – Trasmissioni		9.400	9.400	9.400	—
	III – Fondazioni, locali		13.400	12.000	8.000	800
Motori a combustione:						
8% per interessi + 8% per ammortamento + 4% per manutenzione di I		L/anno	11.100	11.200	7.500	—
8% per interessi + 5% per ammortamento + 3% per manutenzione di II		»	1.500	1.500	1.500	—
8% per interessi + 4% per ammortamento + 2% per manutenzione di III		»	1.870	1.680	1.120	—
Servizio		»	5.350	5.350	5.350	—
Acqua di raffreddamento, lubrificanti, ecc.		»	2.550	2.550	2.550	—
Motori elettrici:						
8% per interessi + 5% per ammortamento + 4% per manutenzione di I		L/anno	—	—	—	2.400
8% per interessi + 4% per ammortamento + 2% per manutenzione di III		»	—	—	—	112
Servizio e lubrificanti		»	—	—	—	134
Somma delle spese fisse		L/anno	22.370	22.280	18.020	2.646

b) *Spese variabili.*

Spesa per il combustibile	L/anno	$k\,(5695{,}2 + 8{,}4\ h_a)$	$k\,(280{,}8 + 23{,}625\ h_a)$	$k\,(1610.3 + 9{,}45\ h_a)$	—
Spese per l'energia elettrica	»	—	—	—	$b + k\,(22\ h_I + 22{,}85\ h_{II})$

motore di riserva: in tal caso aumentano le spese totali di esercizio ed il costo specifico totale delle macchine (vedi linea D_2 nelle figg. 1, 2). In secondo luogo la potenza nominale del motore termico non può essere quella strettamente necessaria per

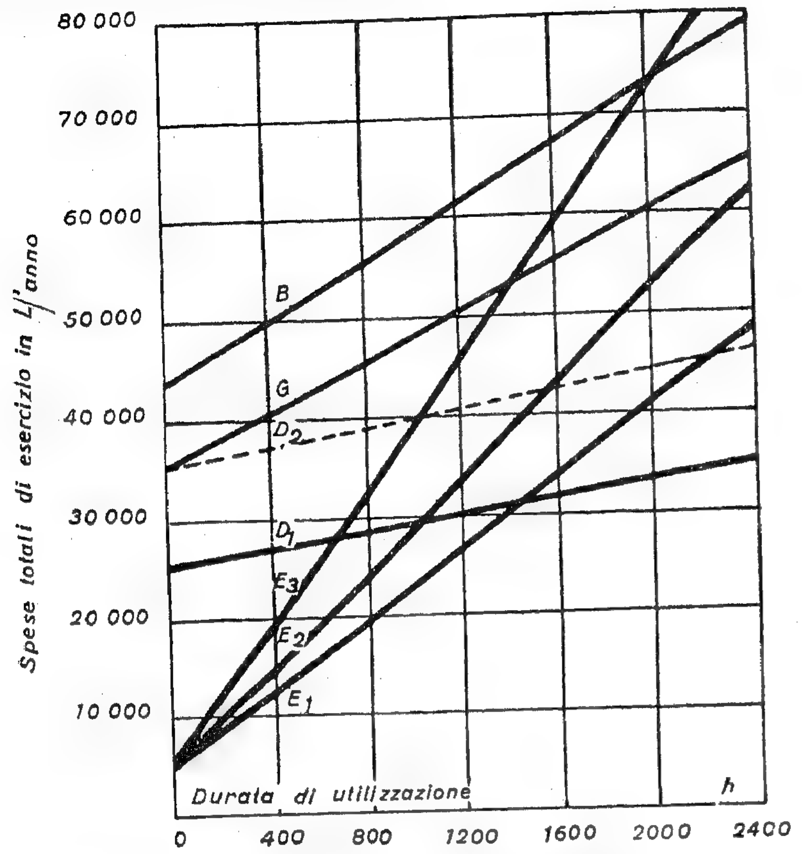


Fig. 1. - Spese annue d'esercizio.

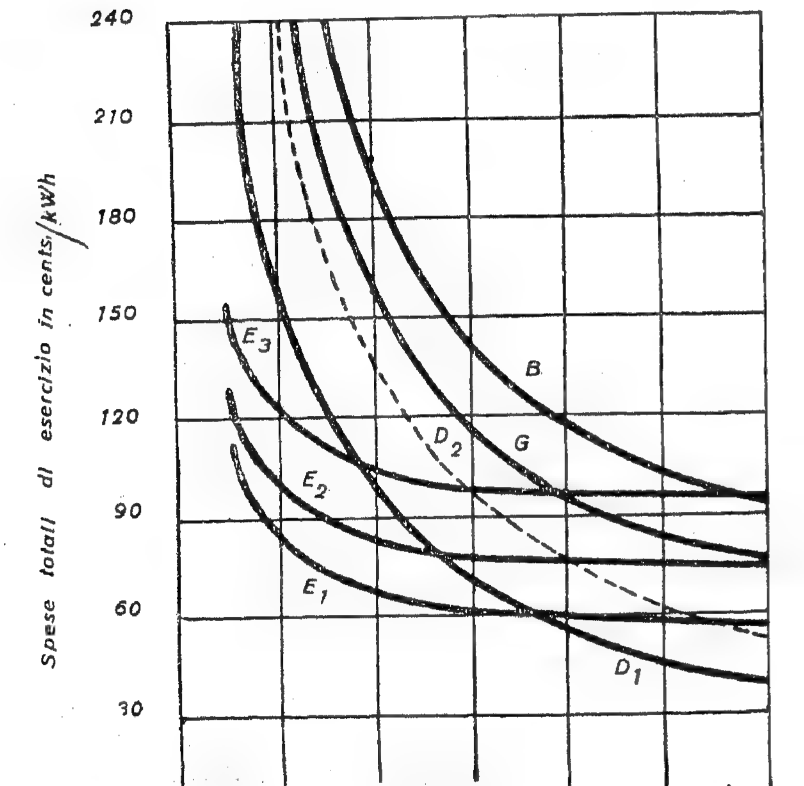


Fig. 2. - Spese di esercizio in cent/kWh alle macchine operatrici.

D_1	Motore Diesel senza riserva	(olio pesante	$k = 0{,}48$	L./kg)
D_2	» » con »	(» »	$k = 0{,}48$	»)
G	» a gas senza »	(gas luce	$k = 0{,}51$	»)
B	» a benzina senza »	(benzina	$k = 1{,}60$	»)
E_1	Motori elettrici	(quota fissa $b = 2320$ L./anno	$k = 0{,}40$	L./kWh)
E_2	» »	(» » $b = 2320$ »	$k = 0{,}54$	»)
E_3	» »	(» » $b = 2320$ »	$k = 0{,}72$	»)

alimentare le macchine, ma è necessario prevedere l'eventualità di uno sviluppo ulteriore dell'impianto e quindi è opportuno dimensionare la macchina termica in misura maggiore di quanto lo richieda la potenza del servizio che dev'essere alimentato. Questo fa si che il motore Diesel sia costretto a marciare a lungo non a pieno carico e quindi con rendimento inferiore al massimo. Anche una temporanea limitazione del carico delle macchine operatrici porta con sè lo stesso inconveniente.

Il comando individuale con motore elettrico non comporta nessuna limitazione e permette l'ampliamento dell'impianto senza che ne soffra il coefficiente di esercizio dell'installazione per un tempo più o meno lungo.

Queste considerazioni prescindono dagli altri vantaggi tecnici che il comando elettrico individuale presenta rispetto al comando con rinvii da una trasmissione: questi vantaggi hanno un'importanza variabile con la natura dell'impianto industriale, ma sono tali da indurre spesso il proprietario dell'impianto a dare la preferenza al comando elettrico anche là dove per condizioni particolari l'energia termica può essere ottenuta in condizioni favorevoli.

A. De M.

QUALCHE OSSERVAZIONE SULLA CONCORRENZA FRA ENERGIA TERMICA E IDRAULICA E SULLA FORNITURA DELLA ENERGIA DI PUNTA

R.G.E., 4 ottobre 1930, p. 529. – J. Hak.

Dopo aver rilevato come il coordinamento della produzione dell'energia termica, con quella idraulica si sia fatto sempre più imperioso in questi ultimi tempi, specie se considerato in relazione al sussidio di altri mezzi per la produzione dell'energia di punta, l'A. rileva come il semplice paragone del prezzo di costo delle due energie al centro di consumo non sia elemento di giudizio sufficiente per risolvere il problema. La distinzione della energia di base da quella di punta, può già avvicinare alla soluzione, sebbene insufficientemente in quanto occorrerebbe sapere, per un giudizio sicuro, le condizioni di funzionamento di ogni singola unità della Centrale termica, per poter determinare il costo della energia prodotta per tale via. Tenendo conto che i fattori numerici sono estremamente variabili da caso a caso e tralasciando numerose questioni che complicherebbero eccessivamente i calcoli (quali la ripartizione dell'energia reattiva tra le centrali marcianti in parallelo, l'utilizzazione dell'energia disponibile presso gli stabilimenti industriali, ecc.), l'A. si limita a studiare delle equazioni del tutto generali che permettano, conosciuti i fattori numerici, una applicazione diretta. Egli restringe ulteriormente il campo di studio alla considerazione del parallelo della centrale termica con una

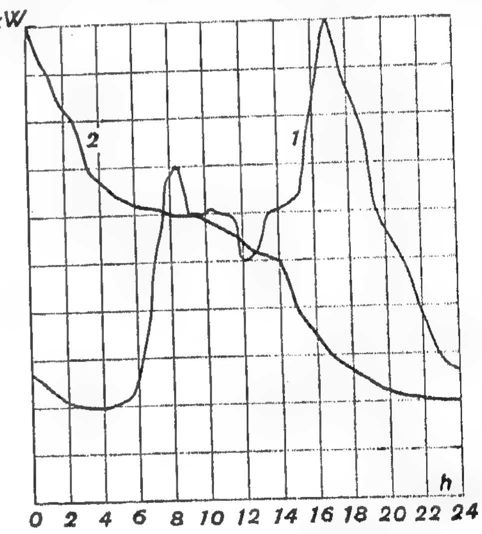


Fig. 1. - Curva di carico giornaliero (1) e sua trasformata (2) per una rete urbana e per un giorno d'inverno.

centrale idraulica senza serbatoio annuale, con o senza serbatoio giornaliero e con periodo di magra estiva, per l'alimentazione di una rete urbana.

La curva del carico giornaliero (v. fig. 1 n. 1) viene trasformata nella corrispondente curva della durata dei carichi in cui si ha il carico in funzione del « numero di ore » (v. fig. 1, n. 2). Una famiglia di tali curve, per un anno, da la rappresentazione a tre dimensioni indicata in fig. 2 che con buona approssimazione si può assimilare a quella della fig. 3.

Per poter effettuare la divisione di detto diagramma in modo economicamente razionale, occorre avere altri elementi e precisamente i prezzi di costo del kilowattora della energia termica e idraulica, considerati sia per il caso di funzionamento di punta che di base.

Per l'energia termica il prezzo del kWh (tenendo presente che esso può essere notevolmente influenzato dal numero delle caldaie, dei generatori, dai diagrammi di carico, ecc.) può essere dato dalla seguente formula nel caso di energia di base

$$P_{\rm tb} = \frac{(1 + x_{\rm tb})\, p_{\rm tb}\, t_{\rm tb}}{H_{\rm b}} + \frac{k}{\eta_{\rm tb}} = \frac{p_{\rm tb}\, t_{\rm tb}}{H'_{\rm b}} + \frac{k}{\eta_{\rm tb}}$$

e dalla seguente nel caso di energia di punta:

$$P_{\rm ta} = \frac{(1 + x_{\rm ta})\, p_{\rm ta}\, t_{\rm ta}}{H_{\rm a}} + \frac{k}{\eta_{\rm ta}} = \frac{p_{\rm ta}\, t_{\rm ta}}{H'_{\rm a}} + \frac{k}{\eta_{\rm ta}}$$

dove:

- P_{ta} è il prezzo di costo del kWh prodotto per via termica, per la punta;
- P_{tb} idem idem per la base;
- p il costo d'impianto riferito ad 1 kW della potenza installata;
- t il tasso rappresentante la somma delle spese fisse annuali (interessi, ammortamento, imposte e tasse, salarii, ecc.);
- H il numero delle ore di utilizzazione in rapporto alla massima potenza fornita (punta di carico);
- H' il numero delle ore di utilizzazione in rapporto alla potenza installata;
- x il fattore di riserva $= \frac{H}{H'} - 1$;
- k il prezzo di 860 calorie prodotte dalla combustione;
- η il rendimento complessivo della centrale.

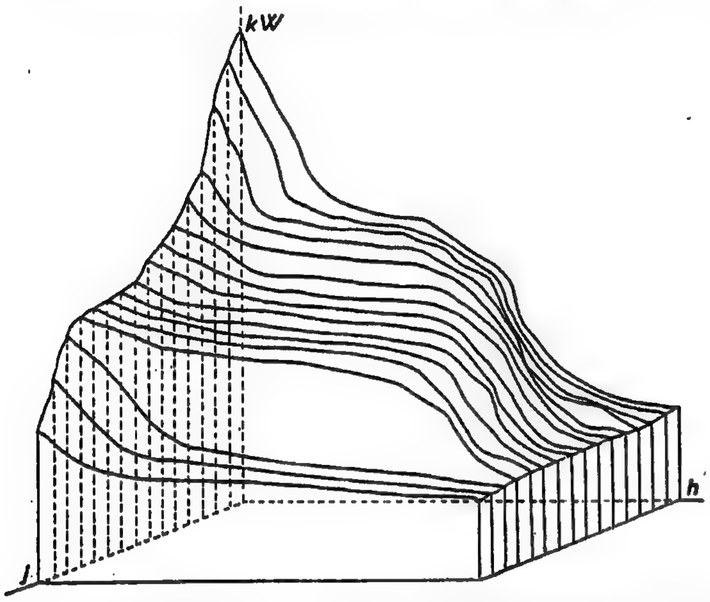


Fig. 2. - Rappresentazione a tre dimensioni del funzionamento annuale di una centrale alimentante una rete urbana.

Similmente per l'energia prodotta per via idraulica da una centrale con o senza serbatoio giornaliero è:

$$P'_h = \frac{(1 + x_h)\ (p_h t_h + \pi\, l t'_1 + 2\ p_1 t''_1)}{\eta_1 H_e} + \frac{s}{\eta_1} =$$

$$= \frac{p_h t_h + \pi\, l t'_1 + 2\ p_1 t''_1}{\eta_1 H'_e} + \frac{s}{\eta_1}$$

ove S l'ammontare degli oneri variabili, c la potenza in kilowatt ed H_e il numero delle ore di utilizzazione, π il costo riferito al kilowatt-kilometro della trasmissione dell'energia con

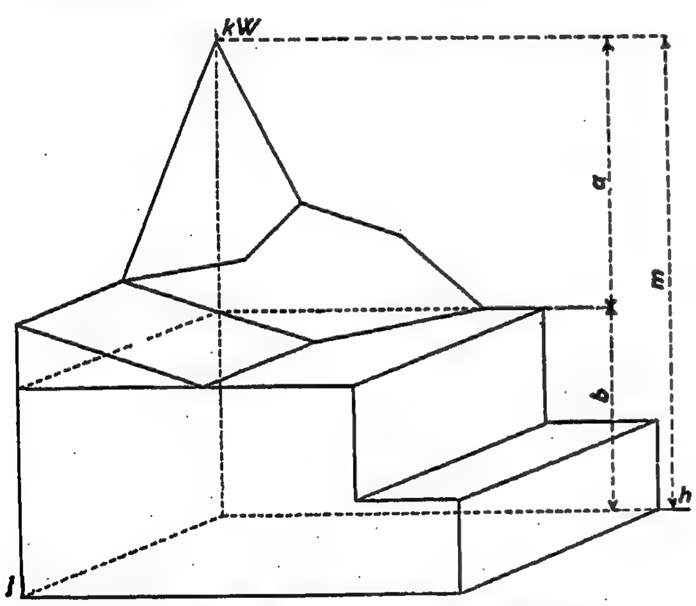


Fig. 3. - Rappresentazione semplificata.

una linea di lunghezza l, p_1 il prezzo della cabina di trasformazione riferito al kW, ed i tassi riferentisi alle spese fisse t' per la linea, t'' per le cabine di trasformazione, η_1 il rendimento della linea.

Il prezzo di costo del kWh di energia passata attraverso l'accumulatore è molto più difficile ad essere determinato, e varia molto a seconda che l'energia si consideri accumulata in posto od a distanza, con la trasmissione in un solo o in tutti e due i sensi. Riportiamo solamente la formula riferentesi al primo caso:

$$P_{ac} = \frac{p_{ac}\ t'_{ac}}{H_e} + \frac{v\, V t''_{ac}}{e\, H_e} + \frac{u}{\eta_{ac}}$$

ove:

- p_{ac} e la spesa di impianto riferita alla potenza di 1 kW;
- v » » » » ad un kWh accumulato;
- t'_{ac} il tasso delle spese fisse che si riferiscono a p_{ac};
- t''_{ac} » » » » » » » » » v;
- e la potenza in kW;
- H_e il numero delle ore di utilizzazione;
- V la capacità degli accumulatori in kWh;
- u la parte variabile del prezzo dell'energia fornita all'accumulatore;
- η_{ac} il rendimento dell'accumulatore.

Posto ciò l'A. dà una lunga serie di dati che fissano i limiti entro cui variano le costanti delle formule citate e stabilisce le formule in base alle quali si possono calcolare i vari rendimenti.

Basandosi su tali dati e scegliendo come valori medi i seguenti (i valori sono espressi tutti in franchi francesi)

$p_t = 1500 \div 2000$ fr/kW	$p_h = 3500 \div 4500$ fr/kW
$t_t = 0{,}12 \div 0{,}16$ »	$t_h = 0{,}13 \div 0{,}14$ »
$\eta_t = 0{,}16 \div 0{,}23$ »	$s = 0{,}00 \div 0{,}02$ »

$k = 0{,}18 \div 0{,}022$ (il che corrisponde a $150 \div 185$ fr/tonn del carbone, supposto questo di 7200 calorie), l'A. costruisce il diagramma segnato a fig. 4, ove in funzione delle ore di utilizzazione si hanno nelle zone tratteggiate gli estremi dei segmenti che

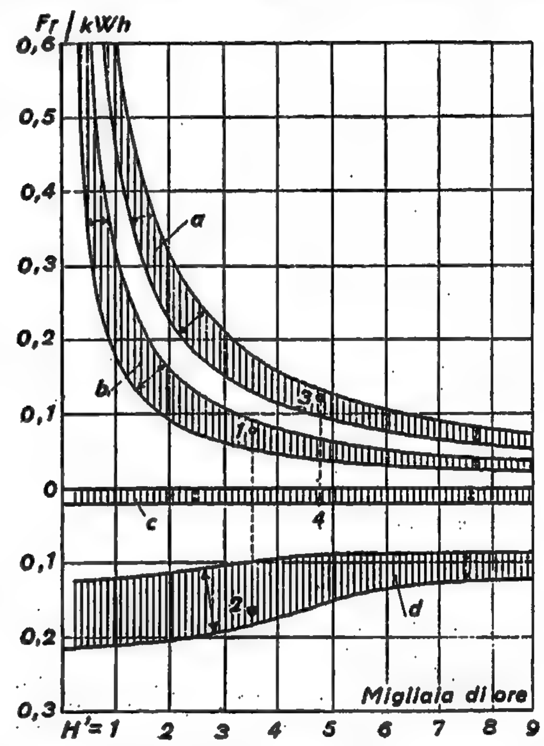


Fig. 4. - Grafico dei limiti di prezzo di vendita dell'energia termica P_t e dell'energia idraulica P_h in funzione del numero di ore di utilizzazione H, e costruito fissando: $p_t\, t_t = (180 \div 320)$ fr/kW; $p_h\, t_h = (455 \div 630)$ fr/kW; $\eta_{t\,max} = 0{,}16 \div 0{,}23$; $k = (0{,}018 \div 0{,}022)$ fr per 860 calorie; $s = (0 \div 0{,}020)$ fr/kWh.

misurano i costi. Per es. con 3500 ore di utilizzazione il prezzo P_t dell'energia termica è dato dal segmento 1-2; per 4800 il prezzo P_u dell'energia idraulica dal segmento 3-4. La posizione esatta degli estremi non si può dire a priori dipendendo dalle condizioni proprie dell'impianto. Questa incertezza fa si che si possa concludere soltanto constatando che la posizione delle centrali idroelettriche è per poche ore di utilizzazione più svantaggiosa di quella delle centrali termoelettriche.

L'A. dà alcune esemplificazioni delle sue teorie comparando l'energia termica di base e di punta con l'energia idroelettrica; perchè vi sia vantaggio all'unione di una centrale idroelettrica ad una centrale termoelettrica occorre che il costo medio dell'energia dopo il collegamento sia inferiore al prezzo dell'energia prodotta dall'officina termoelettrica preesistente. Perchè ciò si abbia occorre che

$$P'_h < \frac{k}{\eta'_t} - \frac{b\, H_b}{c\, H_c} \left(\frac{k}{\eta'_t} - \frac{k}{\eta_t} \right)$$

ove η_t è il rendimento della centrale termica funzionante in parallelo, e certamente inferiore a quello η_t della centrale funzionante in modo indipendente.

L'A. esamina anche l'« equazione economica dell'accumulatore ». In sostanza, perchè convenga l'installazione di un accumulatore di energia occorre che il prezzo di vendita dell'energia globale (P_m) sia inferiore a quello dell'energia prodotta

per via termica (P_t). Ciò può solo essere quando l'impiego dell'accumulatore può far diminuire la potenza installata in modo che

$$P_{ac} = \frac{R\, t_{ac}}{e\, H_e} + \frac{k}{\eta_{ac}\, \eta'_t} < \frac{k}{\eta'_t} + \frac{m\, M_m}{e\, H_e}\left(\frac{k}{\eta_t} - \frac{k}{\eta'_t}\right) + $$
$$+ \frac{(1 + x_t)\, p_t\, l_t}{H_e}$$

ove precisamente l'ultimo termine esprime tale economia ed $m\, H_m$ l'energia totale netta all'uscita della centrale.

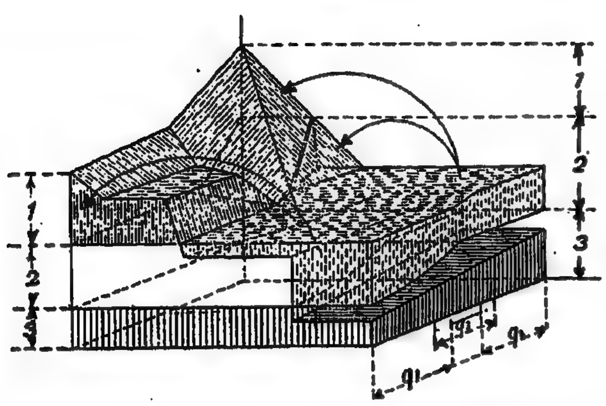


Fig. 5. - Schema del funzionamento annuale di una centrale idraulica funzionante in parallelo con una centrale termica fornita di un accumulatore di energia.

Sorge qui spontanea la domanda a quale tipo di accumulazione si debba dare la preferenza. È interessante il confronto tra l'accumulazione dell'energia prodotta per via termica in un accumulatore di vapore piuttosto che in batterie di accumulatori. I calcoli darebbero la preferenza a quest'ultima se il suo impiego fosse egualmente adatto a qualsiasi tipo di punta, da quelle molto accentuate e di brevissima durata, a quelle medie e di più lunga durata. Può pure presentare interesse il paragone tra l'energia accumulata negli accumulatori di vapore e quella ottenuta per pompaggio dell'acqua. L'A. in questo caso conclude asserendo che perchè l'accumulatore idraulico sia più vantaggioso dell'accumulatore di vapore occorre che per le distanze del primo dal centro di utilizzazione rispettivamente di

$$l = 0{,}50 \div 100\text{–}300 \text{ km}$$

il costo per kW installato sia inferiore rispettivamente a

$$1650\text{–}1560\text{–}1470\text{–}1100 \text{ fr/kW}.$$

L'A. nelle sue conclusioni, sostanzialmente, dice: i valori numerici variabili in così larghi intervalli, non permettono di avere una soluzione generale del problema economico. L'influenza della marcia in parallelo delle centrali termiche e idrauliche sul rendimento medio è considerevole e non può essere trascurata. Una combinazione dei tre elementi: centrale idroelettrica di base, accumulatore di energia elettrica per le punte, centrale termica con funzionamento il più possibile costante, pare la soluzione più vantaggiosa. Il sistema di accumulazione di energia va scelto caso per caso. Come esemplificazione si riporta in fig. 5 lo schema di possibile ripartizione del carico annuale del diagramma della fig. 3.

C. R.

---

p) STUDIO DAL PUNTO DI VISTA ECONOMICO DELLO SVILUPPO DEI SISTEMI DI NOLEGGIO SEMPLICE E DI NOLEGGIO VENDITA DA PARTE DELLE SOCIETÀ DISTRIBUTRICI DI ENERGIA.

The Electrical Review, 8 agosto 1930. – A. W. WILLSMORE.

Il criterio informativo col quale può spiegarsi il rapido sviluppo che si è verificato in questi ultimi anni in America nel commercio dell'arredamento familiare, sembra dovuto all'ottimo affare che si fa, vendendo a privati, con pagamento rateale, oltre allo stabile anche l'arredamento e gli impianti necessari allo stabile stesso, sistema che rimane un elemento popolare del commercio al dettaglio.

Infatti è provato che se la merce venduta ha una lunga durata e mantiene quindi un certo valore di rivendita, il sistema di noleggio-vendita è molto conveniente.

Per studiare il problema della vendita degli impianti, è stato nominato in America dai Commissari dell'Elettricità un Comitato la cui relazione è stata ora pubblicata.

In essa si raccomanda caldamente di adottare su larga scala gli accordi che permettono ai consumatori di energia di acquistare con le maggiori facilitazioni di pagamento, gli apparecchi per l'uso di essa.

Nel rapporto del Comitato vengono distinti tre metodi usati nel commercio a rate e precisamente:

sistema a pagamento differito,
noleggio semplice,
noleggio-vendita.

Il primo, proposto dal Comitato per la vendita delle condutture ed impianti generali, è una vera e propria vendita, e come tale non interessa il nostro punto di vista, poichè il compratore acquista l'impianto alla firma del contratto, ma la Ditta fornitrice gli consente di estendere i pagamenti entro un dato periodo di tempo.

Se il compratore lascia l'alloggio senza essere riuscito ad accordarsi con l'inquilino subentrante, egli è tenuto a pagare l'intero ammontare del suo debito verso la Società fornitrice.

Se invece tale impianto fosse stato venduto sulla base del sistema noleggio-vendita, l'utente potrebbe, in qualunque momento, sciogliere il contratto, senza avere ulteriori obblighi (salvo clausole contrarie contenute nel contratto).

Per quanto riguarda gli altri due metodi di vendita, il Comitato ritiene in linea generale, che essi dovrebbero essere raccomandati alle Società distributrici per aumentare la vendita dell'energia.

Ma qui si presenta il problema se devesi lasciare al consumatore la scelta fra il noleggio semplice ed il noleggio-vendita, oppure se è necessario imporre l'uno o l'altro dei due sistemi. E in questo caso quale dei due è il più pratico?

Dal punto di vista della Società, la differenza fra il noleggio semplice ed il noleggio-vendita, sta nella durata dell'investimento del capitale. Se la merce è venduta col sistema noleggio-vendita, la durata dell'impiego del capitale è ben definita; inoltre è sempre possibile prendere accordi con enti finanziari, i quali sollevino la Società distributrice dal capitale investito nei singoli contratti.

Quando invece gli apparecchi vengono dati semplicemente a nolo, la durata dell'investimento del capitale è illimitata, e l'onere di detto investimento deve essere sopportato esclusivamente dalla Società stessa; adesso devesi aggiungere il nuovo onere di una spesa annuale necessaria per mantenere in efficienza gli apparecchi noleggiati.

Perchè venga dunque ad essere giustificato questo investimento di capitale è necessario che esista un giusto rapporto tra il capitale impegnato e l'aumento dell'energia elettrica venduta risultante da questa vendita.

La Commissione è del parere che gli apparecchi che consumano forti quantità di energia possono essere venduti con vantaggio sia col sistema noleggio semplice sia con quello del noleggio-vendita, mentre quelli che ne consumano poca, dovrebbero essere ceduti solo con quest'ultimo sistema.

Il rapporto fra il costo dell'apparecchio e la quantità d'energia che esso dovrebbe consumare non è il solo elemento da tenere in considerazione, ma è certamente il più importante; e tale rapporto non è facile a determinarsi perchè non solo varia nei diversi tipi dello stesso apparecchio ma dipende anche dalle abitudini dell'utente.

La seguente tabella dà con larga approssimazione questo rapporto per alcuni fra i più comuni apparecchi per uso domestico, calcolato in base ad un prezzo di vendita dell'energia di L. 0,38 per kWh.

Apparecchio	Consumo annuale energia kWh	Costo medio apparecchio L	Tempo necessario per consumare quantità energia equivalente costo apparecchio Anni
Stufa	720	270	1
Bollitore	400	170	1,2
Cucina	1800	1600	2,4
Scalda-acqua	800	710	2,4
Ferro da stiro	70	70	2,8
Lava-biancheria	450	645	3,7
Tosta-pane	50	90	4,8
Frigorifero	400	2750	18
Aspirapolvere	50	1100	58
Lava-vasellame	50	2770	144

In generale il sistema noleggio-vendita dovrebbe essere limitato a quegli apparecchi che non richiedono più di tre anni per consumare una quantità di energia equivalente al loro prezzo

di costo. E poichè lo scopo che la Società distributrice si prefigge è solamente quello di aumentare la vendita annuale dell'energia elettrica, è dubbio se sia raccomandabile spingere le facilitazioni del noleggio-vendita per apparecchi che ad esempio non consumino più di 200 kWh all'anno.

Gli apparecchi che consumano poca energia sono molto utili all'utente, e le Società dovrebbero farne propaganda dimostrando i vantaggi, ma la loro vendita dovrebbe essere lasciata ai soli rivenditori di apparecchi elettrici.

Bisogna anche tener presente, oltre alla quantità di energia consumata annualmente da un dato apparecchio, anche il periodo in cui viene usato e quindi l'influenza che ha sul diagramma di carico, poichè ad esempio i riscaldatori d'acqua con richiesta notturna sono molto utili per riempire gli avvallamenti dei diagrammi, e pertanto anche quest'altro elemento deve essere preso in considerazione per poter decidere se è o no vantaggioso l'impiego del capitale per il noleggio degli apparecchi.

Le cucine elettriche sono gli apparecchi più comunemente dati a nolo, e dalla tabella sopra riportata si vede che esse consumano una quantità equivalente al proprio costo entro due anni e mezzo.

Si deve a ciò aggiungere che esse danno un vantaggiosissimo aumento del carico specialmente nei centri di abitazione, e che per effetto del suo alto fattore di diversità, un impianto generatore da 100÷110 kW può alimentare cucine con una potenza allacciata di 1000 kW.

Tutte queste considerazioni devono essere vagliate nel calcolare i prezzi di costo del noleggio, i quali non devono essere basati unicamente sul costo reale dell'apparecchio e le eventuali spese di manutenzione, ma devono essere stabiliti tenendo presente quello che l'apparecchio fa guadagnare, la comodità che esso procura al cliente, la concorrenza che fa al gas, al carbone e naturalmente il genere di carico risultante.

Per quanto si riferisce alla questione del noleggio-vendita considerato separatamente dal noleggio semplice, lo schema tracciato nell'appendice del rapporto della Commissione, sembra molto adatto per lo smercio degli apparecchi casalinghi.

È discutibile se il tasso d'interesse del 5% è sufficiente per coprire i rischi e le spese. Il primo pagamento del 10% del valore dell'apparecchio è pure basso, e probabilmente non copre il deprezzamento iniziale dell'apparecchio.

Quest'ultimo punto, nel contratto tipo è bilanciato dall'inclusione di una clausola che garantisce alla Società un periodo di sei mesi di nolo prima che il contratto possa essere sciolto dall'utente, e se si verifica un soddisfacente aumento nella vendita dell'energia, il basso tasso d'interesse risulterà sufficiente.

Complessivamente le proposte della Commissione sembrano molto buone ed intese ad aumentare il consumo domestico dell'elettricità.

Ma il problema della collaborazione tra le Società distributrici di elettricità da una parte ed i fabbricanti, concessionari, e rivenditori dall'altra, deve essere accuratamente studiato allo scopo di evitare, per quanto è possibile, qualunque antagonismo.

E. de' B.

Sommarî

In questa rubrica segnaleremo con un brevissimo sommario del soggetto, quelle Memorie o quegli articoli di Riviste che per la loro mole, o la loro indole speciale, o il loro riferimento a condizioni particolari, non possono essere riassunti utilmente per la generalità dei lettori, mentre possono essere consultati con vantaggio da chi si interessa particolarmente della materia.

Gli iscritti alla Sezione Tecnologica della « Unfiel » possono richiedere in prestito alla Redazione i fascicoli ove si trovano gli articoli citati.

L'Elettrotecnica, 15 novembre 1930, 25 dicembre 1926 e 5 gennaio 1927: « Sui caratteri della turbolenza nelle condotte cilindriche. - La misura elettrica della velocità dell'acqua». — B. Del Nunzio.

Segnaliamo queste note perchè costituiscono un contributo notevole alla conoscenza dei fenomeni che accompagnano il deflusso dei fluidi.

L'A. adopera un metodo che, per quanto vecchio, ha subito alcune modificazioni che lo hanno reso molto sensibile ed adatto alla ricerca: il metodo del *filo caldo*; cioè di un conduttore (platino) che viene tenuto immerso nella corrente fluida; la resistenza elettrica del filo varia con la velocità del fluido, quindi la registrazione delle variazioni di resistenza elettrica ci dà le variazioni di velocità. Poichè la sensibilità del sistema, che non ha inerzia, può essere resa grandissima. altrettanto precise ne risultano le osservazioni degli scarti di velocità entro intervalli di tempo anche piccolissimi. In tal modo l'A. riesce, mediante l'oscillografo, a rivelare oscillazioni di velocità entro tempi che sono dell'ordine di decimi e di centesimi di secondo.

Il metodo così adoperato è certamente fra i più sensibili che si possano escogitare ed i risultati pratici potranno essere di notevole importanza. Come è noto infatti ancora non si conosce una esatta legge del moto dei fluidi (oltre lo stato critico) principalmente perchè non si conoscono le effettive cause delle variazioni di velocità in rapporto al moto medio. Se il metodo già così felicemente applicato dall'A. riuscirà a portarci dal campo qualitativo al campo quantitativo, è certo che notevoli progressi dovrebbero realizzarsi nelle leggi che finora hanno regolato il moto dei fluidi.

L'A. intanto si è più specialmente dedicato a conoscere il valore della velocità alla parete; problema che da tempo appassiona i fisici, specialmente per stabilire se questa velocità si annulli o meno. Per quanto su tale problema ci sia già una notevole messe di materiale sperimentale, tuttavia ancora esso non può dirsi definitivamente risolto specie nei riguardi di altri problemi che si connettono al primo (strato, limite, ecc.). Dai diagrammi riportati dall'A. risulterebbe fra l'altro che nel moto turbolento si avrebbe una velocità alla parete *non* nulla, ma l'A, non dissimula neanche di ritenere che forse anche nel moto laminare, questa velocità non si annulli, cosa, questa, che se fosse confermata, allo stato delle conoscenze attuali, sarebbe non poco sorprendente.

***

Bulletin Technique de la Société Rateau, maggio 1930. « Nuova disposizione di pompa per l'acqua di raffreddamento dei condensatori nelle Centrali Termiche ».

Le « Bulletin Tecnique de la Société Rateau » descrive l'impianto effettuato alla Centrale Termica d'Oullins della Société Générale de la Force et Lumière di una nuova disposizione di pompe per la circolazione dell'acqua di raffreddamento dei condensatori. Le grandi centrali termiche per produzione dell'energia elettrica, equipaggiate a grandi unità, necessitano di quantitativi d'acqua notevoli. Se la Centrale è costruita in vicinanza di un fiume, ove spesso si hanno oscillazioni notevoli fra il pelo di magra e quello di piena, può avvenire che la quota dell'utilizzazione dell'acqua in centrale sia sulla quota del pelo di magra ad altezza superiore a quella d'aspirazione di una comune pompa. Si presenta quindi la necessità di studiare una disposizione che permetta di inserire nella condotta in caso di magra una pompa in vicinanza al fiume, la quale in caso di piena non deve essere danneggiata dall'acqua. La Société Rateau è ricorsa ad una pompa comandata da un motore ad asse verticale il quale è sito nella sala macchine di un piccolo edificio creato in vicinanza al fiume, ed il cui pavimento ha il franco di 1 m sul livello della massima piena. L'albero del motore scende a comandare una pompa di soccorso racchiusa completamente in un carter stagno ed alla cui lubrificazione si provvede direttamente dal locale macchine. La pompa è inserita con una valvola speciale che permette di inserire sulla condotta la pompa nel caso di magra e di escluderla in caso di piena. Nel caso della Centrale succitata la pompa ha una portata di 2340 litri, un'altezza manometrica totale di 6,25 m, una velocità di rotazione di 360 giri circa al minuto ed assorbe una potenza di 245 HP.

Pubblicazioni

DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.

Ing. Dott. Umberto Re - Dott. A. Vareton: *Carburanti - Carburazione* (Ulrico Hoepli Editore, Milano, 1931. Prezzo L. 50).

Di quest'opera sui carburanti compare ora il primo volume dedicato alla carburazione in genere, mentre è in preparazione il secondo volume che si occuperà della benzina e dei suoi sostituti.

Gli Autori si sono proposti di fornire gli elementi per una feconda collaborazione fra il laboratorio e l'officina, fra il chimico da una parte e il tecnico dell'automobile o l'automobilista dall'altra, in modo che la teoria e la pratica vengano ad integrarsi utilmente per la risoluzione dei varî e complessi problemi attinenti al funzionamento del motore a scoppio.

Nel volume ora pubblicato non mancano gli elementi sia teorici che pratici per una buona conoscenza dell'argomento; argomento che viene diffusamente trattato, partendo da un richiamo delle caratteristiche del motore a scoppio e delle relative tendenze costruttive moderne e passando poi alla trattazione della carburazione e dei problemi ad essa connessi, come quelli dei carburatori, dei compressori, delle teste antidetonanti ecc. Vengono considerati i varî tipi di carburazione, ad alcool e miscele relative, a benzolo e derivati, a petrolio e nafta, a gas; come pure vien trattato il problema della lubrificazione, nei suoi rapporti con la carburazione.

Caratteristica del lavoro è l'abbondanza di dati sia statistici che sperimentali; per questi ultimi gli Autori, passando dalle ricerche di laboratorio al campo dell'industria, hanno avuto modo di giovarsi dell'esperienza sia di Istituti Sperimentali in materia, sia delle Case costruttrici di motori, che hanno messo a loro disposizione i risultati raccolti nelle sale prova.

***

DR. PHIL. O. TIETJENS: *Hydro-und Aeromechanik* (dalle lezioni del prof. L. Prandtl). Berlin. Julius Springer 1929.

Il presente primo volume riguarda la statica e la cinematica dei liquidi e dei gas nonchè la dinamica dei fluidi privi di attrito. Come si vede anche dal titolo i problemi particolari riguardanti i gas vengono trattati con notevole ampiezza per riguardo alle applicazioni tecniche che verranno trattate nel secondo volume.

La trattazione dell'Autore è sempre molto chiara ed elegante; le nozioni fondamentali vengono illuminate con profondo senso critico, le deduzioni sono ridotte sempre alla massima semplicità compatibile coll'esattezza.

Le intenzioni che hanno guidato l'autore nel redigere l'opera vengono illustrate molto opportunamente nei cenni storici introduttivi preposti al libro e dalla quale riportiamo il seguente brano.

« Mentre i metodi dell'idrodinamica classica erano di natura specificamente analitica, quelli dell'idraulica erano piuttosto di carattere sintetico. L'idrodinamica partiva da nozioni fondamentali semplici e, attribuendo al liquido certe proprietà meccaniche, tentava di risalire, per vie puramente analitiche, dal comportamento delle particelle liquide a quello delle masse continue di liquido. L'idraulica invece partiva dai fatti empirici semplici e si proponeva di spiegare coll'ausilio di tali elementi i fenomeni più complessi. Brevemente: l'idrodinamica partiva da alcune leggi naturali semplificate, l'idraulica dai fenomeni naturali.

« Tale diversità nei metodi e nei punti di partenza delle due scienze era strettamente connessa con i loro scopi. L'unico filo conduttore dell'idrodinamica classica era la struttura logica, cosicchè le è sfuggito tutto ciò che non era deducibile col calcolo dalle equazioni fondamentali. Lo scopo dell'idraulica era invece quello di risolvere possibilmente tutti i casi pratici anche se mancava un legame intimo tra i singoli problemi. L'idrodinamica sembrava ignorare che i suoi risultati erano in moltissimi casi in pieno contrasto con la realtà in quanto per poter trattare i problemi con mezzi matematici essa doveva introdurre semplificazioni (sopratutto riguardo alla mancanza di attrito) che spesso non erano ammissibili nemmeno in via di approssimazione. Dall'altra parte l'idraulica si è scomposta in una scienza dei singoli problemi. Ogni singola questione è stata « risolta » con appositi esperimenti e con i coefficienti in essi ritrovati. Sembrava che l'idraulica diventasse sempre più una scienza di coefficienti.

« Alla fine del secolo XIX ed al principio di quello XX si è iniziato da ambedue le parti un esame critico ed uno sforzo rivolto ad avvicinare le due correnti ed a riunirle. La sintesi dell'idrodinamica e dell'idraulica ha fatto grandi progressi sotto l'impulso della tecnica aeronautica e di quella delle turbine, rapidamente sviluppatesi, nonchè sotto l'influsso di quella tendenza generale — strettamente legata al nome di F. Klein — che si proponeva di ristabilire la perduta connessione tra le scienze « pure » e quelle « applicate ».

« In relazione alle precedenti osservazioni sullo sviluppo dell'idrodinamica possiamo facilmente caratterizzare il modo col quale intenderemo trattare l'argomento. La sintesi della teoria e della pratica sarà preponderante. Le considerazioni e gli sviluppi della teoria non saranno staccati dai fatti empirici ma messi in stretta relazione con essi; dall'altra parte i risultati sperimentali saranno considerati anzitutto coll'intenzione di dedurre dalla molteplicità delle esperienze la legge fondamentale dei fenomeni e di metterla in relazione con la teoria ».

Notiziario

LA PIU' POTENTE CENTRALE IDROELETTRICA DEL MONDO (a

Secondo una comunicazione della « Reuter » gli ingegneri della Commissione per lo sviluppo delle industrie elettriche dello Stato di New York avrebbero presentato il progetto di un impianto idroelettrico della potenza di 2 milioni di HP. Tale impianto, che sarebbe il più potente del mondo, utilizzerebbe le acque del fiume S. Lorenzo presso Messena e richiederebbe anche la costruzione di una grande conca di navigazione.

Il grandioso progetto potrebbe essere completamente realizzato in cinque o sei anni.

SCUOLA SPECIALE DI PERFEZIONAMENTO PER INGEGNERI ELETTRICISTI (b

Il 1° febbraio 1931 si inizierà il terzo anno di questa Scuola.

Come negli scorsi anni si avrà la divisione dell'anno scolastico in due periodi: il primo dal 1° febbraio al 30 giugno, che comprenderà tutti gli insegnamenti orali — normali e monografici — con le esercitazioni fondamentali relative; il secondo periodo dal 1° ottobre al 31 dicembre 1931 in cui gli allievi, sotto la guida dei rispettivi insegnanti, svilupperanno nei laboratori della Scuola, studi e ricerche sperimentali e teoriche.

Nella seconda metà di dicembre avranno luogo gli esami.

I corsi normali del primo periodo comprenderanno un corso di *Complementi di Elettrotecnica* (lezioni ed esercitazioni) affidato al Prof. E. Bottani, tre corsi applicativi destinati rispettivamente alle *Macchine elettriche*, agli *Impianti elettrici* ed alle *Misure elettriche*, affidati rispettivamente agli Ingg. E. Correggiari, A. Dalla Verde ed al Prof. A. Barbagelata; nei quali gli allievi, sotto la guida dei rispettivi insegnanti, studieranno problemi e progetti e svilupperanno ricerche sperimentali.

A questi corsi fondamentali faranno corona un certo numero di brevi corsi monografici, che saranno sempre affidati a professionisti od a tecnici dell'industria, di riconosciuta competenza specifica: un corso di *Complementi di elettrofisica*, affidato al Prof. Ferdinando Lori; un corso sulla *Tecnica dei cavi e delle altissime tensioni*, affidato all'Ing. Luigi Emanueli; un corso di *Tecnica della illuminazione*, affidato all'Ing. Carlo Clerici, ed altri da precisarsi in seguito.

Come l'anno scorso anche quest'anno alcuni gruppi di lezioni orali potranno essere tenute nelle ore serali.

Alla Scuola potranno essere ammessi gli ingegneri i quali abbiano frequentato con buon esito una Scuola di elettrotecnica, o che siano già stati occupati in un'industria elettrica, o che comunque dimostrino di possedere la necessaria cultura specializzata.

Gli aspiranti dovranno presentare domanda in carta legale da L. 3, entro il 20 gennaio 1931, allegando: *a*) i loro titoli di studio e gli eventuali documenti comprovanti la loro specializzazione elettrotecnica; *b*) certificato di nascita debitamente legalizzato; *c*) fotografia recente autenticata dal Podestà, con la legalizzazione dell'Autorità Prefettizia. La Direzione si riserva in casi speciali di accogliere altre domande successive.

Al corso, per quest'anno, saranno ammessi, al massimo, venti allievi. La scelta sarà fatta dalla Direzione in base ai titoli di studio ed ai documenti presentati. Gli ammessi dovranno pagare una tassa d'iscrizione di lire cinquecento, la tassa di esame e di diploma di lire cinquanta. Le somme predette debbono essere versate alla Cassa di Risparmio delle Provincie Lombarde — Agenzia di Via Romagnosi — su presentazione della distinta predisposta dalla Segreteria del Politecnico. Alla fine del corso, agli allievi che avranno sostenuto con buon esito l'esame finale, sarà assegnato un premio di lire cinquecento. Si accettano iscrizioni anche ai soli corsi orali (normali o monografici) dietro pagamento di una tassa ridotta da stabilirsi a seconda del numero dei corsi che l'allievo desidera frequentare.

La frequenza è assolutamente obbligatoria. Alla fine del corso verrà rilasciato un regolare certificato di frequenza o di specializzazione, in seguito ai risultati degli esami.

Per schiarimenti, informazioni, iscrizioni, ecc., rivolgersi alla Segreteria della Scuola di Ingegneria.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO ING. ETTORE CESARI, *Redattore Capo-Responsabile*

MILANO
Febbraio 1931 - Anno IX

Fascicolo II
Volume VIII

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

PROF. ENRICO PERSICO
DELLA R. UNIVERSITÀ DI TORINO

I raggi cosmici

L'attenzione di molti scienziati è stata attirata negli ultimi anni da un ordine di fenomeni che fino a qualche anno fa sembrava dovesse interessare solo gli specialisti in geofisica, ma che appare ora invece di interesse assai più vasto. Si tratta infatti della scoperta di nuove radiazioni estremamente penetranti, le quali non possono generarsi che da fenomeni fondamentalmente nuovi riflettenti l'intima costituzione della materia, che mettono in giuoco enormi quantità di energia e forse, in avvenire, saranno suscettibili di pratiche applicazioni. Di più, l'origine extra-terrestre di tali radiazioni, che ha valso loro il nome di « raggi cosmici », ha attirato su di esse anche l'attenzione degli astronomi, e conferisce all'argomento un fascino cui non si sottraggono neanche coloro che non coltivano in particolare questo genere di studii.

Questo articolo ha lo scopo di informare succintamente i lettori de « L'Energia Elettrica » sulle ricerche che hanno condotto ad accertare l'esistenza dei raggi cosmici e a conoscerne alcune proprietà, ed anche di esporre sommariamente lo stato attuale delle questioni che rimangono ancora da risolvere, le quali non sono poche nè di scarso interesse.

1. LA RADIAZIONE PENETRANTE E I PRIMI INDIZI SUI RAGGI COSMICI.

Lo strumento che ha condotto alla scoperta dei raggi cosmici, e il solo che fino a poco tempo fa si usasse pel loro studio, è l'elettroscopio, e cioè (se si prescinde da perfezionamenti costruttivi che nulla mutano al principio dello strumento) quello stesso elettroscopio a foglie d'oro che condusse Volta alla sua più memorabile scoperta, e che viene usato anche oggi nelle scuole per le esperienze di elettrostatica. È noto che questo è anche lo strumento fondamentale nelle ricerche di radioattività poichè esso permette di rivelare e dosare quantità anche piccolissime di sostanze radioattive, le quali, portate in vicinanza di un elettroscopio carico, lo scaricano rapidamente per effetto delle loro radiazioni. L'azione di tali radiazioni consiste nel « ionizzare » l'aria, cioè staccare da alcune delle sue molecole un elettrone, il quale il più delle volte si fissa su un'altra molecola facendone uno ione negativo, mentre la molecola da cui esso è stato emesso resta carica positivamente e costituisce uno ione positivo: questi ioni, vaganti nell'aria, la rendono conduttrice e fanno sì che la carica dell'elettroscopio si disperda nei corpi circostanti e nella Terra. La rapidità di questa dispersione, determinabile dalla velocità con cui si abbassano le foglie dell'elettroscopio, permette di misurare l'intensità della ionizzazione (cioè il numero di coppie di ioni generati in ogni cm^3 d'aria in un secondo) e quindi l'intensità della radiazione ionizzante. La ionizzazione dei gas è provocata sia dalle radiazioni corpuscolari (come i raggi α e β delle sostanze radioattive) le quali agiscono sulle molecole come veri proiettili e ne provocano la rottura, sia dalle radiazioni elettromagnetiche (come i raggi γ del radio, i raggi X e i raggi ultravioletti) e in tal caso l'emissione di un elettrone da parte di una molecola è da considerarsi un fenomeno di tipo foto-elettrico.

I fisici che hanno lavorato con l'elettroscopio hanno sempre cercato, come è naturale, di assicurarne il meglio possibile la « tenuta », vale a dire di far sì che l'elettroscopio, sottratto a ogni azione esterna, conservi il più a lungo possibile la sua carica, per il che è necessario che la parte dello strumento che porta la carica sia molto accuratamente isolata dal suolo. Ma per quanto si migliorino le condizioni dell'isolamento, l'elettroscopio perde sempre, lentamente, la sua carica, e questa perdita avviene, come riconobbero nel 1901 Wilson e, indipendentemente, Geitel, anche attraverso l'aria, la quale è sempre leggermente ionizzata, e perciò leggermente conduttrice. E poichè proprio in quell'epoca fervevano le ricerche sulla radioattività, non si tardò a collegare questa scoperta con l'esistenza di sostanze radioattive nelle rocce, in certe acque e anche nell'aria stessa. Chè se queste sostanze sono sparse in natura con estrema parsimonia, in compenso la sensibilità dell'elettroscopio alle loro radiazioni è talmente prodigiosa, da rivelare agevolmente, in certi casi, la presenza di anche meno di un milionesimo di grammo di radio.

Si cercò allora di indagare la natura e l'intensità di queste radiazioni circondando l'elettroscopio di schermi opportuni e studiandone l'effetto assorbente: Rutherford e Cooke, nel 1902, si servirono di schermi di piombo, la sostanza più opaca (fra quelle praticamente adoperabili) per tutte le radiazioni conosciute; Mac Lennan e Burton adoperarono invece come schermi dei serbatoi contenenti acqua. Si trovò che la radiazione non era ridotta che del 30% con 60 cm di acqua o 3 cm di piombo, e perciò si diede ad essa il nome di « radiazione penetrante ».

Queste ed altre numerose ricerche — tra cui noi italiani dobbiamo ricordare quelle notevoli del Pacini, compiute nel Mare Tirreno e nel lago di Bracciano — misero in luce che la « maggior parte » della radiazione penetrante proviene da sostanze radioattive depositate alla superficie del suolo o presenti nello strato superficiale di esso, e anche nell'aria contenuta nello stesso apparecchio misuratore. Ma queste cause spiegavano solo una parte della ionizzazione: un'altra parte, che non si riusciva a eliminare con nessuno schermo, restava ancora inesplicata.

Le cose erano a questo punto, quando si scoprì un fatto nuovo che mutò profondamente l'indirizzo di questi studi. Il fisico svizzero Gockel, portando degli elettroscopi in pallone, nel 1910 e nel 1911, constatò che, man mano che il pallone si elevava, la ionizzazione dell'aria, anzichè diminuire rapidamente e cessare del tutto verso i 1000 metri, come era da attendersi se la sua causa risiedeva nella radioattività del suolo, diminuiva invece assai più lentamente, ed anzi, discutendo meglio i suoi risultati, si trovò un accenno ad un aumento con l'altezza. La cosa fu confermata e resa quantitativa dalle osservazioni di Hess e di Kohlörster, fatte tra il 1910 e il 1914, il quale ultimo si spinse fino a 9000 metri d'altezza, trovando un'intensità di radiazioni ionizzanti decrescente fino a circa 1000 metri, e poi, da questa quota in su, un'intensità sempre crescente, fino a superare di molto il valore che si aveva a livello del suolo. Era chiaro dunque che, oltre alle radiazioni di origine terrestre, ve ne erano altre che non provenivano dal suolo. Restava però da vedere se esse provenivano da una particolare radioattività degli alti strati atmosferici, o se avevano un'origine del tutto extra-terrestre, ipotesi già emessa dal Richardson nel 1906, che ora veniva ad avere un appoggio sperimentale.

Dal 1914 al 1921 la guerra interruppe le ricerche sulla radiazione penetrante. Finita la guerra, Millikan e Bowen, in America, ripresero le ricerche di esplorazione dell'alta atmosfera, servendosi però non di palloni montati da persone, ma di palloni-sonda portanti solo apparecchi registratori: in questo modo poterono misurare la ionizzazione dell'aria fino all'altezza di 15000 m, cioè un'altezza tale che l'aria soprastante rappresenta appena 1/10 dell'intera massa atmosferica.

Queste ed altre ricerche confermarono l'esistenza di una radiazione più intensa a grandi altezze, ed anzi permisero di dire di più, e cioè che se tali radiazioni provenivano effettivamente dall'alto, esse non erano simili a nessuna delle radiazioni conosciute, poichè anche le più penetranti tra queste, e cioè i raggi γ del Torio C'', avrebbero dovuto essere assorbite dall'atmosfera più rapidamente di quanto lo fosse la radiazione osservata. Così, attraverso quello che sembrava un semplice fenomeno di radioattività, non sostanzialmente diverso — salvo la scala assai più vasta — da quelli riproducibili in laboratorio, si cominciavano invece a intravedere le linee di un nuovo affascinante mistero della natura.

2. Le ricerche elettroscopiche.

Quando i fisici non possedevano ancora lo spettrografo per i raggi Röntgen, analizzavano le varie qualità di tali raggi per mezzo del loro diverso coefficiente di assorbimento, filtrandoli attraverso schermi opportuni, tanto che per molto tempo si caratterizzavano i raggi X indicandone non la lunghezza d'onda, ma il coefficiente d'assorbimento in una data sostanza. Similmente, per indagare la natura dei raggi cosmici non vi è per ora altro modo fuorchè quello di misurarne direttamente il coefficiente d'assorbimento in varie sostanze, circondando con esse l'elettroscopio e osservando la diminuzione dell'intensità di radiazione da esso rivelata. Senonchè si presenta la difficoltà di sceverare l'effetto dei nuovi raggi da quello proveniente dalle sostanze radioattive sparse quasi dappertutto: chè, se uno schermo sufficientemente spesso può agire da filtro capace di arrestare tutte le radiazioni perturbatrici e lasciar passare solo i raggi cosmici, a sua volta lo schermo stesso può agire sull'elettroscopio con la sua propria radioattività. Kohlörster si sottrasse a questa causa d'errore utilizzando come schermo il ghiaccio dei ghiacciai alpini, che è completamente privo di radioattività. Millikan e Cameron invece utilizzarono allo stesso scopo, in una serie di fondamentali ricerche iniziata nel 1925, le acque di laghi montani alimentati solo dalla fusione delle nevi.

Nelle esperienze di Millikan e Cameron furono adoperati elettroscopi perfezionatissimi che, racchiusi in una scatola metallica ermeticamente chiusa, venivano immersi a varie profondità nelle acque del lago. Le misure compiute con questo metodo nel Muir Lake, in California, a 3590 m s. m., dimostrarono l'esistenza di radiazioni ionizzanti sensibili fino alla profondità di 18 m. L'identica esperienza fu compiuta nel lago Arrowhead posto circa 2000 m più in basso, e diede il risultato notevole che l'intensità della radiazione nel lago Arrowhead ad una profondità x coincideva (entro i limiti dell'errore dell'osservazione) con l'intensità esistente nel Muir Lake alla profondità $(x+1,80)$ m.

Ora, m 1,80 di acqua equivalgono proprio, come potere assorbente, allo strato d'aria di 2000 m corrispondente alla differenza di altitudine dei due laghi (1), cosicchè la minore penetrazione nel lago inferiore era prevedibile perchè i raggi, per giungere ad esso, avevano dovuto attraversare 2000 m d'aria di più. Si può tener conto dell'assorbimento dell'atmosfera considerando questa come uno strato d'acqua di conveniente spessore (risulta di m 6,75 per il Muir Lake e m 8,55 per Arrowhead) e aumentando di altrettanto la profondità di ogni misura: si ottiene con ciò quella che si chiama la « profondità in m d'acqua contata dal limite dell'atmosfera ». Ora riportando graficamente, in funzione di questa, l'intensità misurata, si trova che i risultati delle misure fatte in entrambi i laghi si dispongono con buona approssimazione su di un'unica curva (v. fig. 1); si noti però che i valori in superficie risultano sistematicamente troppo alti per perturbazioni di origine radioattiva.

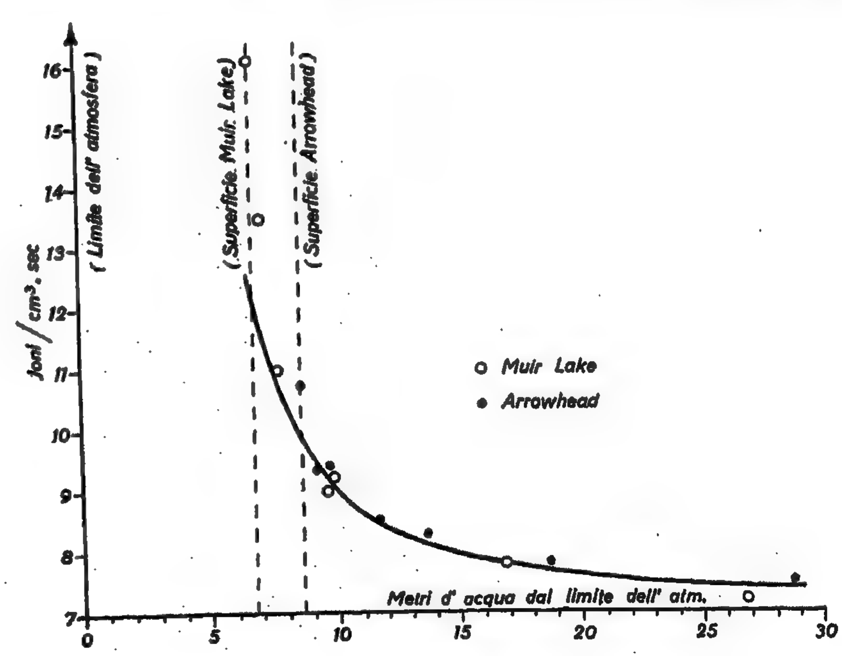


Fig. 1.

Queste esperienze provano che nessuna parte della radiazione si origina nello strato d'aria tra i due laghi, ma che essa proviene tutta dall'alto, e cioè o dagli altissimi strati dell'atmosfera o dagli spazi celesti. Millikan propose perciò il nome di « raggi cosmici » per designare quella parte della radiazione

(1) Per radiazioni assai penetranti come i raggi γ e i raggi cosmici, il coefficiente d'assorbimento delle varie sostanze si può ritenere proporzionale al numero atomico e al numero degli atomi contenuti nell'unità di volume. Prendendo, grosso modo, il numero atomico proporzionale al peso atomico, il coefficiente risulta proporzionale alla densità.

penetrante che non ha origine dalla radioattività di corpi terrestri, e che è più penetrante di tutte le radiazioni conosciute.

Queste ricerche hanno anche rivelato che la legge di assorbimento non è rappresentabile con una curva esponenziale, come sarebbe da aspettarsi per una radiazione monocromatica, il che fa ritenere che i raggi cosmici siano una miscela di raggi di diverso potere penetrante, così come la luce del sole è una miscela di differenti colori: da ulteriori esperienze eseguite dagli stessi AA. nel 1926 e nel 1927, sulle alte Ande in Bolivia e in vari laghi della California, con lo stesso metodo ma con strumenti sempre più perfezionati, risultò poi che i raggi precedentemente studiati non erano affatto i più penetranti di tutti, poichè ne esistono di quelli capaci di giungere nell'acqua fino alla profondità di 50 m equivalenti a m 4,50 di piombo (1).

Aggiungendo a questo lo spessore dell'atmosfera che equivale a circa cm 65 di piombo, si vede che si tratta di raggi capaci di attraversare uno spessore di piombo di circa 5 m. Si è ben lontani quindi dai raggi γ, di cui i più penetranti possono attraversare al massimo una quindicina di cm di piombo.

Un altro risultato notevole di queste ricerche fu la constatazione che la intensità dei raggi è la stessa a tutte le ore del giorno e della notte, anche quando si fa l'esperienza in fondo ad una valle profonda, il che proverebbe che i raggi non provengono da un determinato punto o da una regione del cielo (p. es. dal Sole, o dalla Via Lattea) ma arrivano uniformemente da tutte le direzioni. Diciamo subito che altre osservazioni sembra abbiano rivelato invece alcune irregolari variazioni legate ai mutamenti della pressione atmosferica, e pare che statisticamente rivelino anche una periodicità connessa col giorno siderale.

L'intensità di tali radiazioni si misura in « unità J », chiamandosi così l'intensità della radiazione che produce, nell'aria a temperatura e pressione normali, una coppia di ioni per cm^3 e per secondo. Per dare un'idea degli ordini di grandezza, diremo che i raggi cosmici hanno al livello del mare un'intensità di circa 1,45, e a 9000 m un'intensità di 803. L'intensità al livello del mare corrisponde, valutata in energia, a circa 1/10 dell'intensità luminosa e calorifica inviata sulla Terra da tutto il cielo stellato.

3. La fotografia dei raggi cosmici.

Un contributo importantissimo alla conoscenza della natura dei raggi cosmici è stato dato da quel meraviglioso « apparecchio ad espansione » di Wilson, che ha schiuso agli occhi umani un mondo in cui sembrava già ardimento estremo essere penetrati col pensiero. Per mezzo di esso infatti si possono rendere visibili le traiettorie delle particelle α e β del radio, o di qualsiasi altra radiazione ionizzante, utilizzando il fatto che nell'aria soprassatura di vapore acqueo gli ioni agiscono come centri di condensazione: così il passaggio di una particella ionizzante resta segnato da un sottile filo di nebbia, e si può assistere alle collisioni delle particelle con i nuclei degli atomi e alla rottura di questi. L'applicazione a queste esperienze della fotografia stereoscopica ha poi permesso di fissare l'immagine di questi fenomeni non già piattamente proiettati su un foglio, ma nel loro vero rilievo, quali si sono svolti in seno all'aria nel fuggevole istante colto dall'obbiettivo. Tale apparecchio ha permesso di fotografare i raggi cosmici, anzi, ne ha inaspettatamente fornito la fotografia.

Lo Skobelzyn, nel 1926, per una sua ricerca di radioattività, eseguì circa 600 fotografie stereoscopiche di raggi *B* in un campo magnetico: le traiettorie di questi raggi erano naturalmente piegate ad arco di cerchio, a causa della forza deviatrice del campo. Ora in una trentina di queste lastre, si notò la presenza di tracce del tutto simili alle altre traiettorie elettroniche, salvo la forma quasi assolutamente rettilinea. Ciò faceva pensare trattarsi pure di elettroni, ma tanto veloci da non risentire quasi affatto l'azione deviatrice del campo: nei pochi casi in cui la curvatura era sensibile, misurando questa si ricavava per l'elettrone una velocità tale, quale sarebbe ad esso impressa da una caduta di potenziale di 15 milioni di V: ma questo non è che un limite inferiore, e certamente in molti casi la forza viva era assai più grande. Si tratta dunque di particelle di velocità superiore a quella di tutte le radiazioni corpuscolari conosciute, e quando le prime fotografie di Skobelzyn furono pubblicate, cioè nel 1927, nè l'A. nè altri sapevano darne una spiegazione. Ma l'anno scorso lo stesso Skobelzyn ha mostrato che sia la distribuzione direzionale di tali particelle (che provengono prevalentemente dall'alto), sia il loro numero (circa una al minuto primo per cm^2 di superficie orizzontale) coincidono con i dati analoghi forniti dallo studio dei raggi cosmici, ed è quindi da ritenere che i due fenomeni si debbano identificare.

Queste esperienze provano dunque che l'effetto ionizzante dei raggi cosmici è dovuto ad una radiazione di natura corpuscolare, e presumibilmente ad elettroni estremamente veloci, ossia raggi « ultra-β ». Resta aperta la questione, che esamineremo più avanti, se questi elettroni siano la manifestazione secondaria di una radiazione di altra natura, o se costituiscono essi stessi l'essenza dei raggi cosmici.

4. Il conteggio dei raggi cosmici.

Importanti progressi nello studio di queste radiazioni sono stati compiuti mediante l'impiego del contacorpuscoli, strumento capace di rivelare il passaggio di ogni singola particella ionizzante, e già usato da tempo da Rutherford e Geiger per il conteggio delle particelle α e β delle sostanze radioattive.

Esso, nella forma usata per la prima volta da Bothe e Kohlörster nelle loro importanti ricerche sui raggi cosmici, consta essenzialmente di un condensatore cilindrico ad aria, di cui l'armatura esterna è costituita da un tubo metallico di tre o quattro cm di diametro e lungo 10 o 20 cm, e quella interna da un filo metallico del diametro di qualche decimo di mm, opportunamente preparato, disposto lungo l'asse del tubo (v. fig. 2 *C*):

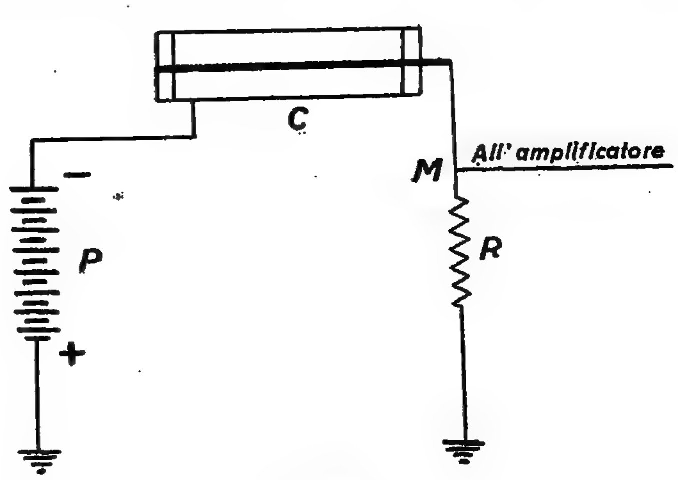


Fig. 2.

l'interno del tubo è riempito di aria alla pressione di pochi cm di mercurio. Il filo è messo a terra attraverso una resistenza *R* di qualche miliardo di Ohm mentre il tubo è tenuto ad un potenziale negativo di circa 1300 V, collegandolo al polo negativo di una batteria *P* il cui polo positivo è a terra. Si regola la tensione in modo che essa sia un po' inferiore a quella capace di far passare la scarica: succede allora che se una particella ionizzante penetra nel tubo, gli ioni da essa prodotti si moltiplicano rapidamente per urto e danno origine per un istante a passaggio di corrente tra il tubo e il filo: ma la corrente viene poi subito disinnescata a causa della forte caduta di tensione

(1) Analoghe e più recenti esperienze compiute dal Regener, nel lago di Costanza, nel 1928, avrebbero rivelato che una parte dei raggi cosmici penetra fino a 230 m di profondità.

che si produce nella resistenza *R*. Questo impulso di corrente viene poi amplificato con un sistema di lampade termoioniche, e rivelato infine con un altoparlante che dà un colpo secco per ogni particella che attraversa il tubo. Ma generalmente si mette al posto dell'altoparlante un galvanometro registratore, oppure un contatore di quelli usati nelle centrali telefoniche per contare le conversazioni: così l'apparecchio può essere lasciato a sè, e si può andare a leggere, dopo un certo tempo, il numero di corpuscoli che lo hanno attraversato.

Questo metodo non solo si è mostrato utilissimo per la determinazione dell'intensità della radiazione cosmica a varie altezze e in varii luoghi, ma permette anche, opportunamente completato col metodo detto « *delle coincidenze* », di compiere altre indagini sull'assorbimento dei raggi cosmici, sulla loro direzione di provenienza ecc. Il metodo delle coincidenze consiste in questo: si adoperano due tubi contacorpuscoli collegati a un solo apparecchio registratore, e i circuiti si dispongono in modo che vengano registrati solo gli impulsi provenienti simultaneamente da entrambi i tubi: così si contano solo le particelle che hanno attraversato tutti e due i tubi, e quindi provenienti da un dato fascio di direzioni. Il metodo è suscettibile di molte varianti, potendosi adoperare anche tre o più tubi disposti in varia posizione reciproca e collegati elettricamente in vario modo.

5. Natura dei raggi cosmici.

Le radiazioni finora conosciute dai fisici si raggruppano in due categorie: quelle di natura elettromagnetica che vanno (in ordine di lunghezza d'onda decrescente) dalle onde hertziane alla luce, ai raggi X e ai raggi γ, e quelle di natura corpuscolare, come i raggi catodici e i raggi α e β delle sostanze radioattive. A quale di queste categorie appartengono i raggi cosmici?

Le fotografie di Skobelzyn provano in modo evidente che si tratta di corpuscoli, quasi certamente di elettroni, lanciati con energia assai maggiore di quella dei più veloci raggi β, e quindi con una velocità praticamente uguale a quella della luce (1). L'ipotesi, che è stata affacciata da taluno, di corpuscoli privi di carica elettrica, appare assai improbabile, per la grande somiglianza che hanno le tracce rivelate da Skobelzyn con quelle dei raggi elettronici, e anche perchè non sono finora note radiazioni corpuscolari ionizzanti prive di carica, ed è saggio principio, nella costruzione dell'edificio scientifico, non introdurre senza necessità nuove pietre diverse da quelle che ne costituiscono le fondamenta.

Ma se si tratta di corpuscoli elettrici, si hanno buone ragioni per pensare che essi non abbiano origine extra-terrestre, ma si originino nell'atmosfera stessa. Infatti un flusso di elettroni provenienti p. es. dal Sole o da un altro astro, verrebbe deviato dal campo magnetico terrestre e concentrato verso i poli: questo si verifica appunto per quegli elettroni, di origine solare, che producono le aurore polari. Invece i raggi cosmici arrivano a tutte le latitudini, presso a poco con eguale intensità. Dunque questi corpuscoli non vengono di molto lontano, ma si debbono originare nell'atmosfera stessa. Ma le molecole dell'aria non possono emettere spontaneamente elettroni così veloci. Il Wilson emise l'ipotesi che tali elettroni fossero messi in moto dalle enormi tensioni elettriche che si generano nei temporali, e che possono essere dell'ordine di 100 milioni di V: ma ripetute esperienze di Millikan e Cameron hanno provato che l'intensità dei raggi cosmici è del tutto indipendente alla presenza di temporali vicini o lontani. L'unica spiegazione di tale emissione è che sia provocata da un'altra radiazione, proveniente dagli spazi celesti, e consistente, come la luce, in vibrazioni elettromagnetiche.

È noto infatti che le radiazioni elettromagnetiche possono comunicare parte della loro energia agli elettroni contenuti nelle sostanze che esse attraversano o che incontrano, i quali vengono lanciati con più o meno grande velocità: questo fenomeno, particolarmente cospicuo nel caso dei raggi X, si chiama « effetto Compton ».

La radiazione, dopo aver messo in moto l'elettrone, diminuisce di frequenza, e precisamente, se la sua frequenza era ν e la forza viva comunicata all'elettrone è ω, la frequenza diviene ν' e si ha $h\nu - h\nu' = \omega$ dove $h = 6{,}55 \cdot 10^{-27}$ è la costante di Planck.

L'energia comunicata all'elettrone è in media (per alte frequenze) circa 3/10 di $h\nu$, e quindi è tanto maggiore quanto più elevata è la frequenza. Si capisce dunque come una radiazione elettromagnetica di elevatissima frequenza, attraversando l'aria, possa provocare la formazione di raggi elettronici secondari velocissimi, come quelli osservati. Per questo, la frequenza dei raggi primari dovrebbe essere molto superiore a quella dei raggi γ, e quindi il loro potere di penetrazione ancora maggiore: si tratterebbe dunque di raggi ultra-γ, i quali estenderebbero, dal lato delle brevi lunghezze d'onda, la gamma delle radiazioni elettromagnetiche conosciute.

Dunque la natura dei raggi cosmici va oggi pensata nel seguente modo. Una radiazione « primaria » ultra-γ, estremamente penetrante, di lunghezza d'onda imprecisata (forse dell'ordine di 10^{-13} cm, cioè 500 milioni di volte più piccola di quella della luce) proviene dagli spazi celesti, e attraversando l'atmosfera, provoca in essa la formazione di una radiazione « secondaria » ultra-β, cioè formata da elettroni velocissimi. Questi — si può prevederlo teoricamente — vengono lanciati prevalentemente nella stessa direzione della radiazione primaria, cioè verso terra, e sono quelli rivelati dall'elettroscopio, dal contacorpuscoli e dalla fotografia, mentre la radiazione primaria, a causa del suo scarso potere ionizzante, non si rivela direttamente in nessun modo. Si può in un certo senso paragonare la radiazione primaria a un vento impetuoso che, man mano che avanza, solleva dal terreno la polvere e la trascina con sè, e, di invisibile che era, diviene visibile per la nube di minutissimi granelli che lo accompagna.

Questa veduta, che è ormai la più accreditata, è confermata anche da una recentissima esperienza del Prof. Rossi, che ha sorpreso la formazione dei raggi secondari non nell'aria ma in uno schermo di piombo attraversato dalla radiazione primaria.

Se la radiazione primaria è di tipo elettromagnetico, si presenta naturalmente la questione di determinarne la lunghezza d'onda, o meglio la composizione spettrale (essendo presumibile che essa sia una miscela di radiazioni di diversa lunghezza d'onda): questione che è strettamente connessa a quella delle velocità degli elettroni della radiazione secondaria. Nè all'una nè all'altra si può dare per ora una sicura risposta quantitativa: certamente l'altissimo potere penetrante denota per la radiazione primaria una frequenza elevatissima, e per quella secondaria una forza viva grandissima, ossia una velocità assai prossima a quella della luce.

Millikan e Cameron ed altri, supponendo che la radiazione fosse del tipo ultra-γ, o per lo meno che la radiazione osservata fosse proporzionale a quella primaria ultra-γ, tentarono di ricavare la lunghezza d'onda λ di questa dal suo assorbimento determinato sperimentalmente. Occorre per questo fare uso di una formula che dia il coefficiente d'assorbimento in funzione di λ, e questa può essere fornita dalla teoria sulla base di convenienti ipotesi, ottenute estendendo al campo delle altissime frequenze i dati di fatto verificati con i raggi X e λ: si tratta dunque sempre di estrapolazioni la cui validità è probabile ma non sicura. La più completa di tali formule è dovuta a Klein e Nishina, e applicandola ai coefficienti di assorbimento

(1) Si rammenti che per velocità così elevate la forza viva è data dalla formula relativistica:

$$w = m c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right)$$

e quindi tende all'infinito col tendere di v' a c'.

determinati da Millikan e Cameron per i più penetranti tra i raggi cosmici da essi osservati nei laghi, si otterrebbe all'incirca $\lambda = 1{,}3 . 10^{-13}$ cm. Ma questa valutazione ha perduto molto del suo valore da quando si è messa in luce la esistenza di una radiazione primaria e una secondaria (1).

Infatti questo fatto fa sì che la legge dell'assorbimento sia in generale più complessa di quella che si ha p. es. nel caso della luce, poichè la radiazione corpuscolare (che è quella misurata) si genera in parte nel mezzo assorbente stesso.

6. Ipotesi sulla formazione dei raggi cosmici.

Quale può essere il fenomeno fisico che dà origine alla radiazione cosmica primaria? Sebbene manchi ogni esperienza diretta, lo stato attuale delle nostre conoscenze sul mondo atomico permette già di fare qualche ipotesi non priva di fondamento sulla natura di questo fenomeno.

Bisogna tener presente anzitutto la legge fondamentale che domina tutti i fenomeni in cui viene emessa od assorbita energia raggiante: e cioè che essa viene emessa o assorbita per « quanti », e che l'energia E di un quanto è legata alla frequenza o alla lunghezza d'onda dalla relazione

$$[1] \qquad E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

($h = 6{,}55 . 10^{-27}$, $c = 3 . 10^{10}$ in unità C. G. S.). Per una radiazione, come è senza dubbio quella di cui si tratta, di frequenza assai maggiore di quella dei raggi γ, l'energia E messa in gioco in ogni atto elementare di emissione deve dunque essere assai maggiore di quella liberata nelle disintegrazioni radioattive, che sono, tra i fenomeni atomici finora noti, quelli che mettono in gioco le maggiori quantità di energia. Per dare un'idea degli ordini di grandezza: un atomo di idrogeno, bruciando, sviluppa $2{,}10^{-12}$ erg (ed è questa, come è noto, una reazione chimica singolarmente esotermica): un atomo di sostanza radioattiva che si disintegra libera, sotto forma di raggi γ, una quantità di energia dell'ordine di $6{,}10^{-7}$ erg, cioè 300.000 volte più grande; ma il fenomeno che dà origine ai raggi cosmici ultra-γ deve liberare (se si prende per λ il valore dato nel § precedente) $1{,}5 . 10^{-3}$ erg, cioè una energia ancora 2500 volte più grande di quella del fenomeno radioattivo. Malgrado l'incertezza che esiste, come già si è accennato, sul valore adottato per λ, è evidente tuttavia che si è di fronte a un nuovo ordine di grandezza, e che si deve trattare di un fenomeno del tutto diverso dalla radioattività.

Ora, vi sono dei fenomeni che, sebbene non constatati sperimentalmente, si inquadrerebbero bene nello schema della fisica teorica attuale, e che darebbero luogo all'emissione di quanti di energia dell'ordine di grandezza richiesto per spiegare i raggi cosmici.

Il primo di questi fenomeni è la « annichilazione della materia ». Per intendere che cosa ciò significhi, bisogna ricordarsi che ogni atomo materiale è costituito di particelle di elettricità positiva e particelle di elettricità negativa, in uguale quantità: p. es., l'atomo di idrogeno, il più semplice di tutti, è costituito di un nucleo positivo (protone) e di un elettrone che ruota intorno ad esso come la Terra intorno al Sole. Tra il nucleo e l'elettrone si esercita un enorme attrazione elettrostatica, la quale è controbilanciata dalla forza centrifuga, che impedisce all'elettrone di cadere sul nucleo, così come la forza centrifuga impedisce alla Terra di cadere sul Sole. Ma che cosa succederebbe se, per una perturbazione esterna qualunque, si arrestasse il moto orbitale? Nel caso della Terra, questa si precipiterebbe sul Sole e la energia potenziale si svilupperebbe in forma di luce e di calore nella immane conflagrazione. Qualche cosa di simile, fatte le debite proporzioni, avverrebbe nell'atomo, ma con questa differenza, che qui si tratterebbe non già dell'urto di due masse materiali, ma di quello di due cariche elettriche uguali e di segno contrario. Nessuno ha mai assistito a questo fenomeno, ma la cosa più semplice che si possa pensare è che l'elettrone e il protone si fondano, distruggendosi a vicenda, vale a dire che scompaia ciò che costituiva l'atomo di idrogeno. Questa sarebbe l'« annichilazione » dell'atomo, sorta di ultra-combustione che non lascerebbe nè ceneri nè altro residuo materiale.

Ma non tutto scomparirebbe; come la caduta della Terra sul Sole svilupperebbe un'enorme quantità di calore, così pure questa supposta catastrofe del microcosmo non si compirebbe senza sprigionare, in forma di radiazioni, tutta l'energia posseduta dall'atomo. Ora, questa energia è data, secondo la teoria della Relatività, da

$$[2] \qquad E = m c^2$$

dove m è la massa distrutta, e risulta, per l'atomo di idrogeno, $E = 1{,}47 . 10^{-3}$ erg. Confrontando con la [1] si ricava per λ il valore $1{,}34 . 10^{-13}$, che sarebbe appunto dell'ordine di grandezza voluto.

Questa ipotesi, sostenuta principalmente dal Jeans, incontra notevoli difficoltà per ciò che riguarda la sua applicazione al problema dei raggi cosmici. Tuttavia va posto in evidenza che il fenomeno della annichilazione della materia, ossia della trasformazione integrale di essa in energia, non è punto assurdo, ed ogni sia pur lontano indizio della sua esistenza effettiva deve essere considerato con la massima attenzione, per l'enorme importanza sia teorica che pratica, che si riconnette evidentemente con tale questione (1).

L'altra ipotesi proposta per spiegare l'origine dei raggi cosmici è, in un certo senso, l'opposta di questa, perchè riguarda, anzichè la distruzione, la formazione degli elementi.

È noto che il « nucleo » di un atomo è costituito da un certo numero di protoni e di un numero minore di elettroni: la differenza dei due numeri, cioè l'eccesso delle cariche positive del nucleo sulle negative, è uguale al cosidetto « numero atomico », cioè al numero d'ordine dell'elemento nella tabella di Mendelejeff (ed è naturalmente uguale al numero degli elettroni circolanti intorno al nucleo, perchè, come si è detto, il totale degli elettroni dell'atomo, nucleari ed extranucleari, è uguale al numero dei protoni). Invece il numero dei protoni (ciascuno dei quali ha un peso presso a poco uguale all'unità di peso atomico) risulta « in prima approssimazione » uguale al peso atomico dell'elemento poichè quasi tutto il peso dell'atomo è dovuto ai protoni, essendo gli elettroni 1800 volte più leggeri di quelli.

Se ad un nucleo si toglie o si aggiunge un certo numero di protoni o di elettroni, l'elemento cambia in generale di numero atomico e di peso atomico, cioè diviene un altro elemento. Questo fatto avviene spontaneamente nelle sostanze radioattive, ma l'uomo è riuscito in qualche caso a provocarlo anche artificialmente, però solo su un atomo alla volta, cioè su quantità di materie praticamente inapprezzabili: così il Rutherford è riuscito, p. es., a strappare un protone a un atomo di azoto, trasformandolo in un atomo di carbonio (disintegrazione artificiale). Ora, in generale queste modificazioni forzate della

(1) Un indizio dell'esistenza della radiazione secondaria fu già rilevato da Millikan e Cameron fin dai loro lavori del 1925.

(1) Ogni emissione di energia raggiante è legata alla scomparsa di una certa massa che è determinata dalla relazione (3): così p. es. il sole perde ogni secondo 3.3 milioni di tonnellate sotto forma di luce e di calore. Ma in tutti i casi finora noti, gli atomi emittenti si alleggeriscono di una piccolissima frazione della loro massa: nel caso dell'annichilazione invece la trasformazione intaccherebbe l'intera massa dell'atomo. Se si potesse produrre artificialmente questo fenomeno, e si riuscisse quindi a utilizzare il carbone annichilendolo anzichè bruciandolo, il fabbisogno di combustibile dell'Italia scenderebbe da 14 milioni di tonnellate a soli 5 kg all'anno!

struttura di un nucleo assorbono, oppure liberano, notevoli quantità di energia, le quali sono state determinate sperimentalmente misurando la variazione di massa subita dall'atomo in seguito alla trasformazione. Questa variazione è dovuta solo in parte alla massa delle particelle aggiunte o tolte all'atomo; oltre a questa vi è una ulteriore variazione, che è stata determinata mediante le delicatissime esperienze di Aston, e che è dovuta alla *massa dell'energia* perduta o acquistata dall'atomo nella trasformazione: da questa variazione di massa si deduce la variazione di energia mediante la [2] (la quale dice, in sostanza, che un erg pesa quanto g $0{,}11 \cdot 10^{-20}$). È questo il solo caso, finora, in cui si sia realmente misurata un'energia « pesandola ». Evidentemente, questo metodo permette di determinare anche l'energia che « sarebbe » liberata o assorbita in una trasformazione, senza che sia necessario realizzarla: basta fare la differenza tra la massa di tutte le particelle entranti nella trasformazione, e quella delle particelle risultanti da essa: (il metodo seguito poc'anzi per calcolare l'energia risultante dall'annichilazione di un atomo di idrogeno non era che un caso particolare di questo). E in questo modo si è potuto calcolare che se si potesse prendere p. es. quattro atomi di idrogeno (contenenti quattro protoni e quattro elettroni) e formare con essi un atomo di elio, si libererebbero $4{,}5 \cdot 10^{-5}$ erg di energia, che verrebbero presumibilmente irradiati sotto forma di un quanto di radiazione, la cui lunghezza d'onda, calcolata mediante la [1], risulterebbe $43 \cdot 10^{-18}$ cm.

Similmente è stata calcolata la lunghezza d'onda delle radiazioni che si sprigionerebbero se si formassero, a partire dall'idrogeno, gli atomi di ossigeno e di silicio (che sono, insieme all'elio, gli elementi più diffusi in natura). Ebbene, secondo Millikan e Bowen, ci sarebbero ragioni plausibili per ritenere che la radiazione cosmica primaria contenga appunto radiazioni di queste lunghezze d'onda, le quali quindi proverrebbero dalla formazione di tali elementi, in qualche remota parte dell'Universo.

7. Provenienza dei raggi cosmici.

I dati sperimentali sono concordi nel far ritenere che i raggi cosmici arrivano alla superficie terrestre da tutte le direzioni, con intensità maggiore nelle direzioni più prossime alla verticale, come è prevedibile a causa dell'assorbimento dell'aria. Ma non altrettanto concordi sono i risultati dei vari sperimentatori per ciò che riguarda la eventuale variazione dell'intensità in relazione alla rotazione della sfera celeste; ciò dipende dal fatto che l'intensità dei raggi subisce indubbiamente delle fluttuazioni irregolari, le quali mascherano, se pure esiste, la variazione regolare avente per periodo un giorno siderale. Questa variazione regolare proverebbe, qualora fosse accertata. che le sorgenti dei raggi cosmici sono disugualmente distribuite sulla sfera celeste.

Tuttavia l'assenza di una marcata variazione diurna permette di escludere che la sorgente sia localizzata, p. es., nel Sole o in un astro determinato.

Si deve dunque ritenere che le sorgenti dei raggi cosmici siano distribuite presso a poco uniformemente su tutta la volta celeste. Il che ha condotto a due diversi ipotesi.

La prima suppone che tali raggi provengano dalle nebulose spirali, le quali sono oggetti esterni a quel grande raggruppamento di stelle (cui appartiene il Sole), che costituisce il sistema galattico, e sono distribuite quasi uniformemente in tutte le direzioni. L'idea prevalente oggidì è che tali nebulose siano dei mondi in formazione, il che si accorderebbe in modo seducente con l'ipotesi che i raggi cosmici derivino dalla formazione degli atomi.

La seconda ipotesi attribuisce l'origine dei raggi a quella materia estremamente rarefatta che sembra ormai certo riempia non solo gli spazi interplanetarii, ma quelli interstellari. Questa materia, che è stata chiamata *« nuvola cosmica »*, è talmente rarefatta che non contiene più di una sessantina di atomi per litro, ma tuttavia si è rivelata allo spettroscopio a causa della sua sterminata profondità. Questo stato di rarefazione, unito alla bassissima temperatura degli spazi interstellari, favorirebbe secondo alcuni quella sintesi di atomi più complessi da atomi più semplici, da cui deriverebbero i raggi cosmici primari.

8. Conclusione.

Allo stato attuale delle cose, si deve ritenere sperimentalmente accertata l'esistenza di una radiazione ionizzante estremamente penetrante, proveniente dall'alto e con tutta probabilità dagli spazi celesti. Questa radiazione è costituita almeno parzialmente di corpuscoli (presumibilmente elettroni) di altissima velocità. Almeno una parte di questi è generata nell'atmosfera e nei corpi attraversati dai raggi, e si hanno tutte le ragioni di credere che essa sia generata come radiazione secondaria da una radiazione ultra-γ di altissima frequenza, che non è stata rivelata direttamente in alcun modo. Non vi è dubbio che queste radiazioni hanno origine da un fenomeno atomico nuovo distinto dalla radioattività, ma quale esso sia e dove si svolga, non è per ora noto, sebbene si possano fare su di esso delle congetture non prive di fondamento.

Prof. Enrico Persico.

ING. CARLO PALESTRINO - ING. C. CAMINITI

DELLA SOCIETÀ IDROELETTRICA PIEMONTE

Calcolo delle correnti di c. c. nella linea Cardano-Cislago della S.I.P.

Per il calcolo delle correnti di c. c. in una linea od in una rete possono seguirsi diversi procedimenti, a seconda della maggiore o minore complessità della rete e della esattezza che si vuole raggiungere. Trattandosi in questo caso di una sola linea, avente una lunghezza notevole ed una tensione assai elevata, tutti i procedimenti si possono applicare con facilità, mentre dal confronto tra i risultati ottenuti si possono trarre interessanti deduzioni circa la loro utilità ed il loro grado di approssimazione.

Lo studio che svolgeremo si riferirà al caso dell'impianto di Cardano, e alla relativa linea a 220 kV che con una lunghezza di 243,5 km collega la Centrale di Cardano alla sottostazione di Cislago della Società Lombarda di Elettricità Gruppo S. I. P.

Nella Centrale di Cardano sono installati 5 alternatori da 36000 kVA a 300 giri asse verticale, tensione 11000 Volt. Di questi, due sono della Compagnia Generale di Elettricità e tre del Tecnomasio Italiano Brown-Boveri.

Ad ogni alternatore corrisponde un trasformatore elevatore della potenza di 36.000 kVA con rapporto 11.000/235.000 a vuoto.

La linea è formata di tre conduttori disposti in un piano parallelo al suolo, e distanti fra di loro mt. 7,25. Tali conduttori subiscono nello svolgersi della linea cinque rotazioni progressive per tratti pressochè uguali in lunghezza (vedi descrizione *L'Energia Elettrica*, 1930 pag. 107) dimodochè si può ammettere che i tre conduttori nei sei tronchi vengano a trovare una ciclica compensazione degli effetti dipendenti dalla loro posizione reciproca, di guisa che, considerando la totalità della linea nel suo complesso, si può ammettere che l'effetto totale dell'induttanza e della capacità, per tutte le deduzioni che trarremo, saranno uguali per ogni conduttore.

I metodi da noi seguiti per il calcolo delle correnti di c. c. della linea da Cardano a Cislago sono i due seguenti:

A) Metodo delle coordinate simmetriche.

B) Metodo di Rüdenberg.

Esporremo per ordine gli sviluppi ad essi relativi.

A) – METODO DELLE COORDINATE SIMMETRICHE.

a) RICHIAMI FONDAMENTALI.

Il metodo delle coordinate simmetriche si può, per quanto a noi interessa, riassumere nelle formule che qui riportiamo. Siano *a*, *b*, *c*, i tre conduttori di un sistema trifase; E_a, E_b, E_c le tre tensioni ad essi applicate; I_a, I_b, I_c le tre correnti. È noto (1) che qualunque siano le ampiezze e le fasi di una terna di vettori, per es. della terna di tensioni E_a, E_b, E_c (fig. 1) essa può essere sostituita, in generale, da tre terne di vettori, che indicheremo con (E_{a0}, E_{a1}, E_{a2}); (E_{b0}, E_{b1}, E_{b2}), (E_{c0}, E_{c1}, E_{c2}), di cui i primi tre hanno per risultante E_a, i secondi tre E_b, gli ultimi tre E_c.

Questi nove vettori inoltre hanno la particolarità che:

$$(1)\quad \begin{cases} E_{a0} = E_{b0} = E_{c0} \\ E_{b1} = E_{a1} \text{ ruotato di } 240^{\circ} \text{ nel verso positivo} \\ E_{c1} = E_{a1} \quad \text{»} \quad \text{»}\ 120^{\circ} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{»} \\ E_{b2} = E_{a2} \quad \text{»} \quad \text{»}\ 240^{\circ} \quad \text{»} \quad \text{»} \text{ negativo} \\ E_{c2} = E_{a2} \quad \text{»} \quad \text{»}\ 120^{\circ} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{»} \end{cases}$$

In altri termini, (E_{a0}, E_{b0}, E_{c0}) sono una terna di vettori uguali e coincidenti, E_{a1}, E_{b1}, E_{c1}) una terna di vettori spostati di 240° l'uno rispetto all'altro nel verso positivo, (E_{a2}, E_{b2}, E_{c2}) una terna di vettori sposti di 240° nel verso negativo.

Se i tre vettori E_a, E_b, E_c ruotano, per es., nel verso positivo, le tre terne sopra definite potranno continuare a rappresentarli, purchè si facciano ruotare tutte assieme nello stesso verso positivo e con la stessa velocità.

Delle tre terne, quella con indice zero si chiama *terna di sequenza zero*, quella con indice 1 *terna di sequenza diretta*, quella con indice 2 *terna di sequenza inversa*.

Per rappresentare analiticamente le eguaglianze espresse dalle relazioni (1) scriveremo:

$$(2)\quad \begin{cases} E_{a0} = E_{b0} = E_{c0} \\ E_{b1} = \alpha^2 E_{a1};\ E_{c1} = \alpha E_{a1} \\ E_{b2} = \alpha E_{a2};\ E_{c2} = \alpha^2 E_{a2} \end{cases}$$

in cui α ed α^2 sono degli operatori vettoriali di cui il primo corrisponde ad una rotazione positiva di 120° o negativa di 240°, il secondo ad una rotazione positiva di 240° o negativa di 120°. Notoriamente:

$$(3)\quad \begin{cases} \alpha = e^{+j\frac{2}{3}\pi} = -0{,}50 + j\,0{,}866 \\ \alpha^2 = e^{-j\frac{2}{3}\pi} = \alpha^{-1} = -0{,}50 - j\,0{,}866 \\ \alpha^3 = \alpha^2.\alpha = e^0 = 1 \\ \alpha^4 = \alpha^3.\alpha = \alpha \end{cases}$$

Per passare dalla terna di vettori della fig. 1 (*a*) alle tre terne equivalenti della fig. 1 (*b*) valgono le equazioni:

$$(4)\quad \begin{cases} E_{a0} = \dfrac{E_a + E_b + E_c}{3} \\ E_{a1} = \dfrac{E_a + \alpha E_b + \alpha^2 E_c}{3} \\ E_{a2} = \dfrac{E_a + \alpha^2 E_b + \alpha E_c}{3} \end{cases}$$

(1) Fortescue AIEE, 918 - BOTTANI «*L'Elettrotecnica*» 924.

Per il passaggio inverso valgono le relazioni:

$$(5)\quad \begin{cases} E_a = E_{a0} + E_{a1} + E_{a2} \\ E_b = E_{a0} + \alpha^2 E_{a1} + \alpha E_{a2} \\ E_c = E_{a0} + \alpha E_{a1} + \alpha^2 E_{a2} \end{cases}$$

Le stesse considerazioni valgono anche per la terna delle correnti.

Indichiamo con Z_{aa}; Z_{bb}; Z_{cc}; Z_{ab}; Z_{ac}; Z_{bc} le impedenze proprie e le mutue impedenze dei conduttori. Possiamo scrivere:

$$(6)\quad \begin{cases} E_a = Z_{aa} I_a + Z_{ab} I_b + Z_{ac} I_c \\ E_b = Z_{bb} I_b + Z_{ab} I_a + Z_{bc} I_c \\ E_c = Z_{cc} I_c + Z_{ac} I_a + Z_{bc} I_b \end{cases}$$

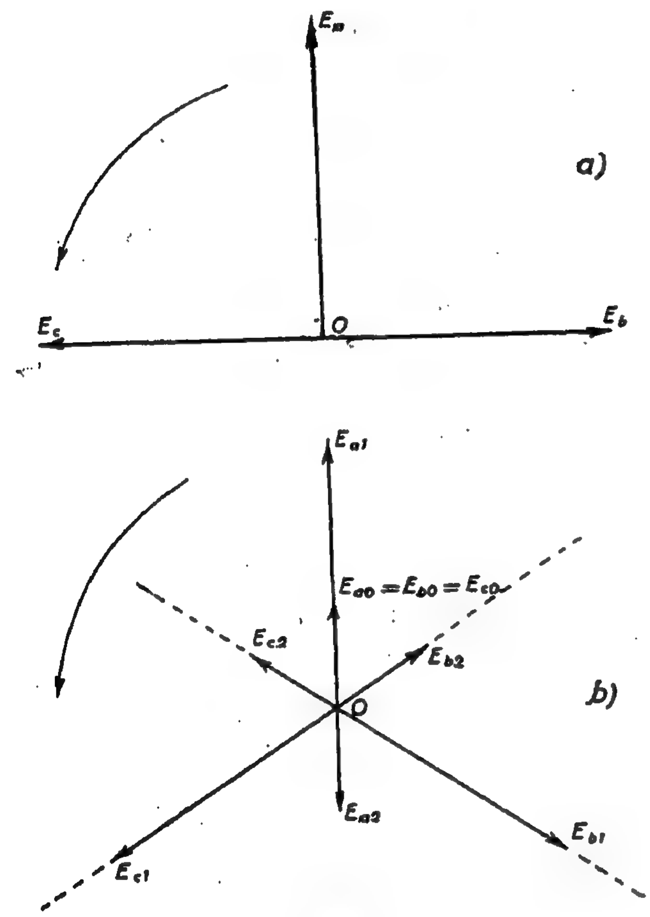


Fig. 1.

Sostituendo in queste espressioni i valori di I_a, I_b, I_c, dati dalle analoghe alle (5) avremo:

$$\begin{cases} E_a = Z_{aa} (I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}) + Z_{ab} (I_{a0} + \alpha^2 I_{a1} + \alpha I_{a2}) + \\ \qquad + Z_{ac} (I_{a0} + \alpha I_{a1} + \alpha^2 I_{a2}) \\ E_b = Z_{bb} (I_{a0} + \alpha^2 I_{a1} + \alpha I_{a2}) + Z_{ab} (I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}) + \\ \qquad + Z_{bc} (I_{a0} + \alpha I_{a1} + \alpha^2 I_{a2}) \\ E_c = Z_{cc} (I_{a0} + \alpha I_{a1} + \alpha^2 I_{a2}) + Z_{ac} (I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}) + \\ \qquad + Z_{bc} (I_{a0} + \alpha^2 I_{a1} + \alpha I_{a2}). \end{cases}$$

Tenendo presente il sistema (4) otteniamo:

$$(7)\quad \begin{cases} E_{a0} = \frac{1}{3} I_{a0} (Z_{aa} + Z_{ab} + Z_{ac} + Z_{bb} + Z_{ab} + Z_{bc} + \\ \qquad + Z_{cc} + Z_{ac} + Z_{bc}) + \\ \qquad + \frac{1}{3} I_{a1} (Z_{aa} + \alpha^2 Z_{ab} + \alpha Z_{ac} + \alpha^2 Z_{bb} + Z_{ab} + \\ \qquad + \alpha Z_{bc} + \alpha Z_{cc} + Z_{ac} + \alpha^2 Z_{bc}) + \\ \qquad + \frac{1}{3} I_{a2} (Z_{aa} + \alpha Z_{ab} + \alpha^2 Z_{ac} + \alpha Z_{bb} + Z_{ab} + \alpha^2 Z_{bc} + \\ \qquad + \alpha^2 Z_{cc} + Z_{ac} + \alpha Z_{bc}). \end{cases}$$

Consideriamo adesso i tre conduttori percorsi una volta da una terna di correnti aventi la stessa fase e la stessa intensità, una volta da una terna di correnti trifasi che si susseguano in modo tale da raggiungere il valore massimo prima in *a*, poi in *b* e dopo in *c*, e una volta da una terna di correnti trifasi che si susseguano in modo da raggiungere il valore massimo prima in *a*, poi in *c* e dopo in *b*. La prima sarà una terna di correnti di seguenza zero, la seconda una terna di correnti di seguenza diretta, la terza una terna di correnti di seguenza inversa.

Indicando con Z_{a0}; Z_{b0}; Z_{c0}
Z_{a1}; Z_{b1}; Z_{c1}
Z_{a2}; Z_{b2}; Z_{c2}

le impedenze offerte dai tre conduttori rispettivamente alla terna di correnti di seguenza zero, a quella di seguenza diretta ed a quella di seguenza inversa sarà:

$$(8)\quad \begin{cases} Z_{a0} = Z_{aa} + Z_{ab} + Z_{ac} \\ Z_{b0} = Z_{bb} + Z_{bc} + Z_{ab} \\ Z_{c0} = Z_{cc} + Z_{ac} + Z_{bc} \end{cases}$$

$$(9)\quad \begin{cases} Z_{a1} = Z_{aa} + \alpha^2 Z_{ab} + \alpha Z_{ac} \\ Z_{b1} = Z_{bb} + \alpha^2 Z_{bc} + \alpha Z_{ab} \\ Z_{c1} = Z_{cc} + \alpha^2 Z_{ac} + \alpha Z_{bc} \end{cases}$$

$$(10)\quad \begin{cases} Z_{a2} = Z_{aa} + \alpha Z_{ab} + \alpha^2 Z_{ac} \\ Z_{b2} = Z_{bb} + \alpha Z_{bc} + \alpha^2 Z_{ab} \\ Z_{c2} = Z_{cc} + \alpha Z_{ac} + \alpha^2 Z_{bc} \end{cases}$$

Indicando ancora con Z_{00}; Z_{01}; Z_{02}
Z_{d0}; Z_{d1}; Z_{d2}
Z_{s0}; Z_{s1}; Z_{s2}

le componenti di seguenza zero, diretta ed inversa delle impedenze offerte rispettivamente alle correnti di seuenza zero, diretta e inversa avremo:

$$(11)\quad \begin{cases} Z_{00} = \frac{1}{3} (Z_{a0} + Z_{b0} + Z_{c0}) \\ Z_{01} = \frac{1}{3} (Z_{a0} + \alpha Z_{b0} + \alpha^2 Z_{c0}) \\ Z_{02} = \frac{1}{3} (Z_{a0} + \alpha^2 Z_{b0} + \alpha Z_{c0}) \end{cases}$$

$$(12)\quad \begin{cases} Z_{d0} = \frac{1}{3} (Z_{a1} + Z_{b1} + Z_{c1}) \\ Z_{d1} = \frac{1}{3} (Z_{a1} + \alpha Z_{b1} + \alpha^2 Z_{c1}) \\ Z_{d2} = \frac{1}{3} (Z_{a1} + \alpha^2 Z_{b1} + \alpha Z_{c1}) \end{cases}$$

$$(13)\quad \begin{cases} Z_{s0} = \frac{1}{3} (Z_{a2} + Z_{b2} + Z_{c2}) \\ Z_{s1} = \frac{1}{3} (Z_{a2} + \alpha Z_{b2} + \alpha^2 Z_{c2}) \\ Z_{s2} = \frac{1}{3} (Z_{a2} + \alpha^2 Z_{b2} + \alpha Z_{c2}) \end{cases}$$

ovvero:

$$\begin{cases} Z_{00} = \frac{1}{3} (Z_{aa} + Z_{ab} + Z_{ac} + Z_{bb} + Z_{bc} + Z_{ab} + Z_{cc} + Z_{bc} + Z_{ac}) \\ Z_{01} = \frac{1}{3} (Z_{aa} + Z_{ab} + Z_{ac} + \alpha Z_{bb} + \alpha Z_{bc} + \alpha Z_{ab} + \alpha^2 Z_{cc} + \\ \qquad + \alpha^2 Z_{bc} + \alpha^2 Z_{ac}) \\ Z_{02} = \frac{1}{3} (Z_{aa} + Z_{ab} + Z_{ac} + \alpha^2 Z_{bb} + \alpha^2 Z_{bc} + \alpha^2 Z_{ab} + \alpha Z_{cc} + \\ \qquad + \alpha Z_{bc} + \alpha Z_{ac}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_{do} = \frac{1}{3}(Z_{aa} + \alpha^2 Z_{ab} + \alpha Z_{ac} + Z_{bb} + \alpha^2 Z_{bc} + \alpha Z_{ab} + Z_{cc} + \\ \quad + \alpha^2 Z_{ac} + \alpha Z_{bc}) \\ Z_{d1} = \frac{1}{3}(Z_{aa} + \alpha^2 Z_{ab} + \alpha Z_{ac} + \alpha Z_{bb} + Z_{bc} + \alpha^2 Z_{ab} + \alpha^2 Z_{cc} + \\ \quad + \alpha Z_{ac} + Z_{bc}) \\ Z_{d2} = \frac{1}{3}(Z_{aa} + \alpha^2 Z_{ab} + \alpha Z_{ac} + \alpha^2 Z_{bb} + \alpha Z_{bc} + Z_{ab} + \alpha Z_{cc} + \\ \quad + Z_{ac} + \alpha^2 Z_{bc}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_{s0} = \frac{1}{3}(Z_{aa} + \alpha Z_{ab} + \alpha^2 Z_{ac} + Z_{bb} + \alpha Z_{bc} + \alpha^2 Z_{ab} + Z_{cc} + \\ \quad + \alpha Z_{ac} + \alpha^2 Z_{bc}) \\ Z_{s1} = \frac{1}{3}(Z_{aa} + \alpha Z_{ab} + \alpha^2 Z_{ac} + \alpha Z_{bb} + \alpha^2 Z_{bc} + Z_{ab} + \alpha^2 Z_{cc} + \\ \quad + Z_{ac} + \alpha Z_{bc}) \\ Z_{s2} = \frac{1}{3}(Z_{aa} + \alpha Z_{ab} + \alpha^2 Z_{ac} + \alpha^2 Z_{bb} + Z_{bc} + \alpha Z_{ab} + \alpha Z_{cc} + \\ \quad + \alpha^2 Z_{ac} + Z_{bc}) \end{cases}$$

che si possono anche scrivere:

$$(14) \begin{cases} Z_{00} = Z_{aa0} + Z_{ab0} + Z_{ac0} \\ Z_{01} = Z_{aa1} + Z_{ab1} + Z_{ac1} \\ Z_{02} = Z_{aa2} + Z_{ab2} + Z_{ac2} \end{cases}$$

$$(15) \begin{cases} Z_{d0} = Z_{aa0} + \alpha^2 Z_{ab0} + \alpha Z_{ac0} \\ Z_{d1} = Z_{aa1} + \alpha^2 Z_{ab1} + \alpha Z_{ac1} \\ Z_{d2} = Z_{aa2} + \alpha^2 Z_{ab2} + \alpha Z_{ac2} \end{cases}$$

$$(16) \begin{cases} Z_{s0} = Z_{aa0} + \alpha Z_{ab0} + \alpha^2 Z_{ac0} \\ Z_{s1} = Z_{aa1} + \alpha Z_{ab1} + \alpha^2 Z_{ac1} \\ Z_{s2} = Z_{aa2} + \alpha Z_{ab2} + \alpha^2 Z_{ac2} \end{cases}$$

quando si ponga:

$$(17) \begin{cases} Z_{aa0} = \frac{Z_{aa} + Z_{bb} + Z_{cc}}{3} \\ Z_{ab0} = \frac{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ac}}{3} \\ Z_{ac0} = \frac{Z_{ac} + Z_{ab} + Z_{bc}}{3} \end{cases}$$

$$(18) \begin{cases} Z_{aa1} = \frac{Z_{aa} + \alpha Z_{bb} + \alpha^2 Z_{cc}}{3} \\ Z_{ab1} = \frac{Z_{ab} + \alpha Z_{bc} + \alpha^2 Z_{ac}}{3} \\ Z_{ac1} = \frac{Z_{ac} + \alpha Z_{ab} + \alpha^2 Z_{bc}}{3} \end{cases}$$

$$(19) \begin{cases} Z_{aa2} = \frac{Z_{aa} + \alpha^2 Z_{bb} + \alpha Z_{cc}}{3} \\ Z_{ab2} = \frac{Z_{ab} + \alpha^2 Z_{bc} + \alpha Z_{ac}}{3} \\ Z_{ac2} = \frac{Z_{ac} + \alpha^2 Z_{ab} + \alpha Z_{bc}}{3} \end{cases}$$

Con queste sostituzioni, la espressione (7) e le sue analoghe diventano:

$$(20) \begin{cases} E_{ao} = Z_{00} I_{ao} + Z_{d2} I_{a1} + Z_{s1} I_{a2} \\ E_{a1} = Z_{01} I_{ao} + Z_{do} I_{a1} + Z_{s2} I_{a2} \\ I_{a2} = Z_{02} I_{ao} + Z_{d1} I_{a1} + Z_{so} I_{a2} \end{cases}$$

Tutto ciò che si è detto per l'impedenza si può ripetere per l'ammettenza, arrivando ad analoga conclusione. Indicando con (Y_{ao}, Y_{bo}, Y_{co}), (Y_{a1}, Y_{b1}, Y_{c1}); (Y_{a2}, Y_{b2}, Y_{c2}), le ammettenze offerte dai circuiti derivati ad una terna di tensioni di seguenza rispettivamente zero, diretta ed inversa e con:

$$Y_{00};\ Y_{01};\ Y_{02};\ Y_{do};\ Y_{d1};\ Y_{d2};\ Y_{so};\ Y_{s1};\ Y_{s2}$$

le componenti simmetriche delle tre terne di ammettenza si può scrivere:

$$(21) \begin{cases} I'_{ao} = Y_{00} E_{ao} + Y_{d2} E_{a1} + Y_{s1} E_{a2} \\ I_{a1} = Y_{01} E_{ao} + Y_{do} E_{a1} + Y_{s2} E_{a2} \\ I_{a2} = Y_{02} E_{ao} + Y_{d1} E_{a1} + Y_{so} E_{a2} \end{cases}$$

b) CALCOLO DELLE IMPENDENZE E DELLE AMMETTENZE.

Lo schema di tutto il sistema costituito dall'alternatore, dal trasformatore elevatore, dalla linea di trasmissione e dal trasformatore abbassatore è quello della fig. 2: i centri stella dei lati alta tensione dei due trasformatori situati agli estremi della linea possono essere indifferentemente collegati a terra o isolati.

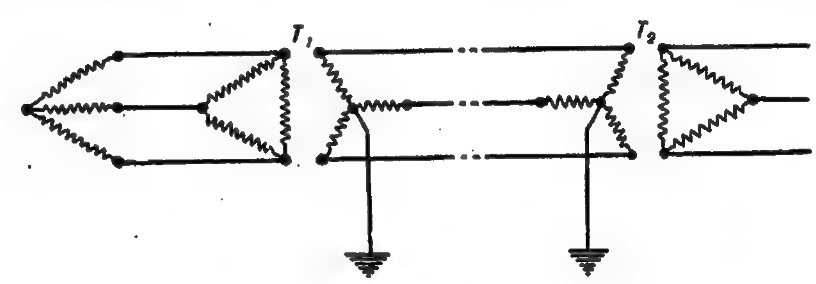


Fig. 2.

Per il calcolo delle correnti di c. c. che si hanno in seguito ad un guasto qualsiasi, è necessario conoscere le impedenze e le ammettenze offerte rispettivamente alle correnti ed alle tensioni di seguenza diretta, inversa e zero dalle diverse parti del sistema; queste grandezze possono essere calcolate come appresso.

1) *Impedenze offerte dall'alternatore.* – Osserviamo, e questa osservazione vale anche per tutti gli altri organi che compongono il sistema, che tutte le volte che il sistema di impedenze è equilibrato ci limiteremo a considerare le impedenze della sola fase (*a*) intendendo che quelle delle altre fasi siano perfettamente identiche.

Nell'analisi delle caratteristiche degli alternatori abbiamo distinti i due tipi, corrispondenti alle due costruzioni General Eletric e Brown-Boveri, perchè effettivamente le due costruzioni differiscono di alcun poco.

Sul diagramma della fig. 3 sono precisamente riportate le due caratteristiche *CG* e *BB* corrispondenti alle due macchine e riferite alla stessa scala per gli Ampèr di eccitazione.

In tal modo la caratteristica *CG* risulta assai più dritta perchè a parità di tensione sviluppata gli Ampère di eccitazione sono assai minori. Il numero di spire per polo è maggiore nelle macchine *CG*.

Le eccitatrici delle due macchine differiscono per conseguenza in potenza.

Entrambi gli alternatori sono eccitati da una eccitatrice con eccitatrice propria indipendente. Mentre per il tipo Brown Boveri la potenza dell'eccitatrice principale è di kW 320 con 350 Volt, quella della General è di kW 150 con 350 Volt.

Cosicchè mentre per 10.500 Volt a vuoto cccorrono a 50 periodi 430 Ampère di eccitazione per l'alternatore Brown Boveri, ne sono sufficienti 270 per l'alternatore *CG*.

Per mezzo di questi diagrammi e dai valori cortesemente forniti dalle Case costruttrici si sono potuti calcolare tutti gli elementi corrispondenti alle condizioni di funzionamento.

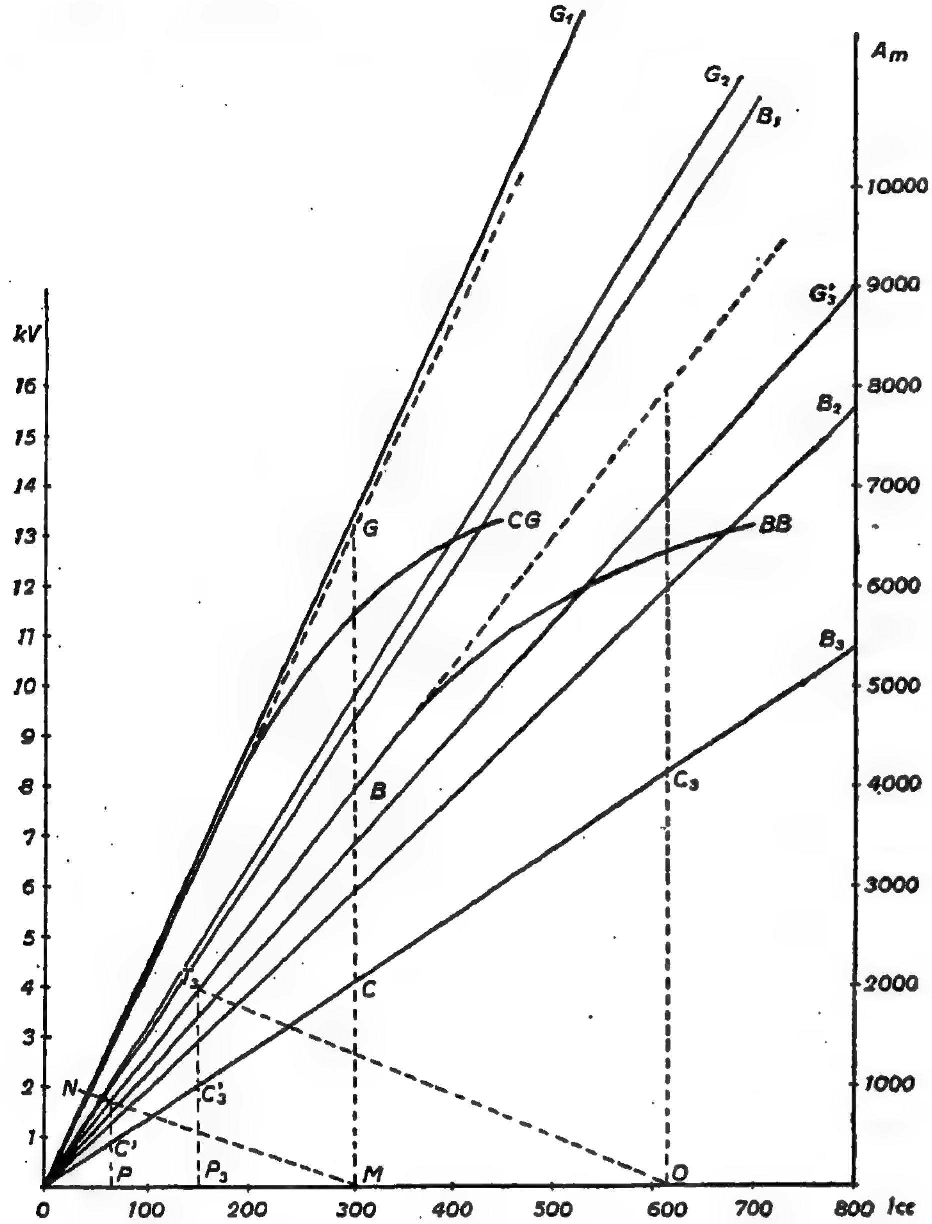


Fig. 3.

Le impedenze Z_{a1}, Z_{a2}, Z_{a0} che presenta ogni fase dell'alternatore alle correnti di seguenza diretta inversa e zero si calcola con l'aiuto delle curve in fig. 3. In essa le (*CG*) e (*BB*) rappresentano le curve d'eccitazione dei due tipi di macchine (Compagnia Generale di Elettricità - Brown Boveri) mentre le G_1, G_2, G_3, B_1, B_2, B_3 sono le rette secondo cui variano le correnti di c. c. monofasi, bifasi e trifasi ai morsetti delle macchine stesse (1).

Indicando con I_1, I_2, I_3, E_1 rispettivamente i valori letti sulle rette G_1, G_2, G_3 (ovvero B_1, B_2, B_3) nella scala delle correnti e sul prolungamento del tratto rettilineo della curva d'eccitazione nella scala delle tensioni, in corrispondenza di un valore arbitrario dell'eccitazione abbiamo:

$$(22)\quad \begin{cases} I_3 = \dfrac{E_1}{\sqrt{3}\, Z_{a1}} \\[2ex] I_2 = \dfrac{E_1}{\dfrac{Z_{a1}+Z_{a2}}{2} + \dfrac{Z_{b1}+Z_{b2}}{2}} = \dfrac{E_1}{Z_{a1}+Z_{a2}} \\ \quad \text{(poichè } Z_{a1} = Z_{b1};\ Z_{a2} = Z_{b2}) \\[2ex] I_1 = \dfrac{E_1}{\dfrac{Z_{a0}+Z_{a1}+Z_{a2}}{\sqrt{3}}} = \dfrac{\sqrt{3}\, E_1}{Z_{a0}+Z_{a1}+Z_{a2}} \end{cases}$$

(1) Sono segnate con l'indice *G* le grandezze che si riferiscono agli alternatori della Compagnia Generale e con l'indice *B* quelle che si riferiscono agli alternatori Brown Boveri.

Queste relazioni si dimostrano immediatamente tenendo presenti il significato fisico delle impedenze che vogliamo calcolare e le effettive condizioni in cui si verificano i tre funzionamenti considerati.

Riferendoci alla caratteristica B*B* (relativa alle macchine Brown Boveri), il triangolo *MNP* rappresenta le condizioni di funzionamento in c. c. con corrente normale, mentre il triangolo $OT_3\, P_3$ rappresenta le condizioni di c. c. con eccitazione corrispondente al funzionamento a tensione normale, corrente normale, cos $\varphi = 0{,}9$.

Le f. e m. effettivamente generate nei due casi sono *NP* e $T_3\, P_3$ mentre le correnti sono rispettivamente *MC* ed OC_3; il rapporto $\dfrac{NP}{MC} = \dfrac{T_3 P_3}{OC_3} = \lambda$ rappresenta la vera e propria reattanza interna della macchina. Dato che il punto T_3, anche con eccitazione sensibilmente superiore a quella normale, si trova sempre sul tratto rettilineo della caratteristica a vuoto, si avrà che l'induttanza interna rimane costante al variare dell'eccitazione non solo, ma che è anche possibile definire una reattanza apparente (che tenga conto anche della reazione d'indotto) come il rapporto tra una qualsiasi delle tensioni *NP*, $T_3\, P_3$, ecc. prese in corrispondenza del tratto rettilineo della caratteristica d'eccitazione e la corrente di c. c. che si avrebbe facendo funzionare la macchina con l'eccitazione *P*, P_3 ecc. Questa reattanza apparente è espressa in altri termini dal rapporto

$$\frac{NP}{C'P} = \frac{T_3\, P_3}{C'_3\, P_3}$$

Tale rapporto è quello esistente tra l'ordinata di un punto qualsiasi del tratto rettilineo della caratteristica d'eccitazione o del suo prolungamento e quella letta sulla retta di c. c. trifase in corrispondenza della stessa ascissa. Siccome le espressioni delle impedenze che noi vogliamo ricavare debbono tener conto anche della reazione d'indotto, nelle diverse prove di corto circuito di cui ci serviremo dovremo leggere le tensioni sul prolungamento del tratto rettilieno della curva d'eccitazione e le correnti relative in corrispondenza delle stesse ascisse sulle diverse rette di c. c.

Nelle condizioni di c. c. trifase le correnti dei tre conduttori formano una terna di seguenza diretta, saranno quindi:

$$\begin{cases} I_{a0} = 0 \\ I_{a1} = I_a \\ I_{a2} = 0 \end{cases}$$

ed allora il sistema (20) diventa

$$\begin{cases} E_{a0} = Z_{d2}\, I_a \\ E_{a1} = Z_{d0}\, I_a \\ E_{a2} = Z_{d1}\, I_a \end{cases}$$

che sommato membro a membro fornisce:

$$E_a = I_a\, Z_{a_1}$$

ed essendo

$$I_a = I_3 \text{ ed } E_a = \frac{E_1}{\sqrt{3}}$$

si ha:

$$I_3 = \frac{E_1}{\sqrt{3}\, Z_{a1}}$$

Nella prova di c. c. bifase invece si ha:

$$I_a = -I_b$$
$$I_c = 0$$

e quindi

$$\begin{cases} I_{a0} = 0 \\ I_{a1} = \frac{1}{3} I_a (1 - \alpha) \\ I_{a2} = \frac{1}{3} I_a (1 - \alpha^2) \end{cases}$$

Il sistema (20) diventa quindi:

$$\begin{cases} E_{a0} = \frac{1}{3} I_a (1 - \alpha) Z_{d2} + \frac{1}{3} I_a (1 - \alpha^2) Z_{s1} \\ E_{a1} = \frac{1}{3} I_a (1 - \alpha) Z_{d0} + \frac{1}{3} I_a (1 - \alpha^2) Z_{s2} \\ Z_{a2} = \frac{1}{3} I_a (1 - \alpha) Z_{d1} + \frac{1}{3} I_a (1 - \alpha^2) Z_{s0} \end{cases}$$

da cui

$$E_a = \frac{1}{3} I_a (1 - \alpha) Z_{a1} + \frac{1}{3} I_a (1 - \alpha^2) Z_{a2}$$

Notiamo adesso che in valore assoluto

$$I_a (1 - \alpha) = I_a (1 - \alpha^2) = \sqrt{3}\, I_a$$

e quindi

$$E_a = \frac{I_a}{\sqrt{3}} (Z_{a1} + Z_{a2})$$

da cui, tenendo presente che $I_a = I_2$ ed $E_a \sqrt{3} = E_1$

$$I_2 = \frac{E_1}{Z_{a1} + Z_{a2}}$$

Per il caso del c. c. monofase abbiamo infine

$$I_b = I_c = 0$$

da cui

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{I_a}{3}$$

ed allora il sistema (20) fornisce

$$E_a = \frac{I_a}{3} (Z_{a0} + Z_{a1} + Z_{a2})$$

ed essendo

$$E_a = \frac{E_1}{\sqrt{3}} \quad \text{ed} \quad I_a = I_1$$

risulta

$$I_1 = \frac{E_1 \sqrt{3}}{Z_{a0} + Z_{a1} + Z_{a2}}$$

Dal sistema (22) si ricava:

$$(23) \begin{cases} Z_{a1} = \frac{E_1}{I_3} \frac{1}{\sqrt{3}} \\ Z_{a2} = \frac{E_1}{I_2} - Z_{a1} \\ Z_{a0} = \frac{E_1 \sqrt{3}}{I_1} - (Z_{a1} + Z_{a2}) \end{cases}$$

Un altro procedimento che si può seguire nel calcolo delle impedenze Z_{a1} e Z_{a2} è quello di considerare la prima come l'impedenza offerta da una fase dell'avvolgimento ad una terna di correnti di seguenza diretta, conglobando in essa anche la reazione d'indotto, e la seconda come l'impedenza offerta da una fase dell'avvolgimento ad una terna di correnti pure di seguenza diretta senza comprendervi però la reazione d'indotto. Ed infatti il diverso comportamento fra le correnti di seguenza inversa e quelle di seguenza diretta consiste solo nel fatto che queste ultime esercitano una reazione d'indotto, mentre le prime deformano solo il flusso induttore lasciandone inalterato il valore medio. L'impedenza delle correnti di seguenza zero si può calcolare sempre con l'ultima delle (23), essa risulta di solito zero. Nel caso nostro, trascurando le resistenze ohmiche, risultano:

per le macchine *B.B.* (fig. 3)

$$\begin{cases} Z_{a1} = j \frac{B\ M}{C\ M \sqrt{3}} = j \frac{7900}{2080 \sqrt{3}} = j\ 2{,}19\ \Omega \\ Z_{a2} = j \frac{NP}{\sqrt{3}\ CM} = j \frac{1700}{2080 \sqrt{3}} = j\ 0{,}473\ \Omega \\ Z_{a0} = 0\ \Omega \end{cases}$$

per le macchine *C.G.E.*

$$Z_{a1} = j\ 2{,}21\ \Omega$$
$$Z_{a2} = j\ 0{,}473\ \Omega$$
$$Z_{a0} = 0\ \Omega$$

2) *Impedenze offerte dal trasformatore elevatore.* – Per questo apparecchio sappiamo che sono uguali le impedenze offerte alle correnti di seguenza zero, diretta e inversa. Nel caso nostro abbiamo:

potenza 36.000 kVA

rapporto di trasf. a vuoto 11.000/235.000 V

tensione di c. c. 10,4% 236.000 = 24.700 V

corr. normale $\frac{36.000.000}{236.000 \sqrt{3}} = 88$ Amp.

e quindi risultano (riferite all'alta tensione):

$$Z_{a1} = Z_{a2} = Z_{a0} = j\,\lambda = j \frac{24700}{88 \sqrt{3}} = j\ 162\ \Omega.$$

Le impedenze complessive del gruppo alternatore-trasformatore, elevatore, riferite all'alta tensione, sono:

$$Z'_{a1} = j \left[162 + 2{,}20 \left(\frac{236000}{11000} \right)^2 \right] = j\ 1172\ \Omega$$

$$Z'_{a2} = j \left[162 + 0{,}473 \left(\frac{236000}{11000} \right)^2 \right] = j\ 380\ \Omega$$

$$Z'_{a0} = \qquad\qquad = j\ 162\ \Omega$$

3) *Impedenze offerte dalla linea.* – Risultano dalle relazioni:

$$(24) \begin{cases} Z''_{a1} = R_1 + j\,\omega\,(L_1 + \alpha^2 M_{12} + \alpha\, M_{13}) \\ Z''_{a2} = R_1 + j\,\omega\,(L_1 + \alpha\, M_{12} + \alpha^2 M_{13}) \\ Z''_{a0} = R_1 + 3\,R_T + j\,\omega\,(L_1 + M_{12} + M_{13} + M_{1T}) \end{cases}$$

Essendo i termini $3\,R_T$ ed M_{1T} relativi alla impedenza offerta dalla terra considerata come conduttore di ritorno delle correnti di seguenza zero.

Per determinare i valori di queste impedenze, teniamo presenti i risultati delle misure eseguite dall'Ing. Crivellari sulla linea stessa a costruzione ultimata. I risultati suddetti sono quelli riassunti nel seguente prospetto:

α) Resistenza di un conduttore con corrente continua

$$R = 20{,}85\ \Omega$$

β) Impedenza di ogni conduttore nell'alimentazione trifase

$$Z = \frac{188}{\sqrt{3}} = 108{,}5\ \Omega$$

essendo 188 il valore dell'impedenza concatenata misurata.

γ) Impedenza del circuito costituito: da un conduttore e la terra (Z_1), da due conduttori in parallelo e la terra (Z_{12}), da tre conduttori in parallelo e la terra (Z_{123}), rispettivamente:

$$Z_1 = 192\ \Omega$$
$$Z_{12} = 131\ \Omega$$
$$Z_{123} = 118\ \Omega$$

δ) Resistenza delle prese di terra di Cardano e di Cislago utilizzate in queste prove, complessivamente:

$$1{,}07\ \Omega$$

Da queste misure risulta che la reattanza apparente di ogni conduttore nel sistema trifase è:

$$\lambda = \sqrt{\left(\frac{188}{\sqrt{3}}\right)^2 - \overline{20{,}80}^2} = 106{,}5$$

In base alle dimensioni dei conduttori ed alla loro posizione reciproca detta reattanza apparente risulta espressa da $\omega\,(L - M)$ essendo

$$L = 2{,}25\ .\ 10^{-3}\ \text{H/km}$$

$$M = \frac{2\,M_{12} + M_{13}}{3} = \frac{2\,.\,0{,}9243 + 0{,}7870}{3}\,.\,10^{-3} = 0{,}8785\,.\,10^{-3}\,\text{H/km}$$

M_{12} è il coefficiente di mutua induzione tra 2 conduttori paralleli distanti m. 7,25; M_{13} è quello tra due conduttori distanti m 14,50, il valore M si ricava tenendo conto che ogni conduttore si trova per 1/3 della lunghezza della linea nella posizione centrale e per 2/3 nella posizione laterale.

Si avrà quindi

$$\omega\,(L - M) = \lambda = 314\ .\ 1{,}3715\ .\ 10^{-3} = 0{,}43\ \Omega/\text{Km.}$$

Ne consegue che la lunghezza effettiva del circuito elettrico di ogni fase della linea non è di 243,5 km ma di

$$\frac{106{,}5}{0{,}43} = 248\ \text{km.}$$

Ad un valore presso a poco uguale si arriva portando in conto le diverse cause che intervengono ad aumentare la lunghezza effettiva di ogni conduttore secondo il prospetto seguente:

Lunghezza della linea in proiezione orizzontale	Km.	243,500
Allungamento per dislivelli (calcolato in base alle quote dei diversi pali)	»	3,996
Allungamento per freccie 1,2%	»	2,900
» » connessioni e cavallotti	»	0,600
In totale	Km.	250,996

La lunghezza della linea che in proiezione orizzontale si può ritenere di 243,5 km, risulta con le considerazioni suesposte di km 251, corrispondente cioè alla effettiva lunghezza di ogni conduttore. Dal calcolo e dalla verifica delle costanti il valore risulterebbe invece con molta approssimazione di 248 km. Data questa sufficiente approssimazione raggiunta delle misure, noi adotteremo quindi per le impedenze offerte alle correnti di seguenza diretta ed inversa i valori:

$$Z''_{a1} = Z''_{a2} = 20{,}80 + j\,106{,}5\ \Omega$$

Nel calcolo della impedenza Z''_{a0} offerta alle correnti di seguenza zero teniamo anche conto della impedenza offerta dalla terra, considerata come conduttore di ritorno.

Nei tre casi per cui sono state riportate le misure alla lettera (γ) l'impedenza apparente per km di ogni conduttore si può esprimere con le formule:

$$(25)\quad Z'_1 = (r + r_T) + j\,\omega\,(L + L_T - 2\,M_{aT})$$

$$(26)\quad Z'_{12} = (r + 2\,r_T) + j\,\omega\,[L + M + (2\,L_T - 4\,M_{aT})]$$

$$(27)\quad Z'_{123} = (r + 3\,r_T) + j\,\omega\,[L + 2\,M + (3\,L_T - 6\,M_{aT})]$$

essendo r la resistenza chilometrica del conduttore, r_T la resistenza chilometrica della terra, L il coefficiente di autoinduzione del conduttore considerato isolato nello spazio, M il coefficiente di induzione del conduttore considerato isolato nello spazio, M il coefficiente di induzione mutua tra due conduttori, L_T il coefficiente di induzione del conduttore fittizio terra, M_{aT} il coefficiente di induzione mutua tra il conduttore fittizio terra ed uno dei conduttori aerei.

La resistenza ohmica dei conduttori si mantiene presso a poco costante passando dalla corrente continua a quella alternata; la resistenza della terra invece varia moltissimo. Dalle prove eseguite dall'Ing. Crivellari è risultato infatti che mentre con corrente continua la resistenza della terra è addirittura trascurabile, con corrente alternata assume il valore di circa 26 Ω corrispondente a 0,107 Ω/km. Questi risultati sono molto concordi con quelli ricavati da altri autori (1).

Assunto questo valore per la resistenza ohmica di terra risulta dalla (27)

$$(28)\quad L + 2\,M + 3\,L_T - 6\,M_{aT} = \frac{\sqrt{(Z'_{123})^2 - (r + 3\,r_T)^2}}{\omega}$$

ed essendo

$$Z'_{123} = 3\ .\ \frac{Z_{123}}{243{,}5} = 0{,}485\ .\ 3 = 1{,}48\ \Omega/\text{km}$$

$$r + 3\,r_T = 0{,}3855\ \ \Omega/\text{km.}$$

$$\omega = 314$$

risulta

$$L + 2\,M + 3\,L_T - 6\,M_{aT} = \frac{1{,}43}{314} = 4{,}55\ .\ 10^{-3}\,H/\text{km.}$$

ed essendo

$$L + 2\,M = 4{,}006\ .\ 10^{-3}\ H/\text{km.}$$

risulta per i termini che rappresentano l'influenza della terra il valore:

$$3\,L_T - 6\,M_{aT} = 0{,}54\ .\ 10^{-3}\ H/\text{km.}$$

L'impedenza offerta da ogni conduttore ad una terna di correnti di seguenza zero risulta quindi:

$$Z''_{a0} = 243{,}5\,(0{,}3855 + j\,4{,}55\ .\ 314) = 93{,}5 + j\,345\ \Omega$$

Nota. — Attraverso una ulteriore elaborazione delle misure sperimentali sopra riportate, si può ricavare qualche deduzione circa il comportamento della terra come conduttore di ritorno.

(1) Cfr. FOCACCIA E CERILLO: *Elettrotecnica*, 15-25 dicembre 1928.

Dalla (25) essendo:

$$\begin{cases} r + r_T = 0{,}1855 \quad \Omega/\text{km} \\ L = 2{,}25 \cdot 10^{-3} \quad H/\text{km} \\ Z'_1 = \dfrac{192}{243{,}5} = 0{,}79 \quad \Omega/\text{km} \end{cases}$$

risulta:

$$I_T - 2 M_{aT} = 0{,}20 \cdot 10^{-3} \quad H/\text{km}$$

che moltiplicata per 3 fornisce:

$$3 I_T - 6 M_{aT} = 0{,}60 \cdot 10^{-3}$$

Ciò significa che i coefficienti I_T ed M_{aT} non conservano lo stesso valore nei due casi, primo ed ultimo, della lettera γ.

4) *Impedenze offerte dal complesso: trasformatore abbassatore inserito alla fine della linea e apparecchi utenti.* – Il gruppo di trasformazione a Cislago per ridurre la tensione a 47.000 Volt è costituito da tre trasformatori della Compagnia Generale, monofasi a tre avvolgimenti delle caratteristiche seguenti:

	Dato di ogni trasformatore	*Dati della terna*
Potenz. primario	20.000 kVA	60.000 kVA
» secondario	25.000 »	75.000 »
» terziario	15.000 »	45.000 »
Rapporto a vuoto	115.440/47.040/6000	200.000/47.040/6000

Per il calcolo delle impedenze è necessario conoscere la natura degli apparecchi utilizzatori ed il loro modo di comportarsi alle correnti delle diverse seguenze. Per semplicità di calcolo, noi ci metteremo nelle condizioni più sfavorevoli per il c. c., cioè supporremo che la impedenza del complesso sia la minima possibile, che si ha cioè quando il c. c. avvenga nelle immediate prossimità del trasformatore abbassatore, per es. sulle sbarre di collegamento. In queste condizioni, siccome la tensione di c. c. del trasformatore è di 15,6% di 200.000 = 31.200 V, le impedenze che esso offre saranno:

$$Z'''_{a1} = Z'''_{a2} = Z'''_{a0} = j \frac{31200}{173\sqrt{3}} = j\, 105 \; \Omega$$

AMMETTENZE.

Le ammettenze offerte dalle macchine sono evidentemente trascurabili, restano da considerare solo quelle offerte dalla linea di trasmissione. Riferendoci ai dati pubblicati su *L'Energia Elettrica* 1930 pag. 107 e seg. e alla disposizione dei conduttori, trascurando, come abbiamo sempre fatto sin'ora, la presenza della corda di guardia, abbiamo:

$$(29)\begin{cases} Y''_{a1} = g_{aa} + (1-\alpha^2)\, g_{ab} + (1-\alpha)\, g_{ac} + j\,\omega \\ \quad [K_a + (1-\alpha^2)\, K_{ab} + (1-\alpha)\, K_{ac}] \\ Y''_{a2} = g_{aa} + (1-\alpha)\, g_{ab} + (1-\alpha^2)\, g_{ac} + j\,\omega \\ \quad [K_a + (1-\alpha)\, K_{ab} + (1-\alpha^2)\, K_{ac}] \\ Y''_{a0} = g_{aa} + j\,\omega\, K_{aa} \end{cases}$$

essendo i coefficienti g le conduttanze di derivazione e quelli K le capacità parziali tra i diversi conduttori.

Per quanto riguarda i coefficienti g, possiamo supporre nel caso nostro che la dispersione verso terra sia solo quella dovuta agli isolatori e che tutte le perdite per effetto corona avvengano per scambio di energia tra un conduttore e l'altro. Ciò equivale a supporre che portando i tre conduttori contemporaneamente alla stessa tensione (uguale a quella di esercizio) la perdita che si ha è solo quella attraverso gli isolatori.

Con questa ipotesi risultano:

$$g_{aa} = \frac{40 \; W}{(200.000)^2} = \sim 0$$

$$g_{ab} = g_{ac} = 0{,}035 \cdot 10^{-6} \quad \mho/\text{km}.$$

Per il calcolo delle capacità parziali applichiamo le equazioni di Maxwell:

$$(30)\begin{cases} E_a = (p_{aa} - p_{aa}')\, Q_a + (p_{ab} - p_{ab}')\, Q_b + (p_{ac} - p_{ac}')\, Q_c \\ E_b = (p_{ba} - p_{ba}')\, Q_a + (p_{bb} - p_{bb}')\, Q_b + (p_{bc} - p_{bc}')\, Q_c \\ E_c = (p_{ca} - p_{ca}')\, Q_a + (p_{cb} - p_{cb}')\, Q_b + (p_{cc} - p_{cc}')\, Q_c \end{cases}$$

$$(31)\begin{cases} Q_a = q_{aa} E_a + q_{ab} E_b + q_{ac} E_c \\ Q_b = q_{ba} E_a + q_{bb} E_b + q_{bc} E_c \\ Q_c = q_{ca} E_a + q_{cb} E_b + q_{cc} E_c \end{cases}$$

che nel caso nostro diventano (1):

$$\begin{cases} E_a = 137{,}30\, Q_a + 20{,}22\, Q_b + 20{,}22\, Q_c \\ E_b = 20{,}22\, Q_a + 137{,}30\, Q_b + 20{,}22\, Q_c \\ E_c = 20{,}22\, Q_a + 20{,}22\, Q_b + 137{,}30\, Q_c \end{cases}$$

$$\begin{cases} Q_a = 0{,}0075 \; E_a - 0{,}000965\, E_b - 0{,}000965\, E_c \\ Q_b = -0{,}000965\, E_a + 0{,}0075 \; E_b - 0{,}000965\, E_c \\ Q_c = -0{,}000965\, E_a - 0{,}000965\, E_b + 0{,}0075 \; E_c \end{cases}$$

risultano quindi:

$$q_{aa} = q_{bb} = q_{cc} = 0{,}0075$$
$$q_{ab} = q_{ba} = q_{ac} = q_{ca} = q_{bc} = q_{cb} = -0{,}000965.$$

$$(32)\begin{cases} K_{aa} = q_{aa} + q_{ab} + q_{ac} = 0{,}00557 \; \mu F/\text{km} \\ K_{ab} = K_{ac} = 0{,}000965 \; \mu F/\text{km}. \end{cases}$$

Un controllo di questi valori si ha con la misura della capacità di servizio che risulta espressa dalla formula

$$C_s = K_{aa} + 3\, K_{ab} = 0{,}00845 \cdot 10^{-6} \; F/\text{km}$$

Dalle misure fatte, detta capacità di servizio è risultata invece di

$$C'_s = 0{,}00945 \cdot 10^{-6} \; F/\text{km}$$

cioè di circa il 12% superiore. Tale aumento è giustificato dal fatto che nel calcolo non si era tenuto conto della presenza dei pali. Data la forma del palo a cavalletto, con conduttore che attraversa il palo stesso, tale aumento è risultato sensibile.

Siccome le ammettenze offerte alle tensioni di seguenza diretta ed inversa si esprimono in funzione della capacità di servizio, possiamo in esse introdurre il valore C'_s misurato. Nell'espressione dell'ammettenza offerta alle tensioni di seguenza zero comparisca invece la capacità parziale K_{aa}. Per esprimere questa grandezza con un'approssimazione maggiore di quella ottenuta con le formule, osserviamo che la presenza del filo di guardia, dei pali e di altri corpi atti a variare la capacità del sistema influisce sempre nel senso di aumentare le capacità parziali verso terra K_{aa} e di diminuire quelle verso i conduttori K_{ab}; K_{ac}.

(1) Per il calcolo dei coefficienti potenziali relativi a due conduttori qualsiasi usiamo lo stesso metodo che abbiamo seguito per il calcolo dei coefficienti di induttanza, cioè scriviamo:

$$p_{ab} = p_{ba} = p_{ac} = p_{ca} = p_{bc} = p_{cb} = \frac{2 \cdot p\, 7{,}25 + p\, 14{,}5}{3} =$$
$$= \frac{(2 \cdot 88{,}63 + 76)}{3} \cdot 10^{-6} = 84{,}42 \times 10^{-6}.$$

Ciò è giustificato dalla disposizione dei conduttori.

Possiamo quindi ritenere che nell'espressione di C_s l'aumento sia dovuto esclusivamente ad un aumento nel valore di K_{aa}.

Si avrà così:

$$K_{aa} = C'_s - 3\,K_{ab} = (0{,}00945 - 0{,}0029)\,10^{-6} = 0{,}00655\,10^{-6}\,F/km$$

Con questi valori, essendo:

$$(1 - \alpha^2) = 1{,}5 + j\,0{,}866$$
$$(1 - \alpha) = 1{,}5 - j\,0{,}866$$

le ammettenze per km risultano:

$$Y''_{a1} = (0{,}035 \cdot 3 + j\,314 \cdot 0{,}00945)\,10^{-6} = (0{,}105 + j\,2{,}97)\,10^{-6}\ \mho/km$$
$$Y''_{a2} = Y''_{a1} = (0{,}105 + j\,2{,}97)\,10^{-6}\ \mho/km$$
$$Y''_{a0} = j\,314 \cdot 0{,}00655 + j\,2{,}06 \cdot 10^{-6}\ \mho/km$$

e quelle totali:

$$Y''_{a1} = Y''_{a2} = (25{,}567 + j\,722) \cdot 10^{-6}\ \mho$$
$$Y''_{a0} = j\,505 \cdot 10^{-6}\ \mho$$

Riassunto delle impedenze offerte:

alle correnti di seguenza diretta:

alternatore (rif. alla b. t.) $Z_{a1} = j\,2{,}20\ \Omega$ (media tra le *B.B.* e le *C.G.*)
trasformatore (rif. alla a. t.) $Z'_{a1} = j\,162\ \Omega$
linea (rif. alla a. t.) $Z''_{a1} = 20{,}80 + j\,106{,}5\ \Omega$

alle correnti di seguenza inversa:

alternatore (rif. alla b. t.) $Z_{a2} = j\,0{,}473\ \Omega$
trasformatore (rif. alla a. t.) $Z'_{a2} = j\,162\ \Omega$
linea (rif. alla a. t.) $Z''_{a2} = 20{,}80 + j\,106{,}5\ \Omega$

alle correnti di seguenza zero:

alternatore (rif. alla b. t.) $Z_{a0} = 0$
trasformatore (rif. alla a. t.) $Z'_{a0} = j\,162\ \Omega$
linea (rif. alla a. t.) $Z''_{a0} = 93{,}5 + j\,345\ \Omega$

Riassunto delle ammettenze offerte:

alle tensioni di seguenza diretta:

alternatore $Y_{a1} = 0$
trasformatore $Y'_{a1} = 0$
linea $Y''_{a1} = (25{,}567 + j\,722)\,10^{-6}\ \mho$

alle tensioni di seguenza inversa:

alternatore $Y_{a2} = 0$
trasformatore $Y'_{a2} = 0$
linea $Y''_{a2} = (25{,}567 + j\,722)\,10^{-6}\ \mho$

alle tensioni di seguenza zero:

alternatore $Y_{a0} = 0$
trasformatore $Y'_{a0} = 0$
linea $Y''_{a0} = j\,505 \cdot 10^{-6}\ \mho$

c) – Calcolo delle correnti di c. c.

1° *Caso.* – Supponiamo che la linea funzioni a vuoto e che essendo il neutro del trasformatore collegato a terra succeda un c. c. tra una fase e la terra vicino alla stazione di arrivo, come indicato nello schema della fig. 4.

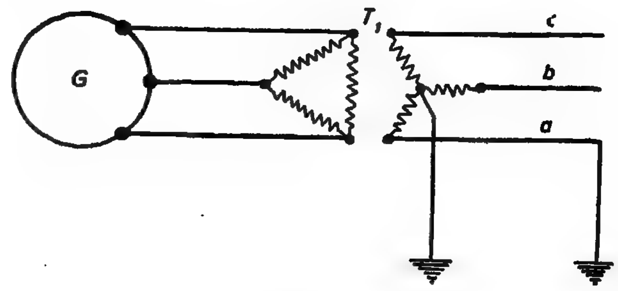


Fig. 4.

Per calcolare le correnti che in queste condizioni percorrono i conduttori *a - b - c* applichiamo il principio della sovrapposizione degli effetti, cioè calcoliamo separatamente le correnti relative alla impedenza del sistema e quelle dovute alla ammettenza dei circuiti derivati e ne facciamo poi la somma.

a) *Correnti relative all'impedenza del sistema.* – Applicando al caso nostro le relazioni (17), (18), (19), (14), (15), (16), (8), siccome le tre fasi sono esattamente simmetriche (prescindendo per ora dal c. c.) si ha:

$$\begin{cases} Z_{aa0} = Z_{aa} \\ Z_{aa1} = Z_{aa2} = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} Z_{ab0} = Z_{ab} \\ Z_{ab1} = Z_{ab2} = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} Z_{ac0} = Z_{ac} \\ Z_{ac1} = Z_{ac2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_{00} = Z_{aa} + Z_{ab} + Z_{ac} = Z_{a0} \\ Z_{01} = Z_{02} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_{d0} = Z_{aa} + \alpha^2 Z_{ab} + \alpha Z_{ac} = Z_{a1} \\ Z_{d1} = Z_{d2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_{s0} = Z_{aa} + \alpha Z_{ab} + \alpha^2 Z_{ac} = Z_{a2} \\ Z_{s1} = Z_{s2} = 0 \end{cases}$$

Quindi il sistema (20) diventa:

$$\begin{cases} E_{a0} = Z_{a0}\,I_{a0} \\ E_{a1} = Z_{a1}\,I_{a1} \\ E_{a2} = Z_{a2}\,I_{a2} \end{cases}$$

Sommando membro a membro le tre equazioni precedenti, si ottiene:

$$E_{a0} + E_{a1} + E_{a2} = E_a = Z_{a0}\,I_{a0} + Z_{a1}\,I_{a1} + Z_{a2}\,I_{a2}$$

Tenendo ora presente lo schema delle connessioni della fig. 4, si vede che oltre che alla relazione precedente, le componenti I_{a0}, I_{a1}, I_{a2}, debbono soddisfare alle condizioni:

$$\begin{cases} I_b = I_{a0} + \alpha^2 I_{a1} + \alpha\,I_{a2} = 0 \\ I_c = I_{a0} + \alpha\,I_{a1} + \alpha^2 I_{a2} = 0 \end{cases}$$

da cui risulta $I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{I_a}{3}$ e quindi:

$$I_{a0} = \frac{E_a}{Z_{a0} + Z_{a1} + Z_{a2}}$$

Siccome le tensioni lette sul prolungamento del tratto rettilineo della curva d'eccitazione in corrispondenza dell'eccitazione normale, e riferite all'alta tensione, tenendo conto del rapporto di trasformazione a vuoto, sono rispettivamente:

$$E_1 = 343.000\ \text{V per le } (B.\,B.)$$
$$E_1 = 360.000\ \text{V per le } (C.\,G.)$$

risulta nei due casi

$$E_a = \frac{E_1}{\sqrt{3}} = 198.000 \text{ V per le } (B.\,B.)$$

$$E_a = \frac{E_1}{\sqrt{3}} = 207.500 \text{ V per le } (C.\,G.)$$

Procediamo adesso all'applicazione di queste formule osservando che i valori

$Z_{a1} = 2{,}19 \div 2{,}21\ \Omega$ (rispettivamente per le *B.B.* e le *C.G.*)

$Z_{a2} = 0{,}473\ \ \Omega$

ricavati per gli alternatori si riferiscono all'impedenza di una fase nel sistema trifase. Posto il modo secondo cui sono collegati la macchina ed il trasformatore (fig. 4) si ha che una corrente che circola in una fase della linea deve percorrere la fase corrispondente del trasformatore e due fasi in serie della macchina. Di questo fatto si tiene conto semplicemente moltiplicando le impedenze sopradette dell'alternatore per il rapporto $\frac{2}{\sqrt{3}}$.

Sarà allora

$$\begin{cases} Z_{a1} = 2{,}54 \div 2{,}56 \\ Z_{a2} = 0{,}547 \end{cases}$$

$$Z'_{a1} = j\left[162 + 2{,}54\left(\frac{236.000}{11.000}\right)^2\right] = j\ 1327\ (B.\,B.)$$

$$Z'_{a1} = j\left[162 + 2{,}56\left(\frac{236.000}{11.000}\right)^2\right] = j\ 1337\ (C.\,G.)$$

$$Z'_{a2} = j\left[162 + 0{,}547\left(\frac{236.000}{11.000}\right)^2\right] = j\ 413$$

$$Z'_{a0} = \qquad\qquad = j\ 162$$

Con 4 macchine si avrà:

$$Z_{a0} = j\ \frac{162}{4} + 93{,}5 + j\ 344 = 93{,}5 + j\ 384{,}5$$

$$\begin{cases} Z_{a1} = j\ \dfrac{1327}{4} + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 438{,}5\ (B.\,B.) \\ Z_{a1} = j\ \dfrac{1337}{4} + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 441{,}5\ (C.\,G.) \end{cases}$$

$$Z_{a2} = j\ \frac{413}{4} + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 209{,}5$$

$$\begin{cases} I_{a0} = \dfrac{198.000}{135{,}1 + j\ 1032{,}5} = \dfrac{10^6\ (26{,}7 - j\ 204)}{10^6\ .\ 1{,}0832} = 24{,}6 - j\ 188{,}5\ (B.B.) \\ I_{a0} = \dfrac{207.500}{135{,}1 + j\ 1035{,}5} = \dfrac{10^6\ (28{,}1 - j\ 215)}{10^6\ .\ 1{,}0882} = 25{,}8 - j\ 197{,}5\ (C.G.) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_a = 73{,}8 - j\ 565\ (B.\,B.) \\ I_a = 77{,}4 - j\ 590\ (C.\,G.) \end{cases}$$

Con 3 sole macchine si avrà:

$$Z_{a0} = j\ \frac{162}{3} + 93{,}5 + j\ 344 = 93{,}5 + j\ 398$$

$$\begin{cases} Z_{a1} = j\ \dfrac{1327}{3} + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 549{,}5\ (B.\,B.) \\ Z_{a1} = j\ \dfrac{1337}{3} + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 551{,}5\ (C.\,G.) \end{cases}$$

$$Z_{a2} = j\ \frac{413}{3} + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 244.$$

$$\begin{cases} I_{a0} = \dfrac{198.000}{135{,}1 + 1191{,}5} = \dfrac{10^6\ (26{,}7 - j\ 236)}{10^6\ .\ 1{,}438} = 18{,}6 - j\ 165\ (B.B.) \\ I_{a0} = \dfrac{207.500}{135{,}1 + j\ 1193{,}5} = \dfrac{10^6\ (28{,}1 - j\ 248)}{10^6\ .\ 1{,}443} = 19{,}4 - j\ 171\ (C.G.) \end{cases}$$

$$I_a = 55{,}8 - j\ 495\ (B.\,B.)$$
$$I_a = 58{,}2 - j\ 512\ (C.\,G.)$$

Con 2 sole macchine:

$$Z_{a0} = j\ \frac{162}{2} + 93{,}5 + j\ 344 = 93{,}5 + j\ 425$$

$$\begin{cases} Z_{a1} = j\ \dfrac{1327}{2} + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 770\ (B.\,B.) \\ Z_{a1} = j\ \dfrac{1337}{2} + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 775\ (C.\,G.) \end{cases}$$

$$Z_{a2} = j\ \frac{413}{2} + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 313$$

$$I_{a0} = \frac{198.000}{135{,}1 + j\ 1508} = \frac{10^6\ (26{,}7 - j\ 299{,}5)}{10^6\ .\ 2{,}288} = 11{,}7 - j\ 130{,}5\ (B.B.)$$

$$I_{a0} = \frac{207.500}{135{,}1 + j\ 1513} = \frac{10^6\ (28{,}1 - j\ 315)}{10^6\ .\ 2{,}308} = 12{,}4 - j\ 136{,}5\ (C.\,G.)$$

$$I_a = 35{,}1 - j\ 391\ (B.\,B.)$$
$$I_a = 37{,}2 - j\ 410\ (C.\,G.)$$

Con 1 sola macchina:

$$Z_{a0} = j\ 162 + 93{,}5 + j\ 344 = 93{,}5 + j\ 506$$
$$Z_{a1} = j\ 1327 + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 1433{,}5\ (B.\,B.)$$
$$Z_{a1} = j\ 1337 + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 1443{,}5\ (C.\,G.)$$
$$Z_{a2} = j\ \ 413 + 20{,}80 + j\ 106{,}5 = 20{,}80 + j\ 519{,}5$$

$$\begin{cases} I_{a0} = \dfrac{198.000}{135{,}1 + j\ 2459} = \dfrac{10^6\ (26{,}7 - j\ 486)}{10^6\ .\ 6{,}058} = 4{,}32 - j\ 80{,}5\ (B.B.) \\ I_{a0} = \dfrac{207.500}{135{,}1 + j\ 2469} = \dfrac{10^6\ (28{,}1 - j\ 513)}{10^6\ .\ 6{,}118} = 4{,}58 - j\ 84\ (C.\,G.) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_a = 13 \quad - j\ 242\ (B.\,B.) \\ I_a = 13{,}7 - j\ 252\ (C.\,G.) \end{cases}$$

b) *Correnti relative alle ammettenze dei circuiti derivati.* – Abbiamo visto che le ammettenze offerte da ogni conduttore alle tensioni di seguenza zero, diretta ed inversa sono rispettivamente:

$$Y_{a0} = j\ 505\ .\ 10^{-6}\ \mho$$
$$Y_{a1} = (25{,}567 + j\ 722)\ \ 10^{-6}\ \mho$$
$$Y_{a2} = (25{,}567 + j\ 722)\ \ 10^{-6}\ \mho$$

Risultano quindi:

$$\begin{cases} Y_{o0} = Y_{a0} = j\ 505\ .\ 10^{-6} \\ Y_{o1} = 0 \\ Y_{o2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} Y_{d0} = Y_{a1} = (25{,}567 + j\ 722)\ \ 10^{-6} \\ Y_{d1} = 0 \\ Y_{d2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} Y_{80} = Y_{a2} = (25{,}567 + j\ 722)\ \ 10^{-6} \\ Y_{81} = 0 \\ Y_{82} = 0 \end{cases}$$

D'altro canto, ricordando le condizioni poste, cioè che la fase 1 sia a terra, risultano:

$$E_a = 0;\ E_b = 130.000 \,.\, \alpha^2;\ E_c = 130.000 \,.\, \alpha$$

e quindi:

$$E_{a0} = \frac{130.000 \,.\, \alpha^2 + 130.000 \,.\, \alpha}{3} = -43,33 \,.\, 10^3 \text{ V}$$

$$E_{a1} = \frac{130.000 \,.\, \alpha^3 + 130.000 \,.\, \alpha^3}{3} = 86,66 \,.\, 10^3 \text{ V}$$

$$E_{a2} = \frac{130.000 \,.\, \alpha^4 + 130.000 \,.\, \alpha^2}{3} = -43,33 \,.\, 10^3 \text{ V}$$

E quindi il sistema (21) diventa:

$$\begin{cases} I'_{a0} = -j\, 0,000505 \,.\, 43,330 \\ I'_{a1} = (25,567 + j\, 722) \,.\, 10^{-6}\, 36,66 \,.\, 10^3 \\ I'_{a2} = -(25,567 + j\, 722) \,.\, 10^{-6} \,.\, 43,33 \,.\, 10^3 \end{cases}$$

Ossia:

$$\begin{cases} I'_{a0} = -j\, 21,90 \\ I'_{a1} = 2,220 + j\, 62,50 \\ I'_{a2} = -1,11 - j\, 31,3 \end{cases}$$

da cui si ricava:

$$I'_a = I'_{a0} + I'_{a1} + I'_{a2} = 1,11 + j\, 9,30$$
$$I'_b = I'_{a0} + \alpha^2 I'_{a1} + \alpha\, I'_{a2} = 80,64 - j\, 28,46$$
$$I'_c = I'_{a0} + \alpha\, I'_{a1} + \alpha^2 I'_{a2} = -81,75 - j\, 12,74$$

Questi vettori sono rappresentati in scala nella fig. 5.

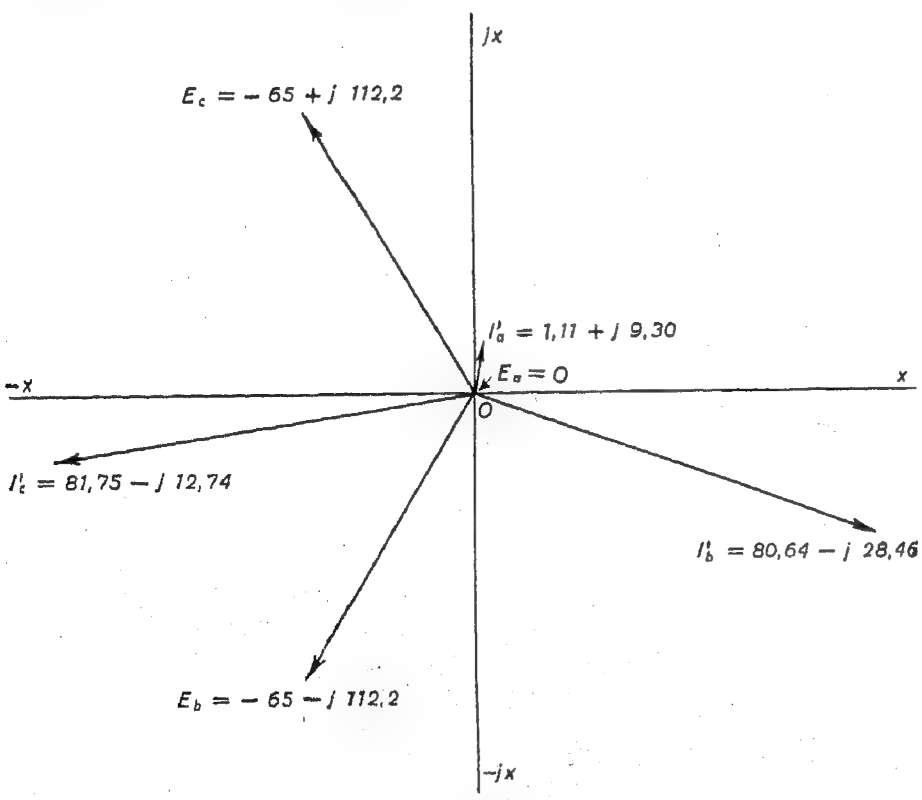


Fig. 5.

Le correnti totali a vuoto con il c. c. sulla fase *a* alla fine della linea, supposto che siano in parallelo 2 macchine della *C. G. E.* e 2 della *B. B.*

Saranno:

$$I_a = \frac{73,8 + 77,2}{2} - j\, \frac{(565 + 590)}{2} = 75,5 - j\, 575$$

$$I_A = I_a + I'_a = 76,60 - j\, 565,70$$

$$I_B = I'_b = 80,64 - j\, 28,46$$

$$I_C = I'_c = -81,75 - j\, 12,74$$

Questi valori sono riportati in iscala nella fig. 6, nella quale si leggono:

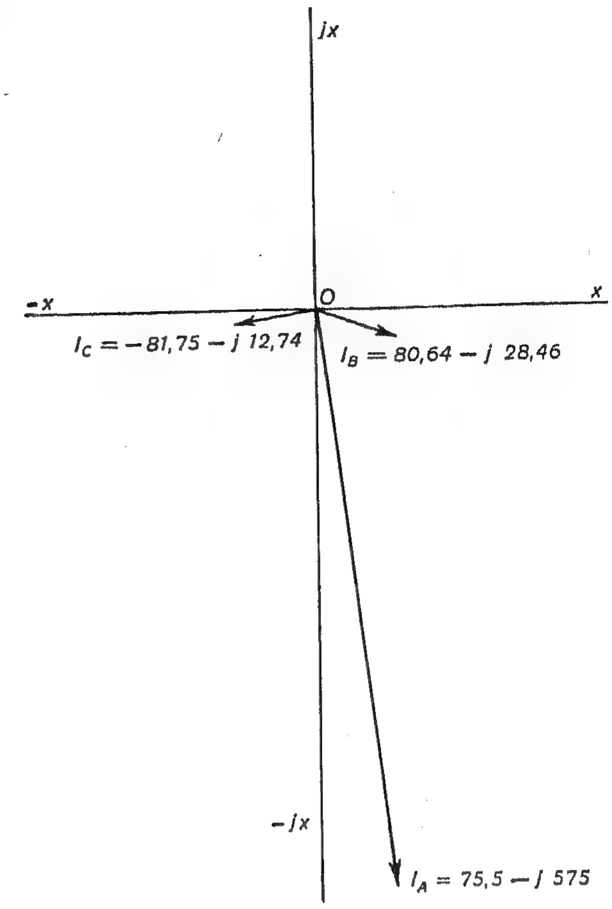


Fig. 6.

$$|I_A| = 580 \text{ A}$$
$$|I_B| = 85 \text{ A}$$
$$|I_C| = 85 \text{ A}$$

2° *caso.* – Supponiano ancora la linea a vuoto e che avvenga un c. c. sulla fase *a* all'estremo di arrivo della linea, cioè alla stazione di Cislago. Facciamo però il caso in cui il neutro del trasformatore T_1 non sia più a terra, ma isolato (fig. 7). In

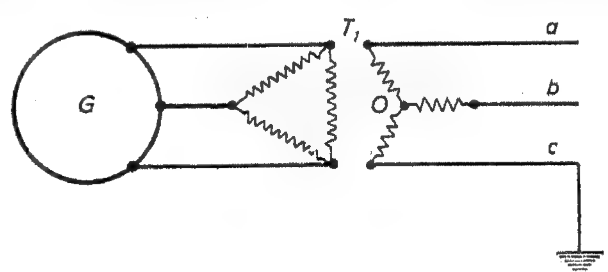


Fig. 7.

questo caso, saranno evidentemente nulle le correnti relative alle impedenze e non restano da considerare che quelle dovute alle ammettenze. Bisogna però tener presente che le tensioni delle tre fasi sono diverse di quelle generate nei corrispondenti avvolgimenti. Precisamente, supposta costante ed uguale a zero la tensione in tutto il onduttore *a*, il potenziale del centro stella sarà E, (indicando con E la tensione generata in una fase del generatore) e quindi le tensioni delle tre fasi saranno rispettivamente:

(fig. 8):

$$E_a = 0$$
$$E_b = -195.000 - j\, 112.200 \text{ V}$$
$$E_c = -195.000 + j\, 112.200 \text{ V}$$

La differenza di potenziale tra le fasi *b* e *c* resterà sempre in valore assoluto.

$$|E_b - E_c| = 225.000 \text{ V} = E\sqrt{3}$$

Le componenti di seguenza zero, diretta e inversa della tensione E_a saranno quindi:

$$E_{a0} = \frac{E_a + E_b + E_c}{3} = -130.000 \text{ V}$$

$$E_{a1} = \frac{E_a + \alpha E_b + \alpha^2 E_c}{3} = 130.000 \text{ V}$$

$$E_{a2} = \frac{E_a + \alpha^2 E_b + \alpha E_c}{3} = 0$$

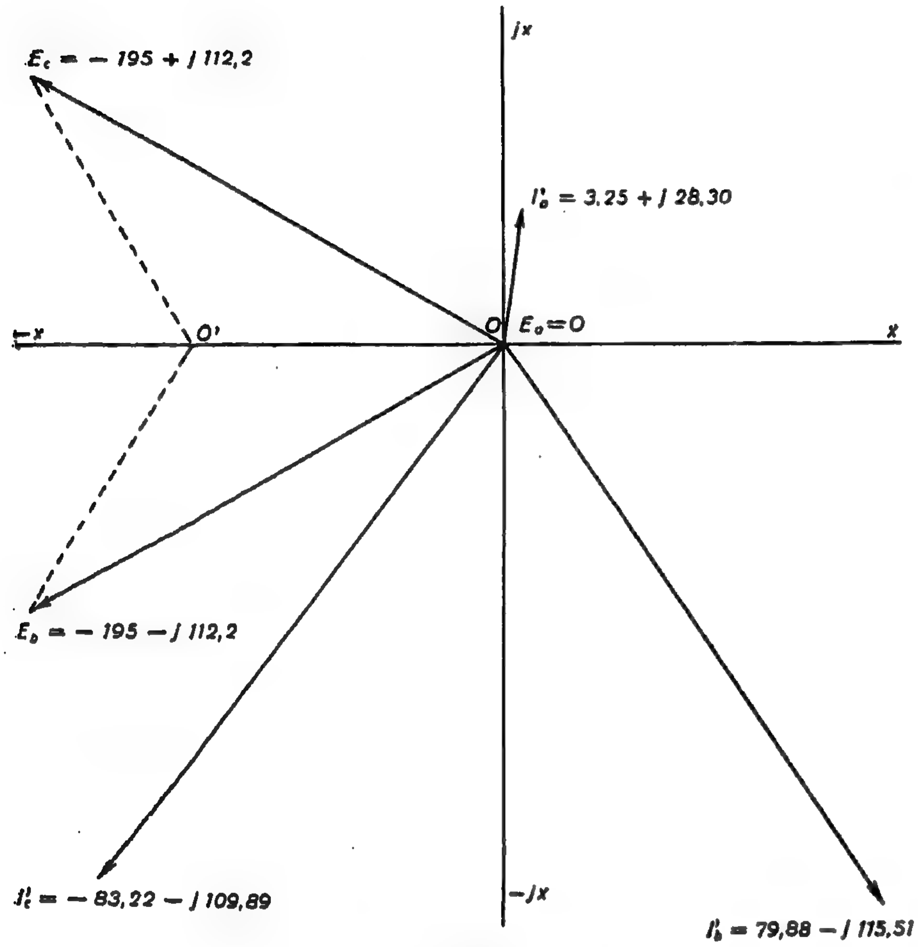


Fig. 8.

Le ammettenze restano invece quelle calcolate al caso precedente; avremo quindi:

$$\begin{cases} I'_{a0} = -j\,0{,}000505 \,.\, 130.000 \\ I'_{a1} = (25{,}567 + j\,722) \,.\, 10^{-6} \,.\, 130.000 \\ I'_{a2} = 0 \end{cases}$$

Ossia:

$$\begin{cases} I'_{a0} = -j\,65{,}7 \\ I'_{a1} = 3{,}25 + j\,94 \end{cases}$$

da cui si ricava:

$$I'_a = I'_{a0} + I'_{a1} + I'_{a2} = 3{,}25 + j\,28{,}30$$
$$I'_b = I'_{a0} + \alpha^2 I'_{a1} + \alpha I'_{a2} = 79{,}88 - j\,115{,}51$$
$$I'_c = I'_{a0} + \alpha I'_{a1} + \alpha^2 I'_{a2} = -83{,}12 - j\,109{,}89$$

Queste correnti sono rappresentate in iscala nella fig. 8. I loro valori assoluti letti sul disegno risultano rispettivamente:

$$|I'_a| = 28{,}5 \text{ A}$$
$$|I'_b| = 140 \text{ A}$$
$$|I'_c| = 138 \text{ A}$$

Occorre notare però che la corrente I'_a non è tutta quella che circola nel conduttore *a*. Per ottenere questa, è necessario sommare con I'_a la corrente dovuta alle capacità parziali verso terra dei conduttori *b* e *c* e che si scarica a terra attraverso il conduttore *a*.

Queste correnti sono date rispettivamente da:

$$I_{bk} = l\,\omega\,K_{bb}\,V_{bo}$$
$$I_{ck} = l\,\omega\,K_{cc}\,V_{co}$$

essendo:

$K_{bb} = K_{cc} = 0{,}00655$ (capacità verso terra per km)

$V_{bo} = V_{co} = E\sqrt{3} = 225.000$ V (tensione verso terra dei conduttori *b* e *c*

$l = 243{,}5$ km (lunghezza della linea).

Risultano:

$$I_{bk} = 114 \text{ A}$$
$$I_{ck} = 114 \text{ A}$$

Questi due vettori debbono sommarsi al vettore I'_a della fig. 8, però non hanno la stessa direzione, e precisamente I_{bk} è diretto secondo la normale alla direzione OE_b e in ritardo di 90° (1) e I_{ck} secondo la normale alla direzione OE_c ed anch'esso in ritardo di 90°.

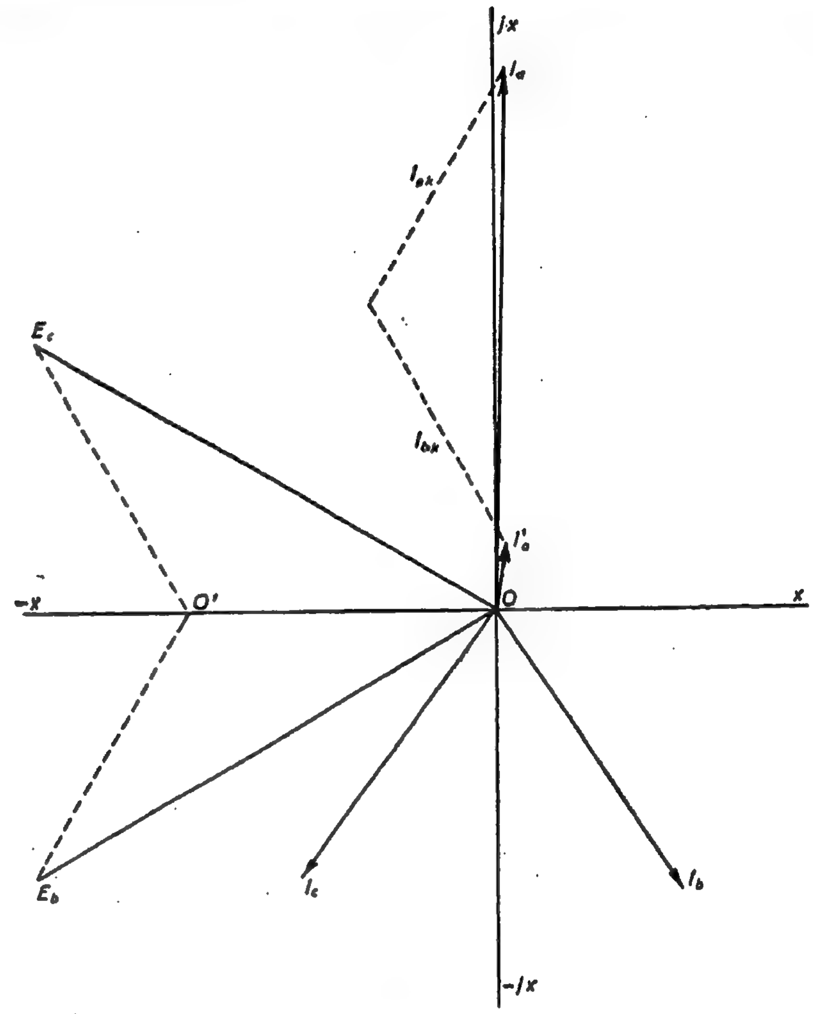


Fig. 9.

Nella fig. 9 è fatta questa costruzione e sono riportate in iscala le correnti totali nei conduttori *a*, *b*, *c*. Risultano:

$$I_a = 226 \text{ A}$$
$$I_b = I'_b = 140 \text{ A}$$
$$I_c = I'_c = 138 \text{ A}$$

Risulta da questo diagramma che la corrente derivata a terra non è esattamente in fase con quella (I'_a) che circola nel conduttore guasto per effetto della capacità verso gli altri due conduttori. La piccola differenza di fase è dovuta essenzialmente alla conduttanza dei circuiti di dispersione.

B) METODO DI RÜDENBERG.

a) *Richiami sul comportamento dei generatori nelle condizioni di c. c.* — Quando un alternatore funziona ad un determinato regime e si verifica sulla rete un c. c., si ha una variazione

(1) In realtà le correnti di capacità sono in anticipo di 90° rispetto alle tensioni, però le correnti che si scaricano a terra attraverso il conduttore *a*, vanno prese col segno contrario a quelle che loro corrispondono nei conduttori *b* e *c*.

nella corrente d'indotto, la quale tende ad acquistare il valore che ad essa compete nelle nuove condizioni di regime determinate dal c. c. Trattandosi di circuiti fortemente induttivi, i fenomeni transitori assumono un notevole rilievo, e quindi la corrente d'armatura non passa bruscamente dal valore che le compete in un regime a quello che le compete nell'altro, ma subisce in questo passaggio una serie di oscillazioni più o meno marcate più o meno prolungate. In questo calcolo, ci proponiamo di determinare solo i valori che la corrente assume nelle diverse condizioni di regime permanente provocate dai corti circuiti, trascurando le oscillazioni che essa subisce nel passaggio da una condizione di regime ad un'altra, cioè trascurando il periodo iniziale e transitorio.

Per chiarezza di esposizione, considereremo dapprima il comportamento sotto un c. c. trifase ed estenderemo poi le considerazioni ai casi di c. c. bifasi e monofasi.

Corto circuito trifase.

Consideriamo la curva della f. e. m. a vuoto E_0 (fig. 10) ed indichiamo con:

F_S la caduta induttiva dell'avvolgimento del generatore;
F_L la caduta induttiva del circuito esterno;
ω_S la reattanza dovuta al flusso disperso
ω_L la reattanza del circuito esterno
I_k la corrente di c. c.

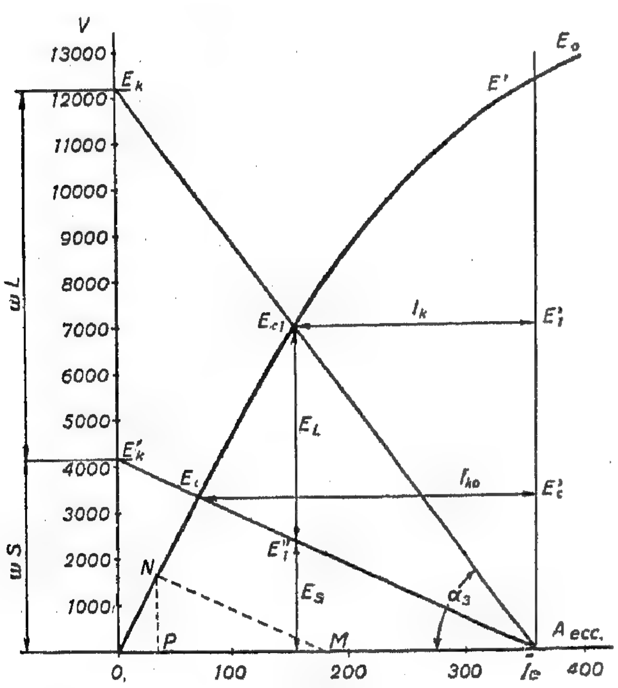


Fig. 10.

Per far circolare nel circuito esterno la corrente di corto circuito, è necessaria una tensione sufficiente a compensare le cadute induttive F_S ed F_L, trascurando in un primo tempo la resistenza ohmica; la tensione di corto circuito risulta quindi:

$$F_{C1} = F_S + F_L = I_k\ (\omega S + \omega L) \qquad (1)$$

Essendo costante sia la induttanza del generatore che quella del circuito esterno, il rapporto tra la corrente I_k e la tensione F_{C1} che la provoca è costante.

La corrente di c. c. circolante nell'avvolgimento dell'alternatore smagnetizza il campo di questo per reazione ed agisce quindi in senso opposto alla corrente di eccitazione. Questa azione smagnetizzante è proporzionale al numero delle controspire, che dipende dal rapporto fra le spire indotte e quelle dell'induttore. Se i_θ è la corrente d'eccitazione e tracciamo la retta $i_\theta\ E_k$ che formi con l'asse delle ascisse l'angolo α_3 per cui sia:

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{F_{C1}}{I_k} = \omega S + \omega L \qquad (2)$$

l'ordinata del punto E_{C1} comune alla retta E_k ed alla caratteristica E_0, rappresenterà la tensione generata dalla macchina nelle condizioni di c. c. Il segmento $F_{C1}\ E'_1$ rappresenterà quindi le controspire-ampere e sarà proporzionale alla corrente di c. c. I_k, mentre il segmento $E'\ E'_1$ rappresenta la caduta di tensione per reazione d'indotto. Tenendo conto delle scale del diagramma si ottiene in tal modo direttamente il valore della corrente di c. c. conoscendo la caratteristica a vuoto ed i coefficienti d'induzione S ed L. Si può trovare così facilmente la caratteristica di corto circuito per corti circuiti su punti diversi della rete corrispondenti a resistenze induttive del circuito esterno variabili a seconda della distanza e delle condizioni del circuito. Si comprende che per punti molto distanti dal generatore la resistenza induttiva risulta rilevante e quindi l'angolo α_3 molto grande e quindi ancora la corrente di corto circuito limitata e la tensione ai morsetti del generatore di poco inferiore alla tensione a vuoto. Invece per un corto circuito molti prossimo o addirittura ai morsetti della macchina l'autoinduzione del circuito esterno risulta nulla, cosicchè la corrente di corto circuito viene limitata esclusivamente dalla caduta induttiva del generatore e la retta E_k si sposta nella E'_k cioè assume la minima inclinazione sull'ascissa. In queste condizioni, la corrente di corto circuito acquista il massimo suo valore I_{k0}.

Variando il punto di corto circuito sulla rete, il punto E_1 si sposta sulla caratteristica E_0 mantenendosi sempre superiore ad E_C. L'altezza in direzione verticale $(F_{C1}\ E''_1)$ di questo punto sulla retta E'_k rappresenta la tensione disponibile ai morsetti mentre la sua distanza dalla verticale per i_θ è proporzionale alla corrente di c. c.

Sin'ora abbiamo tacitamente supposto che il c. c. si verifichi mentre la macchina funziona a vuoto con la eccitazione i_0. Se invece essa fornisce energia alle sbarre che alimentano due o più circuiti diversi (fig. 11) ed il corto circuito si verifica solo su uno di questi, la corrente che circola nell'avvolgimento della macchina risulterà dalla somma di tutte le correnti richieste dai circuiti alimentati, compreso quello in c. c.

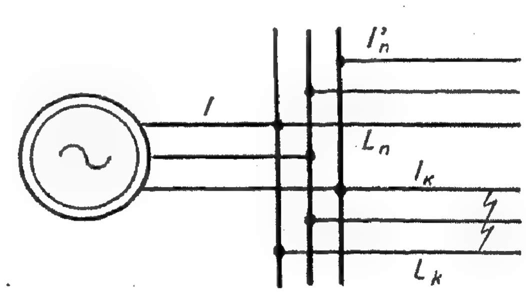


Fig. 11.

Supponiamo che la macchina alimenti due circuiti, ognuno dei quali assorbe la corrente normale I_n, e sia (fig. 12) E_0 la caratteristica a vuoto ed i_θ la corrente di eccitazione. Per quanto s'è già detto, quando si verifica un c. c. su uno dei due circuiti esterni, la corrente d'armatura sarà:

$$I = I'_n + I_k$$

essendo I_k la corrente che va al c. c. ed I'_n quella che va nel circuito sano. Si noti bene che questa I'_n non è più la corrente normale I_n, ma è alquanto diminuita, a causa della diminuzione della tensione ai morsetti provocata dal c. c.

Indicando al solito con F_{C1} la tensione totale generata dalla macchina nelle condizioni di c. c., con le notazioni delle fig. 11 e 12 dobbiamo avere:

$$F_{C1} = \omega\ S\ I + \omega\, I_k\, I_k = \omega\ S\ I + \omega\ L_n\ I'_n \qquad (3)$$

$$\text{da cui si ricava:} \quad \frac{F_{C1}}{I} = \omega\ S + \frac{\omega\ I_k\ .\ \omega\ I_n}{\omega\ I_k + \omega\ I_n} \qquad (4)$$

Il rapporto $\frac{E_{C1}}{I}$ è dunque anche qui una costante, ciò che permette di calcolare la corrente di corto circuito con una costruzione analoga a quella precedente. Solo che in questo caso l'angolo α_3 deve essere tale per cui sia:

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \omega S + \frac{\omega L_k \cdot \omega L_n}{\omega L_k + \omega L_n} \qquad (5)$$

e la corrente I è la somma di quella di c. c. I_k più quella che va nel circuito sano I'_n.

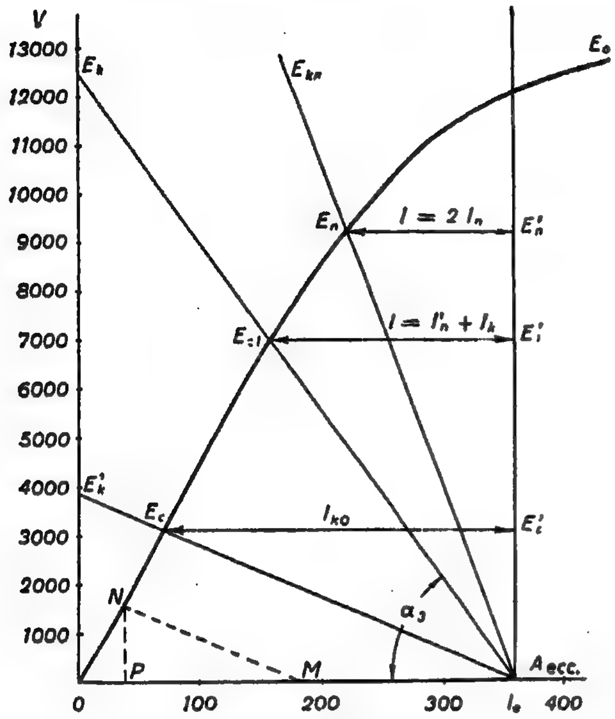


Fig. 12.

Nei generatori moderni, con una eccitazione corrispondente al carico normale, la corrente di c. c. permanente ai morsetti varia da 1,5 a2,5 volte quella normale.

Tutte le considerazioni sin'ora fatte valgono anche quando si voglia tener conto della resistenza ohmica. Indicando con R detta resistenza e con E_R la corrispondente caduta di tensione, la f. e. m. di c. c. diventa:

$$E_{C1} = \sqrt{(E_S + E_L)^2 + E_R^2} \qquad (6)$$

Inoltre le amperspire di reazione non sono più proporzionali a tutta la corrente I_k ma alla sola componente I_k sen φ, essendo φ l'angolo di fase della corrente dato dalla relazione:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_S + E_L}{E_R} = \frac{\omega S + \omega L}{R}$$

L'angolo α_3 d'inclinazione della retta E_k dovrà quindi essere tale per cui:

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{E_k}{I \text{ sen } \varphi} = \frac{(E_S + E_L)^2 + E_R^2}{I_k \ (E_S + E_L)} = \omega S + \omega L + \frac{R}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (7)$$

Naturalmente il segmento $E_{C1} E'_1$ non risulterà più proporzionale ad I_k ma ad I_k sen φ.

Confrontando la relazione (7) con la (2) si vede che tener conto della resistenza equivale ad aumentare l'inclinazione della retta E_k, il che porta ad una diminuzione della corrente di c. c., come facilmente poteva prevedersi.

Corti circuiti bifasi e monofasi.

Quando il corto circuito, anzichè avvenire contemporaneamente su tutte e tre le fasi, avviene solo tra due fasi o tra una fase ed il neutro, non si possono applicare per intero le considerazioni fatte precedentemente. Si ha invece che mentre nei c. c. trifasi le correnti circolano nelle tre fasi dell'indotto generando come campo di reazione un campo magnetico rotante con la velocità di sincronismo, in quelli monofasi o bifasi le correnti circolano solamente in una o due fasi dell'avvolgimento e il loro effetto di reazione sarà certamente meno energico.

Consideriamo per es. il caso del c. c. tra due fasi. Le correnti che circolano nelle due fasi interessate sono uguali ed opposte e generano un campo magnetico non più rotante ma alternativo. È noto però che ogni campo magnetico alternativo si può scomporre in due campi di ampiezza uguale alla metà e ruotanti in senso opposto. Di essi, quello che ruota in senso contrario al campo induttore non ha alcun effetto di reazione e quindi si può trascurare. Per trovare l'ampiezza di questi due campi e quindi l'effetto di reazione di quello che ruota nello stesso verso del campo induttore, basta calcolare l'ampiezza del vettore che rappresenta il campo alternativo prodotto dalle correnti che circolano nelle due fasi in c. c.

Per fare ciò incominciamo col supporre un c. c. trifase, il quale produca nei tre avvolgimenti le correnti i_1, i_2, i_3, di ampiezza uguale I ed a 120° tra di loro (fig. 13). È noto che il campo

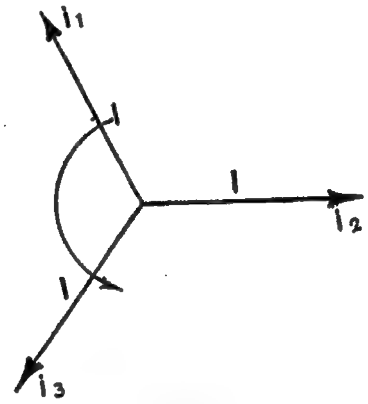


Fig. 13.

rotante prodotto da queste tre correnti, che indichiamo con Φ, ha ampiezza uguale ad una volta e mezza quello alternativo prodotto da una sola corrente. Nello istante in cui la corrente i_1 è nulla, tutto il campo sarà evidentemente prodotto delle correnti i_2 e i_3, il cui valore istantaneo sarà rispettivamente $I \frac{\sqrt{3}}{2}$ e $-I \frac{\sqrt{3}}{2}$. Abbiamo così stabilito che quando i due avvolgimenti 1 e 2 sono percorsi da correnti di segno contrario (1) ed uguali in valore assoluto a $I \frac{\sqrt{3}}{2}$ essi producono un flusso risultante uguale a Φ. Se le correnti che li percorrono, pur mantenendosi uguali ed opposte, variano fra 0 e 1, il flusso risultante varierà evidentemente tra 0 e un valore che sta a Φ nella seguente proporzione:

$$\frac{\Phi_1}{\Phi} = \frac{I}{\frac{\sqrt{3}}{2} I}$$

ossia sarà:

$$\Phi_1 = \frac{2}{\sqrt{3}} \Phi.$$

Se ne deduce che quando due fasi di un avvolgimento trifase sono percorse da una corrente alternativa sinusoidale di valor massimo I, mentre la terza fase è a vuoto, si genera un campo alternativo sinusoidale la cui ampiezza sta nel rapporto di 2 a $\sqrt{3}$ con quella del campo rotante che si avrebbe qualora la corrente I circolasse in tutte e tre le fasi. Se indichiamo quindi

(1) Si noti che per convenzione le correnti hanno segno positivo se sono dirette verso il centro, negativo se dirette in senso contrario, perciò se le correnti i_1 e i_3 hanno convenzionalmente il segno contrario esse risultano nello stesso senso rispetto al circuito formto dalle due fasi e dal collegamento esterno.

con A_3 le controspire-ampère che si hanno quando le tre fasi sono percorse da correnti di ampiezza I e con A_2 quelle che si hanno quando solo due fasi sono percorse da correnti della stessa ampiezza I, possiamo scrivere:

$$A_2 = \frac{1}{2} \frac{2}{\sqrt{3}} A_3 = \frac{A_3}{\sqrt{3}} \tag{8}$$

Nel caso del c. c. monofase, la corrente che supponiamo sempre di ampiezza I, circolerà in una sola fase. Se ora poniamo mente alla disposizione che hanno gli avvolgimenti nell'indotto, vediamo che quando le fasi 1 e 2 sono percorse da correnti uguali e di segno contrario, il campo risultante Φ_2 è uguale a $\sqrt{3}$ volte quello Φ_1 che si avrebbe qualora una sola fase fosse percorsa dalla stessa corrente. Indicando con A_1 la reazione di indotto che si ha nel caso in cui la corrente circola in una fase sola possiamo quindi scrivere:

$$A_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} A_2 = \frac{1}{3} A_3 \tag{9}$$

Per poter calcolare le correnti di corto circuito monofasi e bifasi con procedimento analogo a quello visto per il c. c. trifase, è necessario conoscere quali sono le cadute induttive che si hanno nei due casi. Indicando con L il coefficiente di autoinduzione di ciascuna fase e con M quello di mutua induzione fra due fasi (coefficienti che riteniamo uguali per tutte le fasi) la caduta induttiva di ciascuna fase, per es. della fase 1, risulta:

$$E'_{S3} = \frac{d}{dt} (L\, i_1 + M\, i_2 + M\, i_3) \tag{10}$$

Nel caso di c. c. trifase, si ha sempre in valore assoluto:

$$|i_1| = |i_2 + i_3|$$

e quindi la caduta induttiva tra due fasi si può scrivere:

$$E_{S3} = \sqrt{3}\, E'_{S3} = \sqrt{3}\, (L+M) \frac{d i_1}{d t} \tag{11}$$

Nel caso invece di c. c., tra due fasi (per es. 1 e 2) la corrente i_3 si annulla e quella i_2 diviene uguale alla i_1. La caduta induttiva ai morsetti risulterà quindi data dalla relazione:

$$E_{S2} = 2\, E'_{S2} = 2\,(L + M) \frac{d i_1}{d t} \tag{12}$$

Analogamente con c. c. monofase, la caduta induttiva sarà data da:

$$E_{S1} = \sqrt{3}\, E'_{S1} = L \frac{d i_1}{d t} \tag{13}$$

Dalle precedenti relazioni si ricava:

$$E_{S2} = \frac{2}{\sqrt{3}} E_{S3} \ (14) \ ; \quad E_{S1} = \frac{1}{1 + \frac{M}{L}} E_{S3} \tag{15}$$

Si vede quindi che, mentre nei c. c. tra due fasi la caduta induttiva risulta maggiore di quella che si ha nel caso di c. c. trifase, nei c. c. monofasi risulta minore nel rapporto di 1 a $1 + \frac{M}{L}$.

Siccome il rapporto $\frac{M}{L}$ varia in generale fra 0 e $\frac{1}{2}$, il rapporto tra E_{S1} ed E_{S3} varierà tra 1 e $\frac{2}{3}$.

Anche per i c. c. monofasi e bifasi vale la costruzione grafica della fig. 10 per il calcolo della corrente di c. c. permanente, solo che in questi casi, gli angoli d'inclinazione della retta OE_k che chiameremo α_1 e α_2 saranno diversi da α_3 e legati ad esso dalle relazioni:

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_3} = \frac{\omega\, S_2}{A_2} \cdot \frac{A_3}{\omega\, S_3} = 2$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_3} = \frac{\sqrt{3}\, \omega\, S_1}{A_1} \frac{A_3}{\omega\, S_3} = \frac{3}{1 + \frac{M}{L}}$$

e i segmenti come $E_{C1}\ E'_1$ saranno proporzionali alla corrente d'armatura non più nella stessa scala in cui vi erano proporzionali nella fig. 10, ma in una scala tripla nel caso del c. c. monofase e in una scala $\sqrt{3}$ volte più grande nel caso del c. c. bifase.

Nella pratica, con le caratteristiche che hanno i generatori moderni, risultano in media le correnti di c. c. bifasi e monofasi uguali rispettivamente a 1,5 e 2,5 volte quella trifase.

Quando il c. c. non si verifica ai morsetti del generatore, ma in un punto più o meno lontano della rete, sarà necessario aggiungere all'induttanza del generatore anche quella del tratto di linea interessato, la quale, nel caso del c. c. monofase dovrà essere moltiplicata per $\sqrt{3}$, dato che la caratteristica a vuoto rappresenta le tensioni tra fase e fase.

b) Applicazione all'impianto di Cardano.

Alternatori C. G. E. (fig. 14). – Sono conosciute, la curva d'eccitazione E_0 e quella delle correnti di c. c. trifase ai morsetti dell'alternatore I c. c.

Sappiamo inoltre che:

Corrente normale	= 2080 A
Tensione di C. C.	= 1700 V
Impedenza interna	= 0,82 Ohm.

Possiamo quindi costruirci il triangolo MNP del funzionamento in c. c.

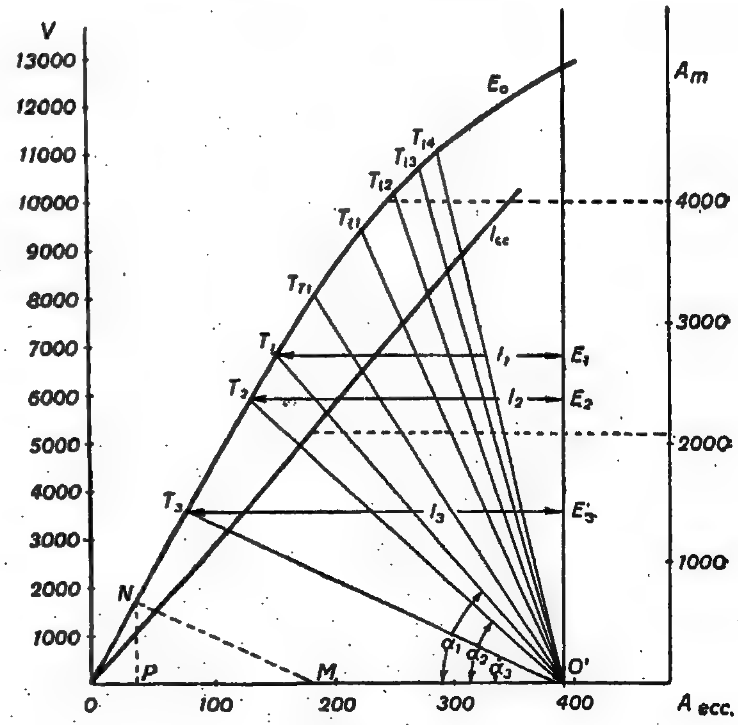


Fig. 14.

Supponendo che la impedenza interna sia dovuta tutta alla reattanza dell'avvolgimento, cioè supponendo che in c. c. la corrente sia in quadratura rispetto alla tensione, risulta che la reazione d'indotto prodotta da 2080 A in quadratura equivale al segmento MP che rappresenta

150 A d'eccitazione.

Possiamo quindi dire che per produrre un flusso contrario equivalente a quello prodotto da 1 amp. d'eccitazione con $\cos\varphi = 0$ occorrono

$$\frac{2080}{150} = 13{,}85 \text{ A d'armatura.}$$

Variando successivamente il $\cos\varphi$ da zero ad 1, gli Ampère d'armatura necessari per dare l'equivalente di 1 Ampère d'eccitazione vanno successivamente aumentando. Indicando con A_{a3} questi Ampère d'armatura, si ha precisamente:

$$A_{a3} = \frac{2080}{150 \text{ sen } \varphi}$$

Supporremo sempre, in tutti i c. c. che considereremo, che le condizioni di funzionamento della macchina nell'istante che precede il c. c. siano quelle in cui essa funziona con tensione ai morsetti di 10 kV, 2080 A e $\cos\varphi = 0{,}9$.

A questa condizione di funzionamento corrisponde una corrente d'eccitazione di 385 A, che supporremo, salvo esplicita dichiarazione contraria, sempre costante.

1° *Caso – Corto circuito trifase ai morsetti.* – Tracciando dal punto d'eccitazione base (385 A) la retta T_3, che forma con l'asse delle ascisse un angolo α_3 per cui:

$$\text{tg}\,\alpha_3 = \frac{E_3}{I_3} = \omega\, S_3 = 0{,}82$$

si ottiene nel segmento $T_3\, E_3$ la misura della corrente di c. c. trifase I_3.

Nel disegno, l'angolo α_3 che abbiamo tracciato non è effettivamente quello la cui tg è 0,82.

Ciò perchè i parametri secondo cui i segmenti $E_3\, T_3$ ed $E_3\, 0'$ sono proporzionali rispettivamente ad I_3 ed E_3 non sono uguali.

Detti parametri sono: (1)

$p_{E3} = 100$ (essendo 1 mm = 100 V la scala delle tensioni) e

$p_{I3} = 13{,}85 \times 4 = 55{,}3$ (essendo 1 mm = 4 A la scala delle correnti di ecc.)

ponendo:

$$K_3 = \frac{p_{I3}}{p_{E3}} = 0{,}553$$

dovrà essere:

$$\text{tg}\,\alpha_3 = \frac{E_3\, 0'}{T_3\, E_3} = K_3 \frac{E_3}{I_3} = 0{,}82 \times 0{,}553 = 0{,}454$$

Questo coefficiente K_3 dovrà essere applicato a tutti gli angoli analoghi ad α_3 che si tracciassero sul disegno. Evidentemente al variare del fattore di potenza varia il parametro p_{I3} e quindi anche K_3.

La corrente di c. c. letta nella scala p_{I3} risulta:

$$I_3 = 78{,}5 \times 55{,}3 = 4350 \text{ A}$$

2° *Caso – Corto circuito tra una fase e il neutro ai morsetti.* – Indicando con L il coefficiente di autoinduzione di ogni fase e con M quello di mutua induzione tra due fasi, la reattanza monofase dell'avvolgimento risulta:

$$\sqrt{3}\;\omega\, S_1 = \frac{\omega\; S_3}{1 + \dfrac{M}{L}}$$

Siccome nel caso nostro è $\dfrac{M}{L} = 0{,}202$ risulta:

$$\sqrt{3}\;\omega\, S_1 = \frac{\omega\, S_3}{1{,}202} = 0{,}680 \text{ Ohm.}$$

Per ottenere la corrente di c. c. dobbiamo anche in questo caso tracciare per il punto 0' una retta T_1 che formi con l'ascissa un angolo α_1 per il quale si abbia:

$$\text{tg}\,\alpha_1 = \frac{E_1}{I_1} = \sqrt{3}\,\omega\, S_1$$

Dobbiamo però ricordare che in questo caso il parametro p_{I3} ed il coefficiente K_3 del caso precedente diventano rispettivamente (1):

$$p_{I1} = 55{,}3 \times 3 = 166$$
$$K_1 = 3\, K_3 = 1{,}66$$

poichè per produrre un flusso contrario equivalente a quello prodotto da un Ampère d'eccitazione occorre un numero di Ampère d'armatura triplo di quello che occorrerebbe se la corrente circolasse in tutte e tre le fasi. Avremo quindi:

$$\text{tg}\,\alpha_1 = 0{,}680 \times 1{,}66 = 1{,}13$$

Naturalmente la scala secondo cui il segmento $T_1\, E_1$ rappresenta la I_1 è tripla di quella secondo cui il segmento $T_3\, E_3$ rappresenta la corrente I_3, ed è precisamente $p_{I1} = 166$ A/mm.

Si ottiene così una corrente di c. c. monofase $I_1 = 9950$ A.

3° *Caso – Corto circuito bifase ai morsetti dell'alternatore.* – Sappiamo che l'impedenza delle due fasi in serie è data da:

$$2\,\omega\, S_2 = \frac{2}{\sqrt{3}}\,\omega\, S_3 = 0{,}945 \text{ Ohm.}$$

mentre $K_2 = K_3\sqrt{3} = 0{,}96$ (poichè a pari corrente d'armatura la reazione d'indotto con c. c. bifase è $\sqrt{3}$ volte più piccola di quella che si ha con c. c. trifase).

Sarà quindi:

$$\text{tg}\,\alpha_2 = 0{,}945 \times 0{,}96 = 0{,}91$$

e $p_{I2} = 96$.

Risulta con questi valori la corrente di c. c. $I_2 = 6300$ A.

4° *Caso – Corto circuito tra un morsetto ed il centro stella del trasformatore.* – Le impedenze agenti sono:

$2\,\omega\, S_2 = 0{,}945$ Ohm (poichè al c. c. sono interessate due fasi dell'alternatore)

$\omega\, S_T = 162 \left(\dfrac{11.000}{236.000}\right)^2 = 0{,}35$ Ohm (poichè del trasformatore è interessata una fase sola).

Siccome in questo caso:

$$K_{T1} = K_2 = 0{,}96.$$

Sarà:

$$\text{tg}\,\alpha_{T1} = (0{,}945 + 0{,}35\sqrt{3})\; 0{,}96 = 1{,}56$$

E poichè:

$p_{T1} = p_{I2} = 96$ risulta: $I_{T1} = 5070$ A.

5° *Caso – Corto circuito tra una fase e la terra alla stazione di Cislago con la linea a vuoto ed il centro stella del trasformatore di Cardano collegato a terra.*

a) *Con una sola macchina in servizio.*

Sono interessate anche qui due fasi dell'alternatore e una sola fase del trasformatore e della linea con il ritorno a terra.

---

(1) Bisogna avvertire che nelle riproduzioni dei disegni sono state cambiate le scale

Nei disegni originali si aveva:

1 cm. = 1000 Volt = 40 Amp ecc. = 400 Amp. di macchina

nei disegni riprodotti risulta invece:

1 cm = 2075 Volt = 84 Amp ecc. = 840 Amp di macchina.

(1) Indicheremo sempre con p_{I3}, p_{I2}, p_{I1}; K_3, K_2, K_1 i parametri relativi rispettivamente ai c. c. trifasi, bifasi e monofasi.

Le impedenze agenti saranno quindi:

$2\,\omega\, S_2 \;=\; 0{,}945$ (alternatore)

$\omega\, S_T \;=\; 0{,}35$ (trasformatore)

$$Z = 243{,}5 \left\{ 0{,}1855 + j\, 314\, (2{,}25 + 0{,}20)\; 10^{-3} \right\} \left(\frac{11.000}{236.000} \right)^2 = 0{,}0985 + j\, 0{,}409.$$

Essendo:

243,5 km la lunghezza della linea;

0,1855 Ohm/km la resistenza ohmica del conduttore più quella della terra;

$314\,(2{,}25+0{,}20)10^{-3}$ la reattanza apparente del conduttore con ritorno a terra.

Risulta allora per tutto il circuito (macchina, trasformatore, linea, terra):

$$R \;=\; 0{,}0985 \text{ Ohm};$$

$$\lambda_{l_1} \;=\; 0{,}945 + 0{,}35\sqrt{3} + 0{,}409\sqrt{3} \;=\; 2{,}36 \text{ Ohm}.$$

La resistenza ohmica è quindi trascurabile rispetto alla reattanza.

Essendo $K_{l_1} \;=\; 0{,}96$ per ottenere la corrente di c. c. dobbiamo tracciare dal punto 0' un raggio $0\,T_{l_1}$ che formi con l'asse delle ascisse un angolo α_{l_1} dato da:

$$\operatorname{tg} \alpha_{l_1} = 2{,}36 \;\times\; 0{,}96 = 2{,}26$$

Poichè

$p_{l_1} = 96$ risulta la corrente di c. c. $I_{l_1} = 4030$ A.

b) *Con due macchine in parallelo.*

Si ha in queste condizioni:

$$\lambda_{l_2} \;=\; \frac{0{,}945 + 0{,}35\sqrt{3}}{2} + 0{,}409\sqrt{3} = 1{,}529 \text{ Ohm}$$

$K_{l_2} \;=\; K_{l_1} \times 2 \;=\; 1{,}92$

$\operatorname{tg} \alpha_{l_2} = 1{,}529 \times 1{,}92 \;=\; 2{,}94$

$p_{l_2} \;=\; 192$ $\qquad I_{l_2} = 6820$ A

c) *Con tre macchine in parallelo.*

$$\lambda_{l_3} \;=\; \frac{0{,}945 + 0{,}35\sqrt{3}}{3} + 0{,}409\sqrt{3} = 1{,}258$$

$K_{l_3} \;=\; K_{l_1} \times 3 \;=\; 2{,}88$

$\operatorname{tg} \alpha_{l_3} = 1{,}258 \times 2{,}88 \;=\; 3{,}63$

$p_{l_3} \;=\; 288$ $\qquad I_{l_3} = 8600$ A

d) *Con quattro macchine in parallelo.*

$$\lambda_{l_4} \;=\; \frac{0{,}945 + 0{,}35\sqrt{3}}{4} + 0{,}409\sqrt{3} = 1{,}121$$

$K_{l_4} \;=\; 4\,K_{l_1} = 3{,}84$

$\operatorname{tg} \alpha_{l_4} = 1{,}121 \times 3{,}84 \;=\; 4{,}31$

$p_{l_4} \;=\; 384$ $\qquad I_{l_4} = 10.000$ A.

Alternatori B. B. – Seguendo lo stesso procedimento, per gli alternatori *B. B.* che hanno le seguenti caratteristiche: (fig. 15)

Corrente normale 2080 A

Tensione di c. c. 1710 V

Impedenza interna 0,82 Ohm.

Otteniamo i seguenti risultati:

$$A_{a3} \;=\; \frac{2080}{240 \text{ sen } \varphi} \;=\; \frac{8{,}70}{\text{sen } \varphi}$$

Eccitazione a pieno carico con 10.000 V ai morsetti e $\cos \varphi \;=\; 0{,}9$ 615 A.

1° *Caso.*

$p_{E3} \;=\; 100$

$p_{I3} \;=\; 8{,}70 \times 4 \;=\; 34{,}75$

$K_3 \;=\; 0{,}347$

$\operatorname{tg} \alpha_3 \;=\; 0{,}347 \,.\, 0{,}82 \;=\; 0{,}284$ $\qquad I_3 = 4200$ A

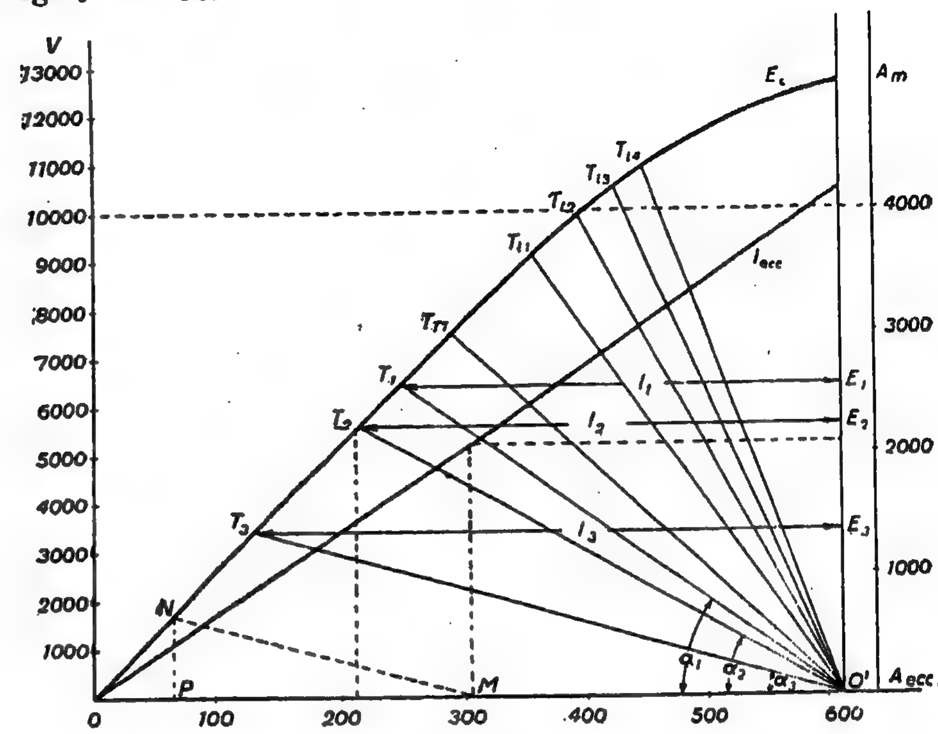


Fig. 15.

2° *Caso.*

$\sqrt{3}\;\omega\, S_1 = 0{,}68$ Ohm

$p_{I1} \;=\; 104$

$K_1 \;=\; 0{,}347 \times 3 \;=\; 1{,}04$

$\operatorname{tg} \alpha_1 \;=\; 0{,}68 \times 1{,}04 \;=\; 0{,}708$ $\qquad I_1 = 9450$ A.

3° *Caso.*

$$2\,\omega\, S_2 = \frac{2}{\sqrt{3}}\;\omega\, S_3 \;=\; 0{,}945$$

$p_{I2} \;=\; 60;\quad K_2 = 0{,}60$

$\operatorname{tg} \alpha_2 \;=\; 0{,}568$ $\qquad I_2 = 6000$ A.

4° *Caso.*

$2\,\omega\, S_2 = 0{,}945\,;\quad \sqrt{3}\;\omega\, S_T = 0{,}605$

$p_{T1} \;=\; p_{I2} = 60;\quad K_{T1} = K_2 = 0{,}60$

$\operatorname{tg} \alpha_{T1} = (0{,}945 + 0{,}605)\; 0{,}60 \;=\; 0{,}93$ $\qquad I_{T1} = 4850$ A.

5° *Caso.*

a) $p_{l_1} \;=\; 60;\quad K_{l_1} = 0{,}60$

$\operatorname{tg} \alpha_{l_1} \;=\; 2{,}36 \times 0{,}60 \;=\; 1{,}42$ $\qquad I_{l_1} = 3850$ A.

b) $p_{l_2} \;=\; 120;\quad K_{l_2} = 1{,}20$

$\operatorname{tg} \alpha_{l_2} \;=\; 1{,}529 \times 1{,}20 \;=\; 1{,}835$ $\qquad I_{l_2} = 6520$ A.

c) $p_{l_3} \;=\; 180;\quad K_{l_3} = 1{,}80$

$\operatorname{tg} \alpha_{l_3} \;=\; 1{,}258 \times 1{,}80 \;=\; 2{,}26$ $\qquad I_{l_3} = 8370$ A.

d) $p_{l_4} \;=\; 240;\quad K_{l_4} = 2{,}40$

$\operatorname{tg} \alpha_{l_4} \;=\; 1{,}121 \times 2{,}40 \;=\; 2{,}70$ $\qquad I_{l_4} = 9700$ A.

C) CONFRONTO DEI RISULTATI.

Riportiamo nel seguente specchietto le correnti di c. c. riferite tutte all'alta tensione ottenute con i due metodi nel caso 5° che è quello più completo:

c. c. tra una fase e la terra alla stazione di Cislago (schema fig. 4)	Metodo delle coordinate simmetriche			Metodo di Rüdenberg	
	Correnti di circolazione		Correnti totali		
	Macchine C.G.E.	Macchine B.B.		Macchine C.G.E.	Macchine B.B.
con 1 sola macchina.....	252	242	—	188	180
con 2 macchine.........	412	393	—	318	305
con 3 macchine.........	515	498	—	400	387
con 4 macchine.........	595	570	580	466	453

Si nota subito che i valori ottenuti con il metodo delle coordinate simmetriche risultano di circa il 20 % superiori a quelli ottenuti con il metodo di Rüdenberg. Questa divergenza è dovuta essenzialmente all'incertezza che esiste nella determinazione dell'impedenza offerta dall'alternatore alle correnti di seguenza diretta. Per una prima approssimazione noi abbiamo supposto di poter trascurare la saturazione magnetica sia agli effetti della determinazione di detta impedenza, sia agli effetti della determinazione del valore della f. e. m. da introdurre nelle formule. Da ciò si spiega la differenza dei risultati. Ma, in un secondo tempo, conosciuta l'eccitazione che avrà la macchina durante il c. c. si possono ottenere risultati più approssimati dal metodo delle coordinate simmetriche introducendo come valore dell'impedenza offerta dalla macchina alle correnti di seguenza diretta quello corrispondente al rapporto tra tensione a vuoto e corrente di c. c. corrispondenti a quel dato valore dell'eccitazione e mettendo poi nelle formule il valore della f. e. m. letta effettivamente sulla caratteristica di eccitazione.

Con questo procedimento i calcoli sopra riportati vengono a modificarsi nei loro risultati: e precisamente le impedenze di macchina risultano per i due tipi di alternatori rispettivamente:

$$Z_{a_1} = \frac{12.800}{4400\sqrt{3}} \frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}98 \ (C. G. E.)$$

$$Z_{a_1} = \frac{12.700}{4150\sqrt{3}} \frac{2}{\sqrt{3}} = 2{,}00 \ (B. B.)$$

mentre le altre impedenze restano invariate. Essendo d'altro canto:

$$E_a = \frac{274.000}{\sqrt{3}} = 158.000 \ (C.G.E.);\ E_a = \frac{272.000}{\sqrt{3}} = 157.000 \ (B.B.$$

i valori delle varie impedenze vengono così a risultare:

Con 4 macchine:

$$Z_{a0} = 93{,}50 + j\,384{,}5$$
$$\begin{cases} Z_{a1} = 20{,}80 + j\,371{,}5 \ ((C.G.E.) \\ Z_{a1} = 20{,}80 + j\,374 \ (B.B.) \end{cases}$$
$$Z_{a2} = 20{,}80 + j\,209{,}5$$

$$Z_{a0} + Z_{a1} + Z_{a2} = \begin{cases} 135{,}10 + j\,965{,}50 \ (C.G.E.) \\ 135{,}10 + j\,968 \ (B.B.) \end{cases}$$

e quindi i valori delle correnti di corto circuito saranno:

$I_a = 485$ A (*C.G.E.*)
$I_a = 480$ A (*B.B.*)

Con 3 sole macchine:

$$Z_{a0} = 93{,}5 + j\,398$$
$$\begin{cases} Z_{a1} = 20{,}80 + j\,460 \ (C.G.E.) \\ Z_{a1} = 20{,}80 + j\,463{,}5 \ (B.B.) \end{cases}$$
$$Z_{a2} = 20{,}80 + j\,244$$

$$Z_{a0} + Z_{a1} + Z_{a2} = \begin{cases} 135{,}10 + j\,1102 \ (C.G.E.) \\ 135{,}10 + j\,1105{,}5 \ (B.B.) \end{cases}$$

e in questo caso le correnti di c. c. risulteranno:

$I_a = 426$ A (*C.G.E.*)
$I_a = 422$ A (*B.B.*)

Con 2 macchine:

$$Z_{a0} = 93{,}5 + j\,425$$
$$\begin{cases} Z_{a1} = 20{,}80 + j\,637{,}5 \ (C.G.E.) \\ Z_{a1} = 20{,}80 + j\,642{,}5 \ (B.B.) \end{cases}$$
$$Z_{a2} = 20{,}80 + j\,313.$$

$$Z_{a0} + Z_{a1} + Z_{a2} = \begin{cases} 135{,}10 + j\,1375{,}5 \ (C.G.E.) \\ 135{,}10 + j\,1380{,}5 \ (B.B.) \end{cases}$$

ed i valori delle correnti di corto circuito:

$I_a = 342$ A (*C.G.E.*)
$I_a = 340$ A (*B.B.*)

Con una sola macchina:

$$Z_{a0} = 93{,}5 + j\,506$$
$$\begin{cases} Z_{a1} = 20{,}80 + j\,1172{,}5 \ (C.G.E.) \\ Z_{a1} = 20{,}80 + j\,1178{,}5 \ (B.B.) \end{cases}$$
$$Z_{a2} = 20{,}80 + j\,519{,}15$$

$$Z_{a0} + Z_{a1} + Z_{a2} = \begin{cases} 135{,}10 + j\,2197{,}65 \ (C.G.E.) \\ 135{,}10 + j\,2203{,}65 \ (C.G.E.) \end{cases}$$

e il valore della corrente di corto circuito si riduce a:

$I_a = 214$ A (*C.G.E.*)
$I_a = 212$ A (*B.B.*)

Confrontando questi nuovi valori ottenuti si riscontra che anche a questo modo i valori forniti dal metodo delle coordinate simmetriche sono di poco superiori a quelli forniti dal metodo di Rüdenberg.

c. c tra una fase e la terra alla stazione di Cislago	Metodo delle coordinate simmetriche		Metodo di Rudemberg	
	Macchine C.G.E.	Macchine B.B.	Macchine C.G.E.	Macchine B.B.
con 1 macchina	214	212	188	180
con 2 macchine	342	340	318	305
con 3 macchine	426	422	400	387
con 4 macchine	485	480	466	453

A conclusione di quanto esposto, si può affermare che il metodo di Rüdenberg, sia per la sua approssimazione (esso infatti tien conto nella maniera più compendiosa di tutti i principali fenomeni che intervengono nel funzionamento della macchina) sia anche per la sua rapidità di applicazione è di gran lunga più pratico di quello delle coordinate simmetriche. Quest'ultimo può riuscire assai utile quando interessa di calcolare, oltre che l'ampiezza delle correnti di c. c., anche la loro fase (tenendo conto anche delle correnti di capacità) per studiare il loro effetto sui circuiti telefonici posti in vicinanza. In questo caso però è necessario ritoccare i valori della impedenza della macchina calcolati con il metodo da noi indicato, in modo che il valore assoluto della corrente di circolazione risulti presso a poco uguale a quello ottenuto con il metodo di Rüdenberg.

Per questa via si può ottenere per ogni caso di c. c. una distribuzione delle correnti totali nei tre conduttori assai prossima a quella vera.

ING. CARLO PALESTRINO.
ING. CARMELO CAMINITI.

ING. MARIA ARTINI

Alcuni dati statistici e sperimentali sui fenomeni di origine atmosferica nelle linee aeree e sugli effetti dei fili di guardia

PARTE I.

Abbiamo illustrato in un precedente articolo (1) i varî aspetti del problema del filo di guardia considerato sotto il punto di vista teorico. Vogliamo ora ritornare sull'argomento per esaminare i risultati pratici e sperimentali ottenuti fin qui in tale campo (2), rifacendoci anzitutto agli studi sui fenomeni di sovratensione di origine atmosferica, che tanto impulso hanno ricevuto in questi ultimi tempi e che col problema dei fili di guardia hanno così stretta attinenza, e riportando quei valori numerici fondamentali sui quali sembra, in base all'esperienza moderna, di poter fare sufficiente assegnamento per i calcoli e le valutazioni di progetto (3).

L'importanza dei fenomeni di origine atmosferica sulle linee aeree.

L'attenzione con la quale il mondo tecnico si è rivolto a studiare i fenomeni di origine atmosferica nelle linee aeree è dovuta probabilmente, in origine, alla frequenza dei disturbi di tal genere, sia dal punto di vista assoluto che relativamente al complesso dei disturbi di qualsiasi specie.

Secondo una statistica della *Great Lakes Engineering Section* della N.E.L.A., che riguarda ben 3700 km di linee a oltre 100 kV di tensione, si è avuta nel 1928 una media di 6,8 interruzioni per 100 km di linea (valore che aumenta considerevolmente se si tiene conto delle sole linee senza filo di guadia), mentre per circa 2 anni la media scende a 6,1 per 100 km di linea e per anno. Come media di 4 anni (1926-9) le linee a 220, 132 e 110 kV di tre Società elettriche americane hanno dato rispettivamente 18, 9 e 15 interruzioni derivanti da scariche atmosferiche per 100 km di linea e per anno; una quarta Società ha avuto per 3 anni consecutivi (1926-28) N. 14, 10, 8 di tali interruzioni ogni 100 km di linea, con una media di 10. Un sistema di linee a 40-20-10 kV lungo km 297 situato nel Transvaal, in condizioni particolarmente gravose per violentissimi temporali durante una parte dell'anno, ha avuto come media di 5 anni consecutivi (1920-1924) ben 29,7 incidenti di origine atmosferica per 100 km-anno; non tutti questi incidenti hanno però dato luogo a interruzione del servizio.

Esprimendo i disturbi di origine atmosferica in percento di quelli totali, vediamo che un'importante Società americana ha avuto in 3 anni (1926-28) sulle proprie linee 516 interruzioni di cui 388 dovute a cause atmosferiche; percentuale 75,1%; sull'accennata rete nel Transvaal, gli incidenti sulle linee dovuti a temporali son stati nella proporzione del 71 % come media di 5 anni; una Società del Colorado ha constatato che su 350 km di linee a 100 kV, dal 1925 al 1927, gli scatti dovuti a burrasche sono stati il 70.5% dei totali; infine il rapporto citato della N.E.L.A. indica una proporzione del 63,5% per circa 2 anni sulla estesissima rete considerata. In Europa, rileviamo da una statistica riguardante 6 Società Svizzere e che copre periodi variabili da 2 a 4 anni, delle percentuali di scatti automatici di origine atmosferica che, a seconda delle località attraversate variano dal 26,1 al 66,7%: da notare che in alcuni casi si è avuto un numero eccezionale di interruzioni dovute a difetto di materiale e che molti incidenti, attribuiti a cause ignote, non son compresi nelle statistiche.

È interessante ricordare vicino a questi dati raccolti all'estero, a titolo di esempio, quelli di una linea italiana a 130 kV, lunga 110 km ca.: per 2 anni consecutivi si ebbero 14 archi in linea (12,7 per 100 km-anno) attribuiti ad origine atmosferica, contro 8, rispettivamente 6 incidenti attribuiti ad altre cause (6.35 per 100 km-anno), con una proporzione dunque per i primi del 66,7% sul totale.

Minor valore hanno i dati riferentisi a un solo anno di esercizio: per importanti Società americane e per linee sempre a tensione oltre 100 kV rileviamo le seguenti percentuali di sovratensioni di origine atmosferica sulle totali: 67% (1927); 45% (1927); 55% (1927); 37.5% (1929).

Le differenze che si riscontrano nelle cifre fin qui esposte son da attribuirsi, oltre che alla diversità delle località attraversate e delle condizioni atmosferiche nei varî anni, alle protezioni adottate e ai criterî di valutazione seguiti nello stabilire la causa probabile del disturbo.

Statistiche sulle perturbazioni atmosferiche.

Le statistiche sulla frequenza dei temporali e dei fulmini nelle regioni attraversate da condutture elettriche aeree presentano un'utilità notevole, quando siano messe in correlazione alla frequenza e all'intensità delle sovratensioni nelle condutture stesse. Il confronto delle condizioni metereologiche di un anno determinato con quelle dell'anno medio per un periodo abbastanza lungo, permette infatti di stabilire se le eventuali variazioni nelle condizioni di esercizio della linea siano dovute

(1) Ved. *L'Energia Elettrica*, agosto 1930, pag. 690.
(2) Ved. anche *L'Energia Elettrica*, dicembre 1930, pag. 1057.
(3) Ved. bibliografia alla fine dell'articolo.

alle condizioni speciali del tempo in tal periodo o non piuttosto a condizioni intrinseche dell'impianto. Altrettanto importante è conoscere la distribuzione dei temporali nelle varie regioni.

Disgraziatamente in Italia statistiche di tal genere non esistono che in embrione. Accenneremo a un paziente lavoro della Dott. Eredia, che ha raccolto per il quadriennio 1925-1928 le notizie di fulminazioni apparse nella stampa quotidiana, suddividendole fra Italia settentrionale, centrale, meridionale e isole, e per i varî mesi dell'anno. Ognuno vede però che per il modo stesso come è stata raccolta e per la suddivisione troppo sommaria, la statistica non ha grande importanza. Ad ogni modo riportiamo sotto forma di diagramma i risultati esposti dalla Dott. Eredia (fig. 1); i risultati per anno son dati dalla tabella seguente.

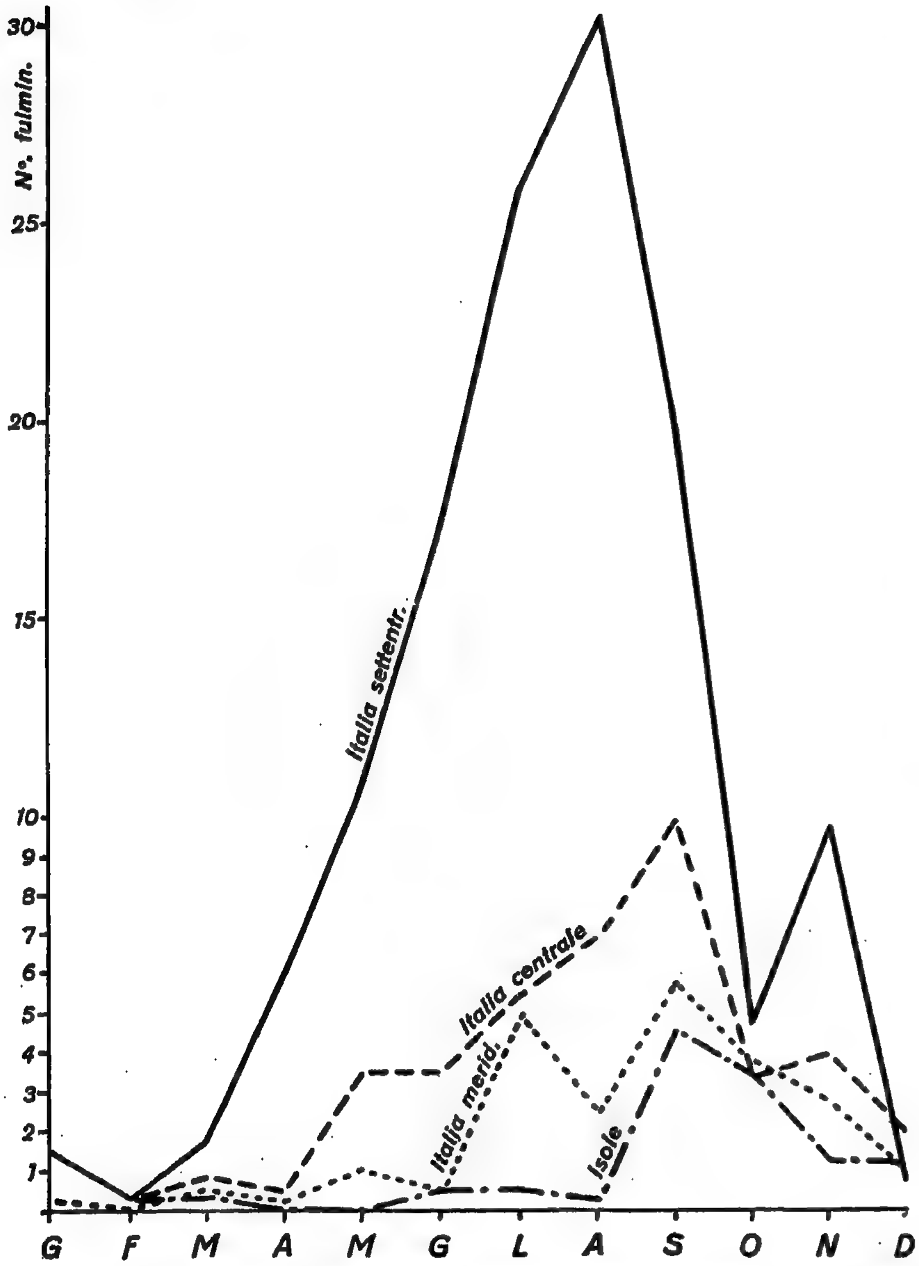


Fig. 1. - Frequenza delle fulminazioni in Italia come media degli anni 1925-28.

Numero di fulminazioni per anno e per km² in Italia

	1925	1926	1927	1928	media
Italia settentrionale	0.94	1.30	0.99	1.76	1.—
» centrale	0.50	0.78	0.38	0.68	0.59
» meridionale	0.22	0.68	0.37	0.25	0.38
Isole	0.24	0.40	0.06	0.28	0.25

In mancanza di dati degli Osservatorî metereologici, sarebbe interessante che anche le nostre Società elettriche, come già fanno parecchie Società estere, stabilissero annualmente delle statistiche della ripartizione mensile dei temporali e della relativa durata, possibilmente col numero dei fulmini verificatisi (1).

Un dato interessante nei riguardi delle sovratensioni che si verificano sulle linee aeree è quello del *gradiente* del potenziale che si produce nell'aria in seguito a un temporale.

Già nei primi studi del Norinder, fatti con mezzi sperimentali ancora imperfetti, erano stati misurati valori del campo elettrico sotto nubi temporalesche fino a 100 kV/m e più. Le ricerche iniziate fin dal 1925 dalla *Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen* e condotte prima a Wünsdorf e poi sul Monte Generoso, (impianto di prova ad antenna, con oscillografo a raggi catodici) hanno portato a rilevare un'intensità massima del campo di 45 kV/m; è stato anche rilevato che durante un temporale si verificano parecchie inversioni nella direzione del campo e delle brusche notevoli variazioni da un valore all'altro (la massima variazione riscontrata è stata di 100 kV/m).

Di speciale interesse per il tecnico degli impianti elettrici è la velocità con la quale varia l'intensità del campo elettrico: secondo quanto riferisce il prof. Matthias, il valore massimo misurato a Wünsdorf nel 1926 è stato di 1,8 V per metro e microsecondo; più tardi si riscontrarono valori maggiori e sul Monte Generoso fino a 20 V per metro e microsecondo.

In America sono entrati recentemente in uso strumenti chiamati *registratori dell'intensità del campo* che hanno appunto lo scopo di misurare la componente verticale dell'intensità del campo elettrostatico in funzione del tempo, registrando solo i valori elevati dovuti ai temporali.

I dati statistici in proposito sono ancora troppo scarsi per avere grande importanza; accenneremo solo che son stati rilevati gradienti massimi di 170 kV per metro di altezza su linee di trasmissione e di 280 kV per metro di altezza su antenne speciali.

Nel confrontare questi dati con quelli precedentemente esposti, non bisogna dimenticare che i metodi usati e gli strumenti a disposizione non sono uguali nei due casi, ciò che influisce notevolmente sui risultati.

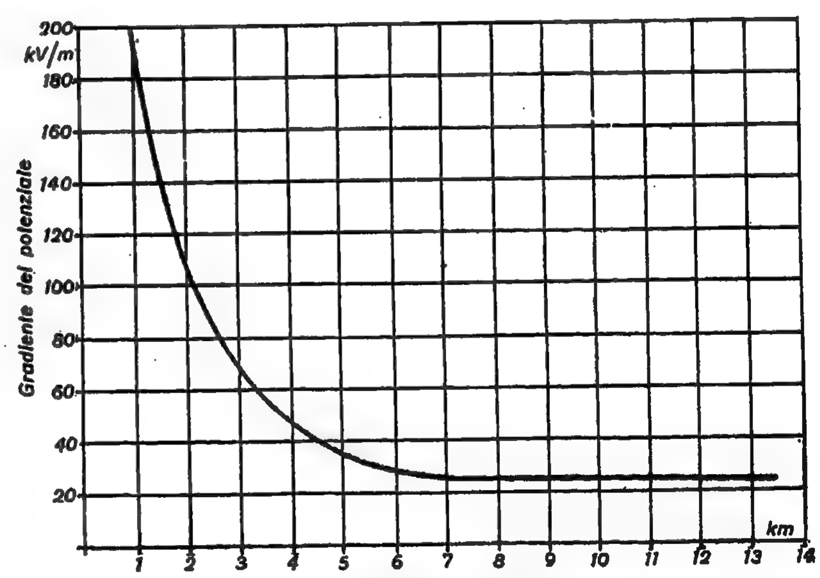


Fig. 2. - Correlazione probabile fra gradiente e distanza dalla località del fulmine.

Si è tentato anche di controllare come varia il gradiente del potenziale in funzione della distanza dal punto dove è avvenuta la scarica, ottenendo una curva del tipo indicato in fig. 2. Interessante è anche la fig. 3 che dà, per ogni valore del gradiente, il numero dei fulmini aventi un valore del gradiente maggiore.

(1) A questo proposito ricordiamo come in Francia, a somiglianza di quanto si era già fatto in altri paesi, sia stata recentemente compiuta un'indagine per stabilire, in base ai dati statistici sulla frequenza dei temporali rilevati in parecchie stazioni nell'ultimo cinquantennio, se lo sviluppo delle reti elettriche aeree produce un aumento nel numero e nell'intensità dei temporali; si è potuto rilevare che nessun aumento del genere si è verificato. Per contro è stato riscontrato che alcune zone in speciali condizioni geologiche e di ionizzazione dell'aria sono più soggette a temporali.

CARATTERISTICHE DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE.

Gli studî sulle scariche atmosferiche sono ormai numerosi ed importanti; fra le ricerche teoriche ricordiamo quelle del Dr. Simpson, il quale ha formulato una nuova teoria del fulmine che ha interessato vivamente i fisici e fra le osservazioni dirette quelle di Peek, generalmente note per la diffusione avuta nella stampa tecnica e ai Congressi internazionali, di Matthias, di Norinder, di Wilson e di Watson Watt.

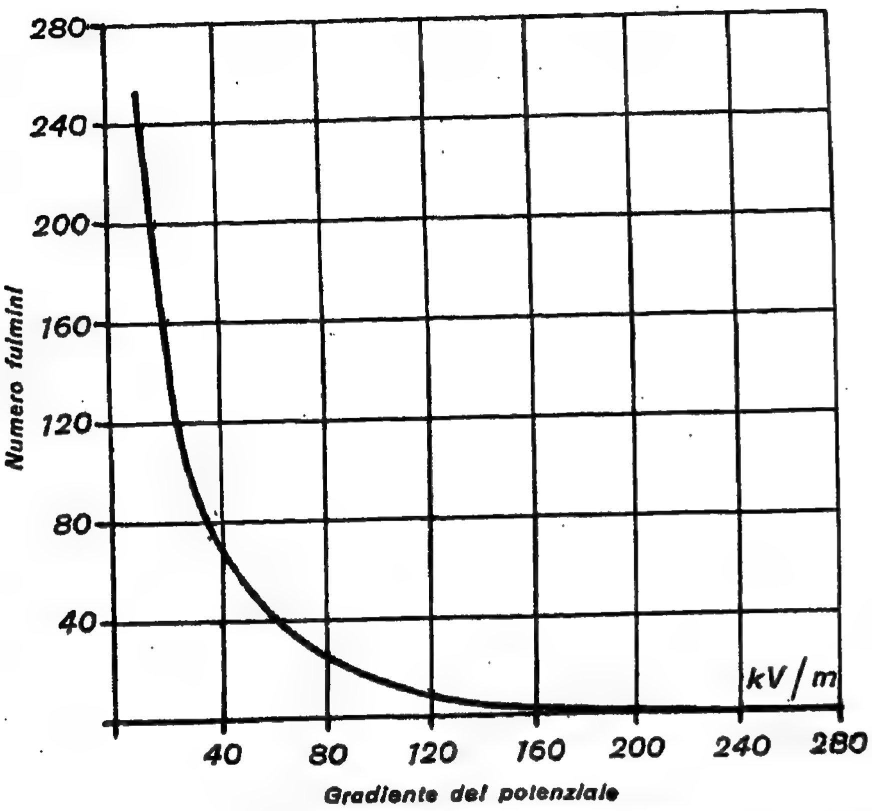


Fig. 3. - Proporzione di fulmini che danno luogo a gradienti diversi.

La *natura* della scarica, dapprima ritenuta oscillatoria ad alta frequenza è stata poi, grazie all'osservazione diretta, riconosciuta come prevalentemente aperiodica. Sulla scarica principale aperiodica si sono osservate anche oscillazioni sovrapposte, che però non alterano la direzione di quella.

Nei riguardi della *polarità*, i risultati dell'esperienza concordano con le interessanti induzioni teoriche del Dr. Simpson, secondo il quale le scariche da nubi negative sono poco frequenti ma forti, mentre quelle da nubi positive sono in numero ben maggiore (4 volte il numero delle negative o anche più) ma molto più deboli. Le scariche positive si fanno pertanto sentire più raramente sulle linee di trasmissione, sopra tutto se si tratta di linee a tensione molto alta, mentre le negative producono sulle linee aeree sovratensioni notevoli. Esaminando il materiale statistico, risulta che la maggior parte delle sovratensioni è di polarità positiva, e ricordando che una sovratensione indotta è di polarità opposta a quella della nube e una scarica diretta della stessa polarità, e che queste ultime sono assai più rare delle prime, la verità di quanto si è detto sopra è confermata. Ricordiamo ancora che dopo l'installazione di *registratori di fulmini* (1) sulle linee di due Società americane, son stati registrati nel 1929 quattro fulmini, tutti di polarità negativa.

La *tensione* della scarica, secondo Peek, è dell'ordine di grandezza intorno a 100 milioni di V. Wilson, che ha dedicato ricerche approfondite allo studio dei fulmini, determinandone fra l'altro la quantità di elettricità, la tensione, ecc, valuta l'ordine di grandezza del potenziale raggiunto in una nube temporalesca prima del passaggio di una scarica media a mille milioni di Volt; naturalmente però alla superficie del suolo, nell'atto in cui vien colpita la linea o qualsiasi altro oggetto, il potenziale è molto minore, in causa della resistenza della traiettoria del fulmine: i due studiosi citati posson dunque considerarsi concordanti su questo punto.

Nei riguardi della *corrente*, l'ordine di grandezza di 100.000 A citato da Peek e da Simpson trova conferma anche nei rilievi fatti coi « registratori di fulmini »: nei quattro casi sopra accennati si sono infatti riscontrate correnti rispettivamente di 60.000, 100.000, 100.000 e 175.000 A all'incirca. Matthias a sua volta ha misurato con sicurezza correnti di 50.000 A e ha rilevato elementi comprovanti correnti di oltre 100.000 A.

Le sconcordanze fra i varî indagatori vertono sopratutto sull'elemento tempo; mentre Norinder e altri ammettono una *durata* della scarica di qualche millesimo di secondo (valore accettato anche dal Simpson), Peek e gli studiosi americani in genere si basano su durate di pochi microsecondi. La differenza è del resto facilmente spiegabile: i primi due indagatori, studiando il fenomeno dal punto di vista del fisico, si riferiscono alla durata delle scariche più frequenti (positive) che sono realmente più lente (da 0,005 a 0,01 secondi) mentre gli Americani, preoccupandosi del fenomeno come ingegneri elettrotecnici, si riferiscono alle scariche molto più rapide (negative) che si può dir sole interessano le linee di trasmissione.

L'*energia* dissipata nella scarica, secondo i varî autori, dipende dall'andamento delle curve della tensione e della corrente e dalla durata ammessa; Peek accenna a valori di 4 kWh (ricordando però che talvolta si possono avere quantità di energia ben più grandi), Simpson accenna a 3000 kWh come ordine di grandezza, pur ricordando che buona parte di questa energia vien consumata per la resistenza della traiettoria del fulmine. La valutazione di Simpson, che parte dalla quantità di elettricità media contenuta in una scarica e calcolata dal Wilson in 20 coulomb, sembra accettabile quando si tenga conto delle perdite, arrivando così a qualche centinaio di kWh.

Il *gradiente* massimo del potenziale all'atto della scarica è dato dal Peek in 100 kV per piede, ossia 330 kV per metro lineare.

CARATTERISTICHE DELLE SOVRATENSIONI DI ORIGINE ATMOSFERICA NELLE LINEE AEREE.

Con la pubblicazione sulla stampa tecnica dei dati statistici e sperimentali raccolti sopra tutto agli Stati Uniti vien messo a disposizione dello studioso un materiale utilissimo per l'indagine sulle caratteristiche delle sovratensioni di origine atmosferica indotte nelle linee aeree.

La *natura* della sovratensione risulta in modo molto chiaro dagli oscillogrammi ricavati con gli oscillografi a raggi catodici; sfortunatamente la maggior parte delle registrazioni di sovratensioni di cui si ha notizia sono fatte con i clidonografi, nel qual caso l'interpretazione delle figure di Lichtenberg non è sempre perfettamente sicura.

D'altra parte i risultati dipendono anche dal numero di clidonografi installati; avviene spesso che la variazione della tensione risulta di carattere aperiodico nel punto di massima registrazione, mentre se si considera la tensione lungo tutta la linea, il fenomeno è spesso da considerare come oscillatorio.

Nel complesso sono in maggioranza le sovratensioni aperiodiche od oscillatorie fortemente smorzate, intendendosi per queste ultime quelle che presentano non più di 3 o 4 alternanze; sono state però registrate anche figure a carattere oscillatorio con medio o basso smorzamento: le prime compaiono di solito

(1) Come è noto, si tratta di piccoli clidonografi, installati su una membratura del sostegno in ferro; quando il sostegno è colpito dal fulmine, per effetto della corrente circolante nell'intralicciatura si produce una caduta di tensione che vien registrata dal clidonografo sotto forma di figure di Lichtenberg.

sui sistemi con neutro isolato e sono attribuite ad oscillazioni in linea conseguenti a un arco a terra di un conduttore; le seconde sembran formate dall'applicazione continuata per parecchi secondi di una tensione alternata e sono di origine ancora incerta; probabilmente però non sono da attribuire a sovratensioni di ugual tipo. Le fotografie in fig. 4 mostrano alcune figure di sovratensioni attribuite ad origine atmosferica rilevate col clidonografo sulla linea Mese-Brugherio della Soc. Cisalpina.

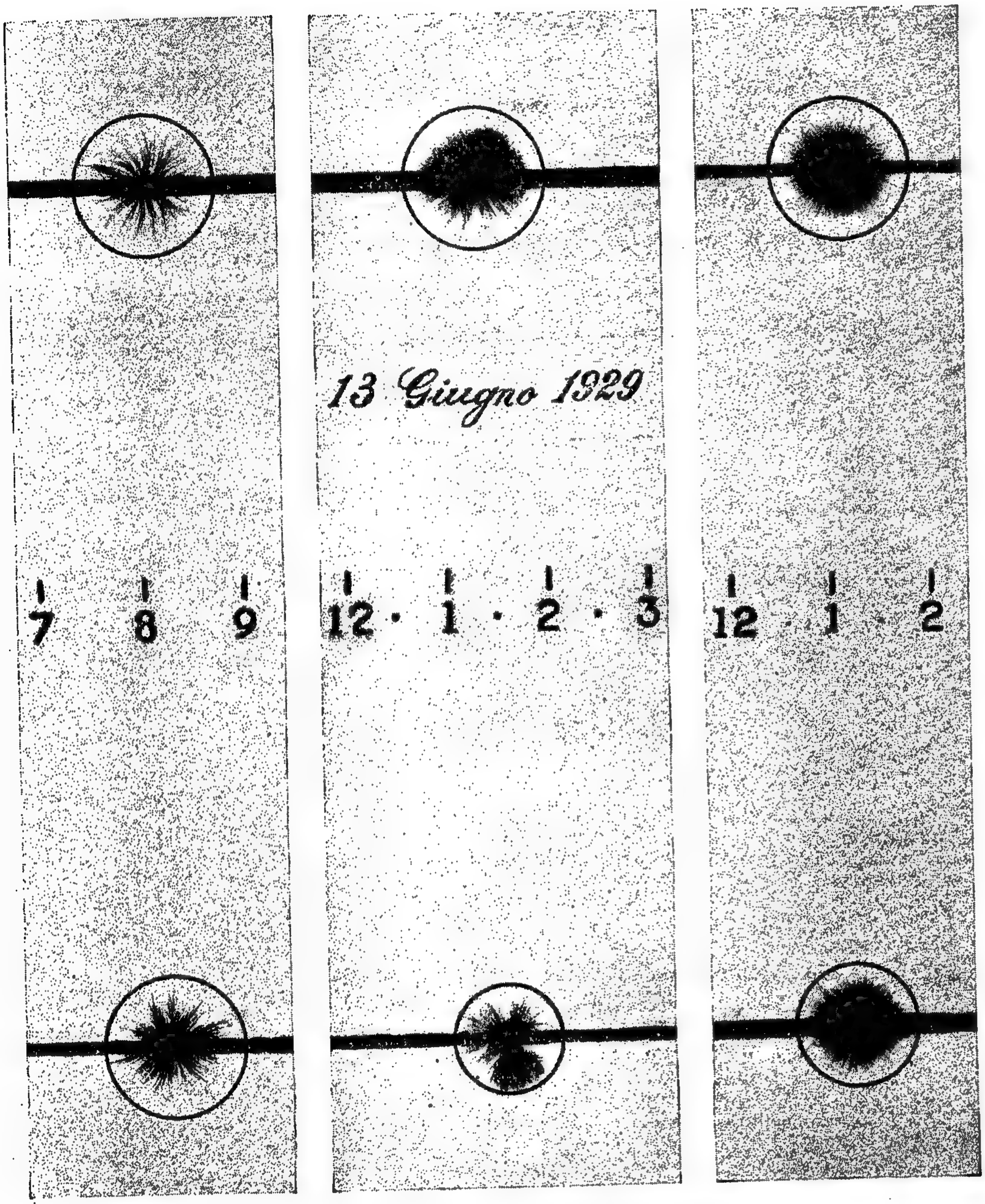


Fig. 4. - Sovratensioni attribuite ad origine atmosferica rilevate su una linea a 130 kV.

Si è già accennato che la *polarità* più frequente delle sovratensioni è quella positiva; la rispettiva frequenza delle due polarità varia però da rete a rete; in alcuni casi le sovratensioni unipolari positive sono fino a 3 o 4 volte in numero quelle negative, mentre in altri casi sono quasi in pari quantità. Per i fenomeni oscillatori, alcune Società rilevano la polarità della prima alternanza, altre quella predominante; son quindi più difficili i confronti. Per le ragioni già accennate, le sovratensioni più forti sono più spesso negative.

L'*ampiezza massima* delle sovratensioni atmosferiche è di solito espressa come multiplo della tensione verso terra (valore massimo), ossia del valore $\frac{V}{0.707 \times 1,73}$ se V è la tensione di esercizio fra fase e fase. Il valore massimo Vm di una tensione indotta, come pure la tensione 1 V, dell'onda migrante relativa dipendono dall'altezza della linea sul suolo, dalla durata della scarica e dalle dimensioni della nube; le formule relative sono:

$$V_m = \alpha\ G\ H$$
$$V_1 = \alpha'\ G\ H$$

dove G è il gradiente in kV per metro, H l'altezza della linea in metri, α e α' due coeffienti che per varie dimensioni di nube e durate di scarica son dati dai diagrammi in fig. 5 e 6, stabiliti dal Peek. Come si vede, per durate di scarica superiori a 10 microsecondi, la sovratensione indotta diventa trascurabile.

Le statistiche delle sovratensioni in linea indicano che le sovratensioni di origine atmosferica sono in genere di ampiezza molto maggiore di quelle dovute a manovre di interruttori: i valori massimi misurati raggiungono in alcuni casi $15 \div 16$ volte la tensione normale, come si è riscontrato tanto su linee a 130 kV che a 220 kV; espresse in kV le ampiezze massime fin qui rilevate raggiungono i $2700 \div 2800$ kV.

La curva della figura 7 esprime in modo approssimativo la proporzione numerica delle sovratensioni di diversa ampiezza: si intende che ci possono essere variazioni forti da una rete all'altra, e che anche sulla stessa rete la proporzione può variare da un anno all'altro (ved. fig. 8).

La *durata* della sovratensione, o per meglio dire il tempo dall'inizio al primo passaggio per lo zero, come valore di grande massima, si può stabilire intorno ai 50 microsecondi, tenendo presente che sovratensioni di minor ampiezza hanno spesso una durata maggiore. Più interessante è vedere la ripartizione dei tempi impiegati rispettivamente a raggiungere il valore massimo (ossia la lunghezza della fronte d'onda) e a passare poi dal massimo allo zero; in altre parole, conoscere la *forma* della sovratensione. Le curve della fig. 9, che rappresentano le medie di alcuni gruppi di sovratensioni osservate su linee americane, danno sufficienti indicazioni in proposito. La forma varia anch'essa secondo che si tratti di tensioni indotte o di scariche dirette, corrispondendo di solito a queste ultime una fronte ripida; la fronte d'onda varia poi secondo le dimensioni della nube.

La *corrente* in linea per onde a forte tensione varia in genere da 2000 a 5000 A.

ATTENUAZIONE DELLE SOVRATENSIONI.

Nell'articolo « La teoria dei fili di guardia » abbiamo ricordato che la variazione della tensione di cresta e (in kV) e l'attenuazione A (in kV per km) in funzione della distanza dal punto di origine della sovratensione sono date rispettivamente dalle formule:

1) $$e = \frac{e_0}{k\,d\,e_0 + 1}$$

2) $$A = -\,k\,e^2$$

dove e_0 è la tensione iniziale in kV dell'onda migrante, d la distanza in km dal punto di origine della sovratensione e k un coefficiente di proporzionalità.

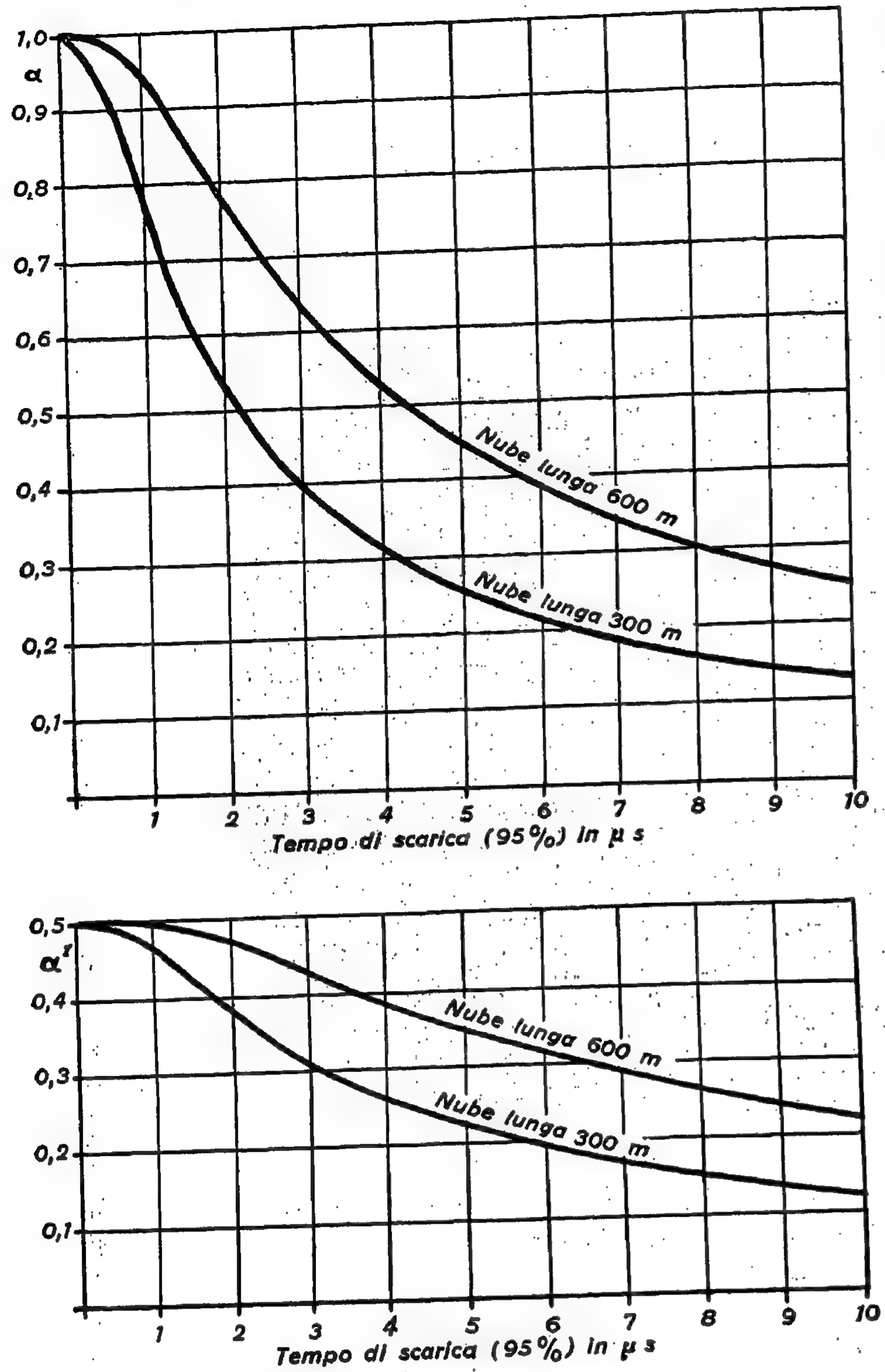


Fig. 5 e 6. - Diagrammi dei coefficienti α e α'.

Queste formule sono state trovate empiricamente da Foust e Menger in base ai dati riguardanti un certo numero di sovratensioni comparse su alcune reti americane e non rappresentano che un andamento medio dei due valori. Disgraziatamente k varia non solo con le condizioni delle linee ma anche, entro certi limiti, da una sovratensione all'altra, così da dover esser determinato di volta in volta. Per esempio su una rete a 110 kV si trovarono per due sovratensioni dei fattori k (esprimendo i varî valori nelle unità sopra indicate) 0,00008 e 0,00012; su una linea a 220 kV, $k = 0{,}00008$ e 0,0001 rispettivamente;

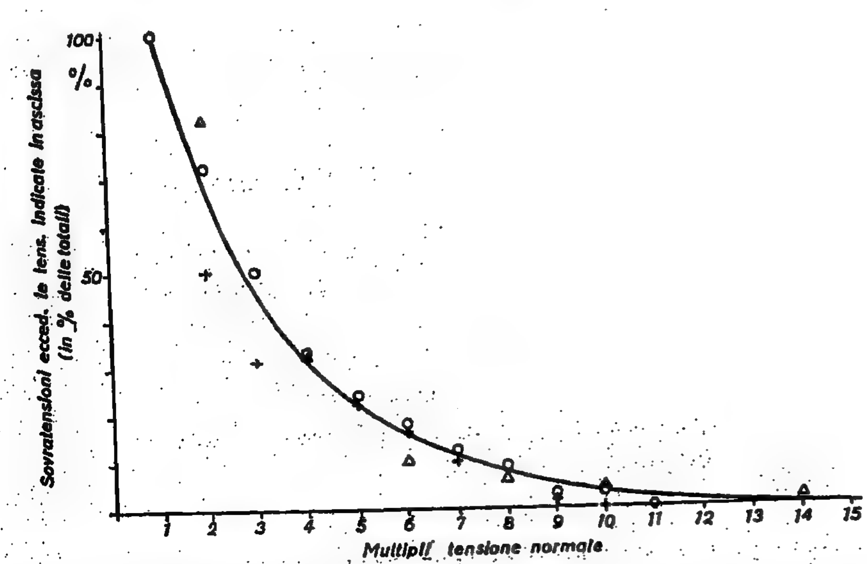


Fig. 7. - Curva rappresentante un andamento medio delle sovratensioni atmosferiche (ottenuta come media di tre reti diverse).

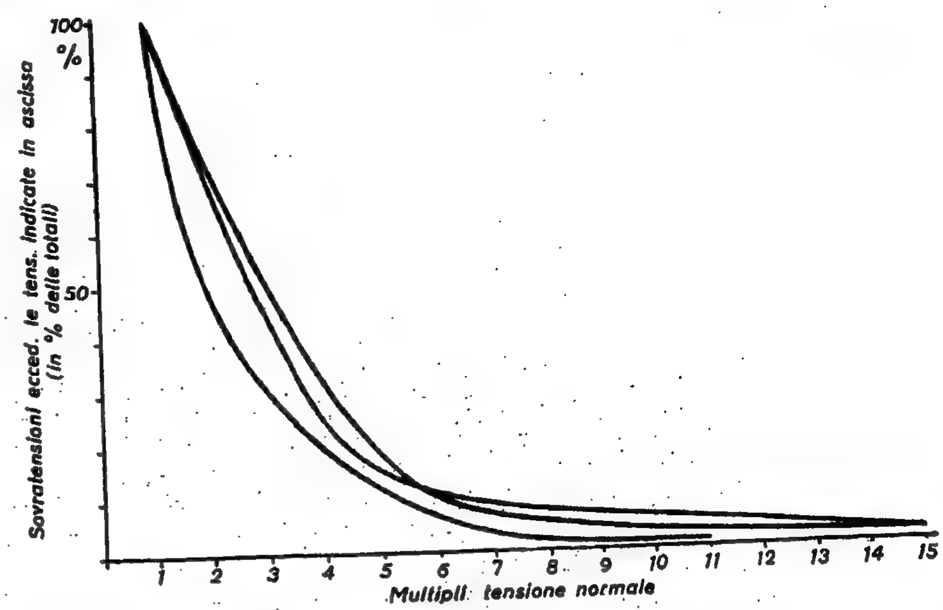


Fig. 8. - Curve rappresentanti l'andamento delle sovratensioni atmosferiche per tre anni consecutivi sulla stessa rete.

per una rete a 130 kV, $k = 0{,}00031$ per una sovratensione, $k = 0{,}00037$ per una seconda e $k = 0{,}00043$ per la terza ecc. In genere si può dire che, per gran parte delle sovratensioni, k varia fra valori di 0,0001 e 0,0004; e perciò in fig. 10 abbiamo rappresentato i valori di e ed A dati dalle formule 1) e 2) per quattro valori diversi di k: 0,0001, 0,0002, 0,0003 e 0,0004 Nelle prove fatte a Pyritz con impulsi artificiali, Matthias ha trovato valori di $k = 0{,}0006$ con tempo nebbioso e $k = 0{,}0004$ con tempo bello. Siamo dunque sempre nello stesso ordine di grandezza.

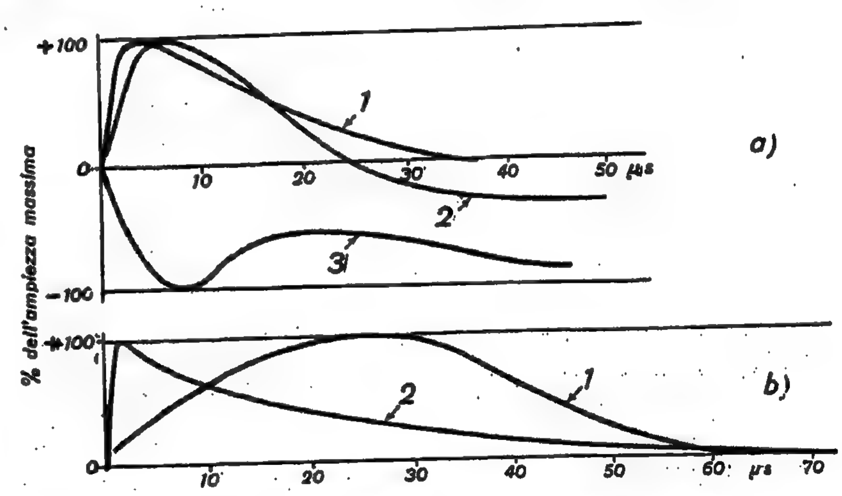


Fig. 9. - Forme tipiche di sovratensioni atmosferiche.
a) di grande ampiezza. *b)* di piccola ampiezza.

Le formule 1) e 2) non valgono però che per distanze fino a 15÷20 km. L'attenuazione dipende dalle perdite nel conduttore: perdite per resistenza e per effetto corona, queste ultime come fattore predominante. Siccome le perdite corona sono proporzionali al quadrato della tensione, al di là di una certa distanza diventano molto piccole; l'equazione 1) non sembra più esprimere allora esattamente l'andamento del fenomeno. È stata proposta a questo riguardo una variante della formula 1) così:

$$e = \frac{e_0}{k\, d^n\, e_0 + 1}$$

dove n ha valori diversi dall'unità che devono esser determinati di volta in volta. I valori di n e k variano anche col numero dei conduttori in parallelo; su una linea sperimentale si son trovati i valori della tabellina seguente:

Numero dei conduttori =		1	2	3
per sovratensioni positive	n =	1.18	1	0.82
	k =	0.0027	0.0041	0.0048
per sovratensioni negative	n =	1.16	1	0.88
	k =	0.0023	0.0033	0.0039

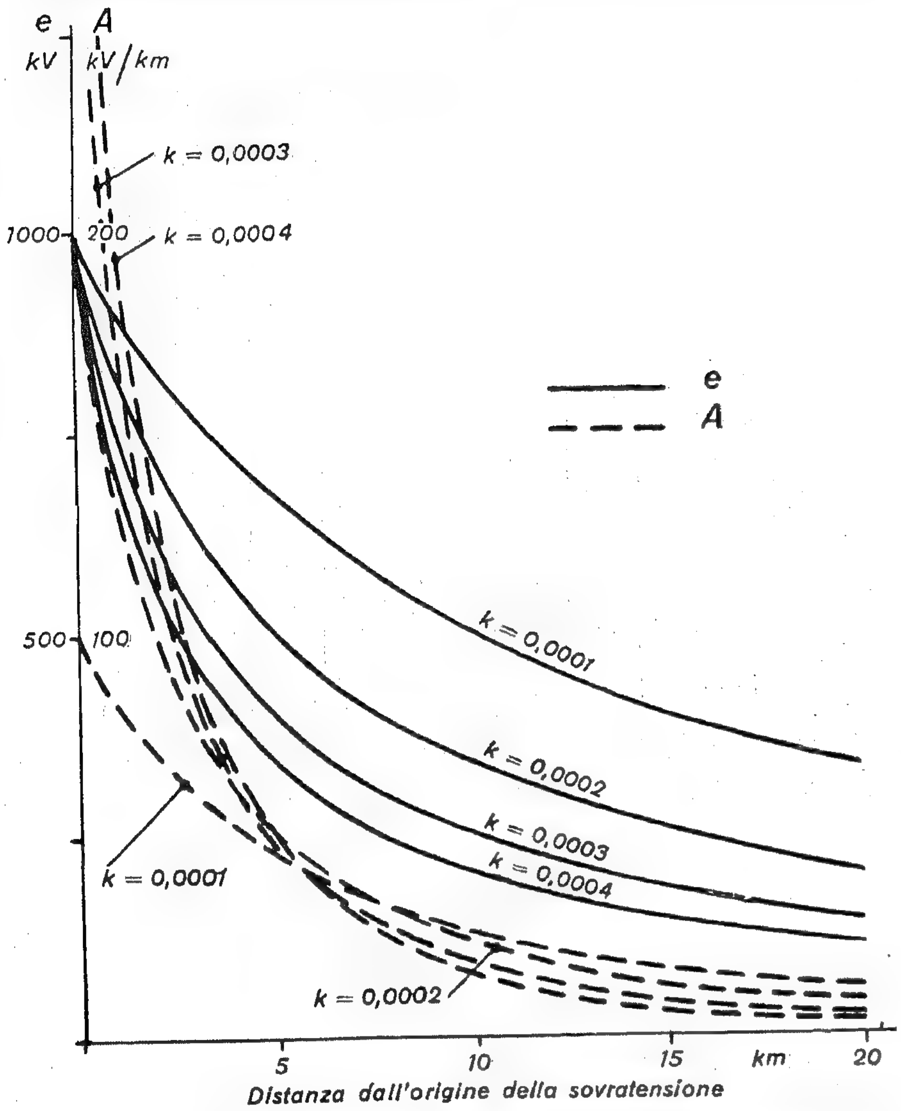


Fig. 10. - Curve della variazione della tensione e e dell'attenuazione A per diversi valori di k.

La differenza di polarità dell'onda di sovratensione influisce sull'attenuazione, poichè è noto che vi è una differenza considerevole fra corona positiva e negativa, avendosi la scarica a un potenziale generalmente inferiore nel primo caso; in questo caso dunque la perdita corona, e per conseguenza anche l'attenuazione, dovrebbero essere maggiori.

L'esperienza ha confermato pienamente queste supposizioni, come si vede anche dalla tabellina precedente: è difficile però fissare limiti precisi in questa materia, anche perchè sulla differenza fra l'attenuazione delle sovratensioni positive e negative influisce probabilmente la lunghezza dell'onda; infatti la differenza fra corona positiva e negativa tende a scomparire col diminuire dell'intervallo prima della scarica disruptiva. Ad ogni modo a titolo indicativo riportiamo i dati rilevati nel 1928-29 su due linee a 220 kV; i valori del coefficiente k sono per e ed e_0 espressi in kV e d espresso in km.

Limiti di k	Numero di sovratensioni osservate		
	di polarità negativa	di polarità positiva	Totali
Minore di 0,00018	9	1	10
Fra 0,00018 e 0,00031	6	4	10
Maggiori di 0,00031	8	12	20

Inoltre i valori massimi di k osservati son stati di 0,0075 per le sovratensioni positive e di 0,0053 per le negative, mentre i minimi furono rispettivamente 0,0000075 e 0,000041.

In un'altra linea si riscontrò k = 0,000358 e k = 0,000191 rispettivamente per sovratensioni positive e negative.

PARTE II.

Effetto dei fili di guardia sulla continuità del servizio.

L'efficacia protettiva del filo di guardia contro le sovratensioni può esprimersi in varî modi: anzitutto con la relativa frequenza delle interruzioni e degli archi su isolatori per linee provviste o meno di fili di guardia.

La già ricordata statistica della N.E.L.A. ha dato per il 1928 su 1155 km di linee senza filo di guardia 10,45 interruzioni di origine atmosferica per 100 km di linea e per anno, mentre su 2540 km di linee con filo di guardia tale cifra si è ridotta a 5,05. Comprendendo nella statistica circa 2 anni, il numero delle interruzioni scende a 9,03 e 4,62 rispettivamente, sempre per 100 km/anno, con una riduzione dunque del 50 % attribuibile al filo di guardia.

Una Società americana, nelle statistiche relative a 1520 km di condutture, ha rilevato nel 1927 sulle due linee a 2 terne 36,7 e 10,05 interruzioni per 100 km/anno rispettivamente senza e con filo di guardia, con una riduzione dunque di oltre il 70 %; una linea a una sola terna, sempre senza filo di terra, per quanto con alto isolamento, ha dato 20.7 interruzioni, mentre una linea con 2 fili di guardia ne ha date solo 2,24 sia nel 1927 che nel 1928. Nel 1928, la stessa Società ha riscontrato 7,3 interruzioni per 100 km/anno su linee con fili di guardia; 20.1 e 26,7 interruzioni per linee senza filo di guardia rispettivamente su pali in ferro e in legno: la proporzione è cioè all'incirca quella dell'anno precedente.

Il diagramma della fig. 11 mostra a sua volta la riduzione nel numero delle sovratensioni di varia ampiezza provocato su una linea di altra Società dall'aggiunta del filo di terra. Da

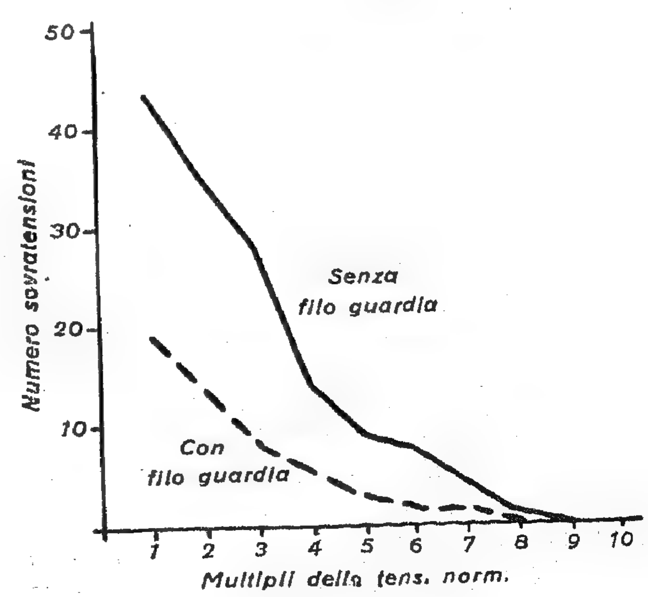


Fig. 11. - Protezione con filo di guardia.

un diagramma riportato dal Peek e riferentesi a parecchie reti molto estese ricaviamo le seguenti variazioni dovute all'installazione di fili di guardia: da 17,4 a 6,5 interruzioni per 100 km/anno per un trefolo; da 29.8 a 8.1 e a 2.7 per uno, rispettivamente due trefoli.

Nell'estate del 1927, una linea a 110 kV di una Società americana ebbe 30 interruzioni in linea; aggiunto il filo di terra, nell'estate 1928 le interruzioni furono 14. La stessa Società, confrontando per una linea i risultati di esercizio di tre anni senza filo di guardia con quelli dei due anni dopo l'installazione del trefolo, ha trovato che il numero medio delle interruzioni è sceso da 24 a 17,5 per anno.

Citiamo infine il caso di una Società che nel 1925 su 1170 km di linee con filo di guardia ebbe 28 interruzioni (2,4 per 100 km/anno) e su 790 km senza trefolo 75 interruzioni (9,5 per 100 km/anno); nel 1926, le medie annuali furono rispettivamente di 5 e 17,5 per 100 km.

Si potrebbero citare molti altri casi consimili, però meno conclusivi perchè insieme all'installazione di fili di guardia furono introdotte altre disposizioni, come per esempio l'aumento del numero degli isolatori per catena; i dati riportati, per quanto incompleti, bastano però a provare in modo sicuro l'efficacia del filo di guardia per migliorare la continuità del servizio.

È peccato che non si possano confrontare i dati degli Stati Uniti con dati europei analoghi, e ciò perchè da noi mancano statistiche precise: è probabile però che essendo nei nostri paesi meno frequenti ed importanti le perturbazioni atmosferiche, anche l'effetto del filo di guardia sulla continuità del servizio non sia così marcato.

Riduzione delle tensioni indotte ottenuta con fili di guardia (verifica sperimentale).

La *protezione* con filo di guardia, intesa come la diminuzione percentuale che per effetto di questo si verifica nella tensione indotta, e che si può determinare in via teorica col calcolo, è stata verificata sperimentalmente, sia per mezzo di prove su linee modello (Peek) o con onde migranti (Mc Eachron) sia con misure su antenne o infine coi risultati dell'esercizio.

Peek ha misurato i valori delle tensioni indotte con e senza fili di guardia su una piccola linea modello costruita in scala, coi conduttori a un'altezza di circa 15 cm, aumentando poi i valori misurati proporzionalmente alle dimensioni di una linea

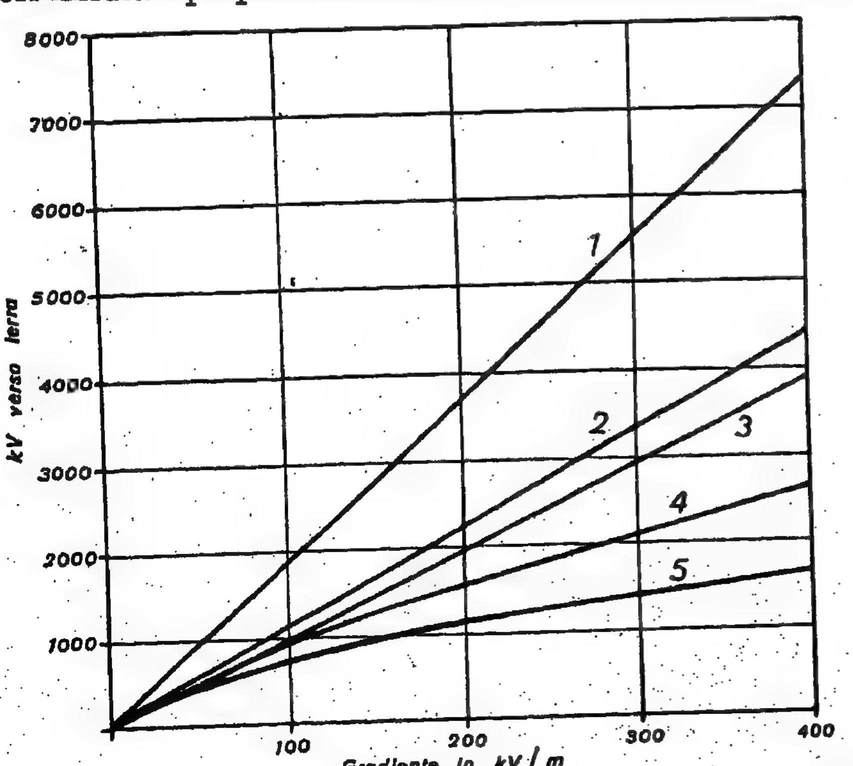


Fig. 12. - Diminuzione della tensione con fili di guardia (Hunter), con tre conduttori in un piano e due fili di guardia sovrapposti.

1 - Senza fili di guardia.
2 - Con fili di guardia trascurando la corona — conduttori esterni —.
3 - Idem — conduttore interno —.
4 - Con fili di guardia tenendo conto della corona — conduttori esterni —.
5 - Idem — conduttore interno —.

normale. È risultato che la protezione misurata coincide abbastanza bene con quella calcolata col sistema di Creighton (o di Petersen) tenendo conto della correzione stabilita da Hunter per l'effetto corona (1). Quest'ultima è tutt'altro che trascurabile: basta vedere il diagramma in fig. 12, che si riferisce al caso particolare della disposizione con tre conduttori in un piano e due fili di terra sovrapposti fra i conduttori 1-2 e 2-3. Nella tabella seguente è esposto il confronto fra i risultati delle esperienze Peek e del calcolo.

Valori percentuali della protezione con fili di guardia.

Disposizione	Prove eseguite da Peek P in %				Calcolo col metodo Creighton Hunter P in %			
	Cond. 1	Cond. 2	Cond. 3	Media	Cond. 1	Cond. 2	Cond. 3	Media
1 2 3	48	56	48	50.6	57	47	57	53.6
1 2 3	60	66	60	62	62	75	62	66.3
1 2 3	66	72	66	68	69	76	69	71.3
1 2 3	58	51	44	51	54	48	44	48.6
1 2 3	67	62	56	61.6	73	67	60	66.7

Mc Eachron e i suoi collaboratori hanno eseguito su una vecchia linea a 110 kV prove con sovratensioni di tipo atmosferico prodotte artificialmente con un generatore di impulsi. Si tratta di una linea con tre conduttori disposti a triangolo; questi vennero collegati in parallelo a una delle estremità, applicandovi poi un impulso con una fronte d'onda lunga circa 10 microsecondi; le misure vennero fatte al sostegno n. 56, a una distanza di circa 9 km dal capo linea. Il conduttore medio (2) venne messo a terra ai sostegni 50, 52 e 55, con resistenze di 76,4, 28,4 e 7,5 ohm rispettivamente; le tensioni misurate e la protezione percentuale son riportate nella tabella qui di seguito, dove è anche segnata la protezione calcolata (senza tener conto della corona, perchè si tratta di tensioni relativamente basse).

Effetto del filo di guardia.

Disposizione	Terre ai sostegni:	Tensioni misurate al sostegno 56 in kV			Protezione in % Misurate da Mc Eachron		Protezione in % Calcolate	
		Cond. 1	Cond. 2	Cond. 3	Cond. 1	Cond. 3	Cond. 1	Cond. 3
	Nessuno	178	168	177	0	0	0	0
1	50	—	40	146	—	17		
2 3	50, 52	—	34	145	—	17	21	23
	50, 52, 55	143	4.3	142	19.4	20		

La protezione data da un filo a terra è risultata la stessa co impulsi positivi o negativi. Come si vede, e come hanno confe mato altre numerose prove sulla stessa linea, i risultati sper mentali concordano con quelli del calcolo: la piccola differen è dovuta al fatto che il sistema teorico tien conto della diff

(1) Vedi il già citato articolo «La teoria dei fili di guardia».

renza nelle tensioni in conduttori a diverse altezze, mentre l'esperienza venne fatta con la stessa onda iniziale per i 2 conduttori.

I valori della protezione con fili di terra misurati con antenne allo scopo di ottenere dati d'esercizio son dell'ordine di quelli ottenuti col metodo Petersen (Creighton) Hunter.

Questa concordanza fra la protezione contro le tensioni indotte ottenuta col metodo teorico e quella risultante coi tre sistemi sperimentali citati non è occasionale, come è stato dimostrato recentemente da L. Bewley. Egli ha svolto una teoria dei fili di terra *ideali* (ossia messi a terra perfettamente e in modo continuo) tenendo conto degli effetti della legge secondo la quale avviene la scarica della nube (come succede nelle prove con modelli e con antenne), della distribuzione della carica, della formazione e dello sviluppo di onde migranti (come nelle prove di Mc Eachron), delle cariche residue (come col metodo convenzionale e nelle prove con modelli e con antenne) e infine della correzione per effetto corona (Hunter). Il risultato dell'analisi è che il rapporto di protezione (espresso in %) è indipendente dal modo come avviene la scarica, dalla distribuzione delle cariche e dalla formazione di onde migranti, e che è espresso dalla stessa formula del metodo teorico.

Abbiamo trascurato fin qui le statistiche d'esercizio ottenute su questo punto dalle Società elettriche, perchè i dati relativi hanno un valore diverso dai precedenti, in quanto non è sicuro quale sia la percentuale *esatta* di incidenti dovuti a scariche dirette e indirette. Tuttavia a titolo di esempio riportiamo in fig. 13 delle curve illustranti l'effetto del filo di guardia sulle

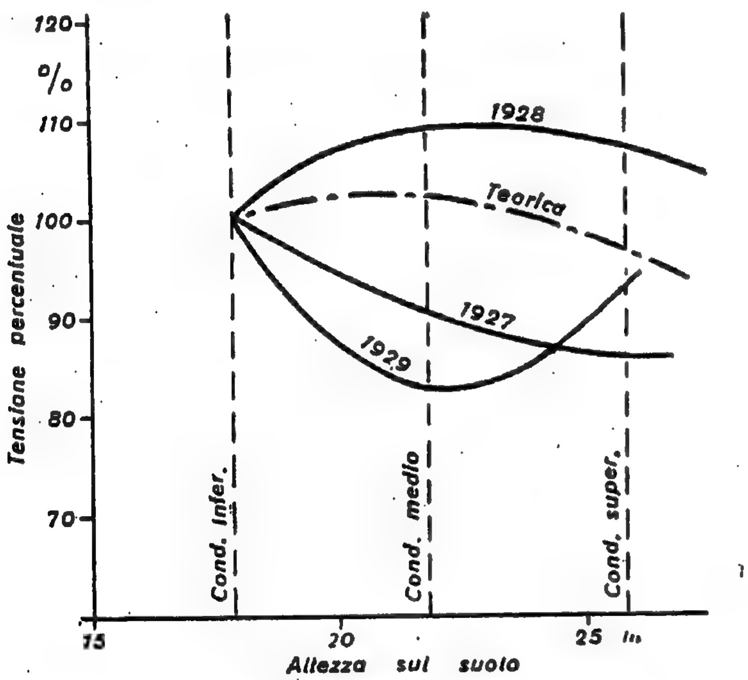


Fig. 13. - Protezione con filo di terra su una rete a 130 kV.

linee di una Società americana, comprendenti 2 terne disposte verticalmente, con un solo filo di terra posto sopra e a ugual distanza dalle due terne. I valori dati sono la media di 50 sovratensioni per il 1927 e di 5 per il 1928; per il 1929, si riferiscono a una sovratensione sola. Anche qui è evidente una grossolana corrispondenza fra teoria e pratica.

PROTEZIONE CONTRO SCARICHE DIRETTE.

Sarebbe interessante poter fissare anzitutto la proporzione delle scariche dirette rispetto a quelle che avvengono in tale vicinanza alla linea da provocare sovratensioni indotte. Smeloff e Price riferiscono che nel 1929 i « registratori di fulmini » che vennero installati sul 91% dei sostegni nella linea Wallenpaupack-Siegfried registrarono solo due scariche dirette nel periodo stesso in cui si verificarono sulla linea 28 sovratensioni di origine atmosferica e 22 scatti automatici; inoltre, sempre nell'estate del 1929, furono osservate 24 scariche fra nube e terreno nel raggio di un miglio (1600 m) dal Laboratorio di Wallenpaupack, nessuna delle quali colpì la linea. Non abbiamo altri elementi, salvo il fatto già ricordato della predominanza di sovratensioni positive e quindi probabilmente di origine indotta, rispetto a quelle negative.

Elementi sicuri per decidere se i fenomeni di una linea aerea son dovuti a scariche dirette o a tensioni indotte, come rileva anche Matthias in base all'esperienza tedesca, sono difficilmente ottenibili; non sempre infatti i fulmini lasciano traccie di fiammate sulle parti metalliche colpite e non sempre le alte sovratensioni sono accompagnate da scatto degli interruttori.

Se si ammette, come è logico, che il fulmine colpisca il punto più vicino alla nube, esso colpirà la linea quando la distanza D della nube da questa è minore dell'altezza H sul suolo (fig. 14).

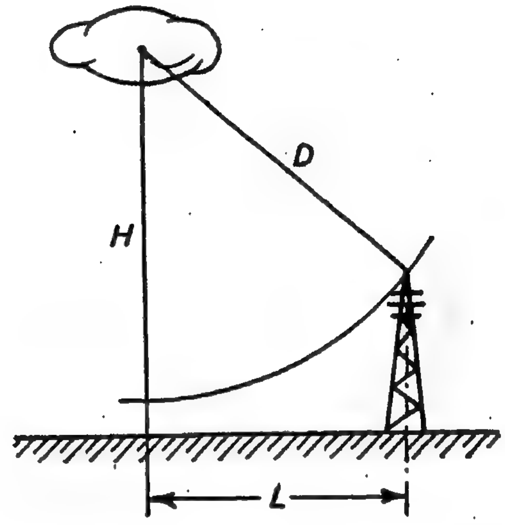


Fig. 14.

Per ogni fulmine che cade entro una zona di larghezza A avente per asse la linea, la probabilità che la linea venga colpita è data da $2\,L/A$, dove L è la distanza fra la proiezione orizzontale della nube e l'asse del palo; se il sostegno è poi su un terreno rilevato, tale probabilità è considerevolmente aumentata.

Mentre per le tensioni indotte è stato trovato sperimentalmente che una resistenza di messa a terra di 75 ohm equivale praticamente a una terra buonissima, perchè il filo di guardia possa dare un'efficace protezione contro le scariche dirette è assolutamente necessario avere ai pali terre di resistenza molto bassa, e ciò in dipendenza dei fortissimi valori delle correnti. I vantaggi di una piccola resistenza di messa a terra consistono nella riduzione delle tensioni sui fili di guardia e di linea al sostegno colpito dalla scarica, nella riduzione della tensione tra fili di linea e di terra e nella limitazione delle sovratensioni pericolose a un piccolo numero di campate.

Disgraziatamente su questo punto non esistono dati sperimentali significativi, e la relazione fra i valori delle sovratensioni e delle resistenze non può essere stabilita che in base alle teorie per la propagazione delle onde migranti nelle condutture che come quelle di Cox, Fortescue e Atherton, di Bewley ecc., tengano conto anche dell'effetto delle messe a terra. Una volta stabilita questa relazione, sia pure su basi teoriche, si può ricavare quale deve essere la resistenza di messa a terra che permette di proteggere completamente contro le scariche dirette una linea munita di fili di guardia.

Prendiamo ad esempio il diagramma in fig. 15 che dà appunto la relazione fra i valori delle resistenze di messa a terra e della tensione massima e che è stato stabilito da Biermanns in base a una corrente di valore massimo (175.000 A) e di andamento corrispondenti alle risultanze sperimentali.

Perchè una linea sia sicura contro gli effetti delle scariche dirette, bisognerà che la resistenza di messa a terra ad ogni sostegno abbia un valore inferiore a quello che si rileva in fig. 15 per una tensione E_0 pari alla tensione d'arco d'impulso. Per

citare un caso pratico, consideriamo la linea a 220 kV Cardano-Cislago: troviamo nella relazione dell'Ing. Palestrino sul calcolo elettrico di tale linea che per le catene d'isolatori normali con anelli la tensione d'arco d'impulso è di ca. 1900 kV; sul diagramma si vede che la resistenza di messa a terra non deve

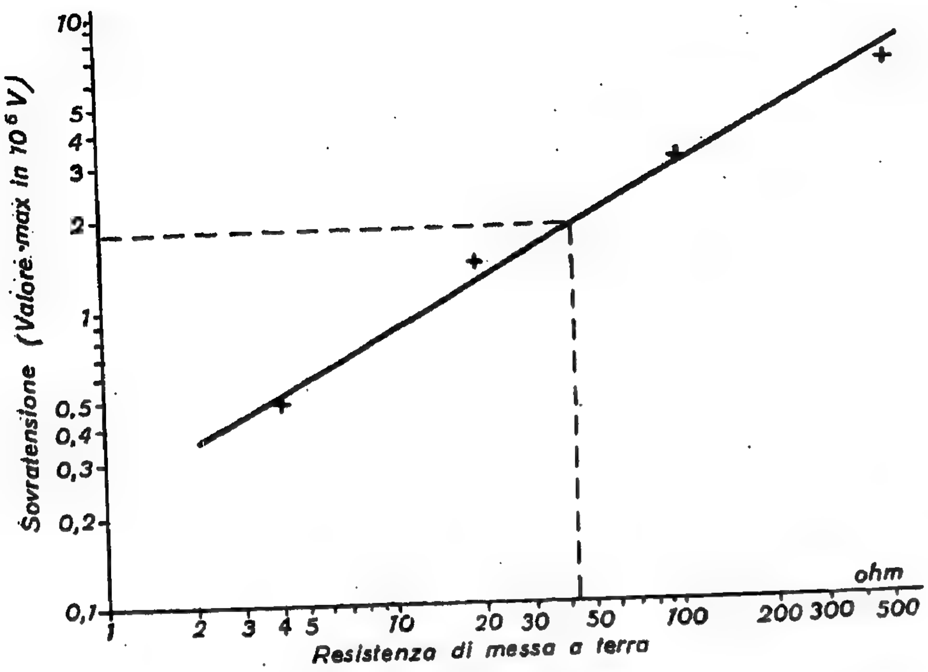


Fig. 15. - Relazione fra resistenza di messa a terra e valore massimo della sovratensione dovuta a scarica diretta.

superare i 45 ohm. Ricordiamo, citando sempre l'articolo Palestrino, che da accurate misure eseguite per molti pali della linea Cardano-Cislago si sono rilevati valori oscillanti in media fra 5 e 15 ohm (rilevandosi però dei valori estremi di 1 e di 100 ohm).

Per quanto riguarda la disposizione più opportuna da dare ai fili di terra per evitare che la linea venga colpita da scariche dirette, abbiamo gli studi di Peek in proposito. Peek consiglia l'adozione di un filo di terra, posto a notevole altezza sopra gli altri conduttori, in modo che questi ricadano entro il cono di protezione del filo di guardia. Infatti da prove eseguite su modelli è risultato che un'asta verticale su un piano protegge un'area circolare tutt'attorno, il cui raggio r varia con l'altezza h dell'asta e col rapporto R_1 fra l'altezza H della nube e l'altezza h dell'asta. La tabella seguente dà i valori del rapporto di protezione $R_2 = \frac{r}{h}$ ottenuti sperimentalmente per vari valori del rapporto R_1.

$R_1 = \frac{H}{h}$	$R_2 = \frac{r}{H}$
4	2,0
6	2,7
8	3,3
10	3,9
20	5,0
40	5,3

Lo stesso effetto è ottenuto, invece che con l'asta, con un filo di guardia posto alla stessa altezza h; la tabella precedente vale anche per questo caso. È facile vedere, con qualche disegno schematico, che con sostegni normali a base stretta l'altezza a cui va posto il filo di terra è poco superiore a quella abituale, anche nel caso più sfavorevole di nube bassa, mentre con torri larghe a cavalletto occorre un'altezza maggiore; per esempio nel caso della linea dell'Isarco (fig. 16) il trefolo di protezione contro le scariche dirette dovrebbe esser posto a più di 8 m sopra i conduttori, con una spesa considerevole.

Per una protezione *completa* della linea la disposizione teorica comprende, oltre il trefolo sopra accennato, altri fili di guardia tendenti a diminuire le sovratensioni indotte; la fig. 17 mostra uno schema proposto da Peek, ma si intende che disposizioni così complesse difficilmente possono avere una giustificazione economica.

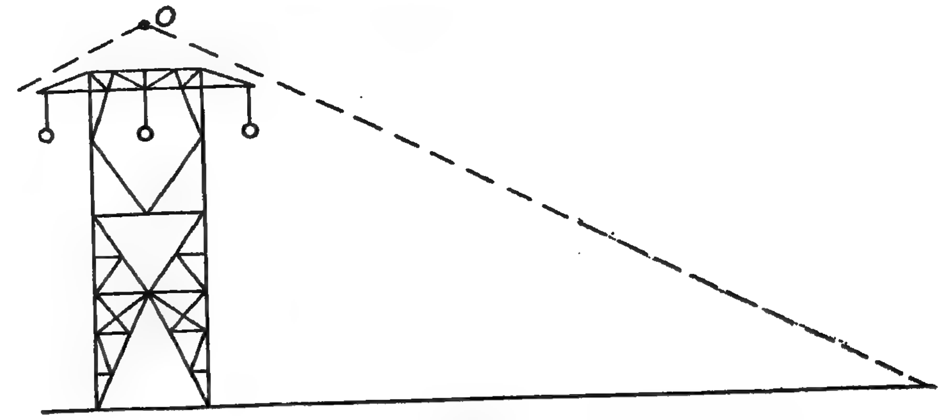


Fig. 16.

Effetto del filo di guardia sull'attenuazione.

Abbiamo già ricordato nella parte teorica come l'attenuazione diminuisca sia aumentando il numero di conduttori in parallelo soggetti alla stessa sovratensione, sia aggiungendo un filo di guardia. In questo caso l'effetto è piccolo se si tratta di impulsi

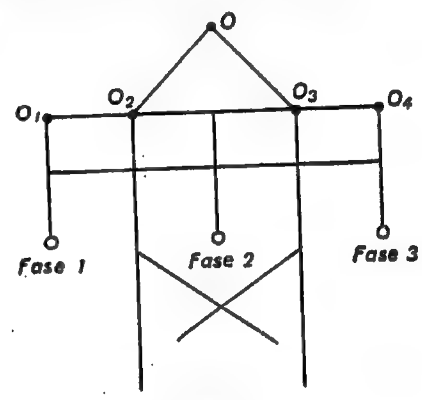


Fig. 17.

positivi, mentre è molto sentito per impulsi negativi; l'aggiunt di un secondo filo di guardia aumenta solo leggermente quest effetto.

Non ci rimane qui che da riportare i soli dati sperimenta noti in proposito, e cioè quelli rilevati da Mc Eachron sul linea sperimentale già ricordata; le misure vennero esegui

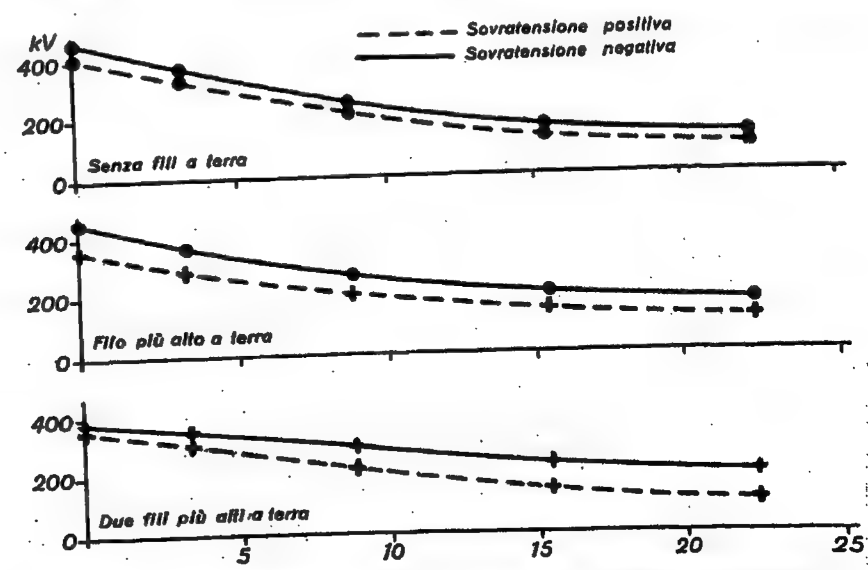


Fig. 18. - Effetto dei fili di guardia sull'attenuazione.

prima coi tre conduttori isolati, poi mettendone a terra (il superiore) e quindi due (il superiore e il medio). I risul son riportati in fig. 18; nel valutare la loro importanza però ricordato che la disposizione rispettiva di fili isola a terra non è quella comune dei conduttori e trefoli di gua nelle linee.

Resistenza di messa a terra e archi in linea.

Dobbiamo ritornare sulla questione delle resistenze di messa a terra, considerandole però sotto un altro punto di vista. È stato cioè tentato di determinare l'effetto della resistenza dei piedi del palo sulle scariche di isolatori in linea, in base a risultati di esercizio. I rilievi sono stati fatti su due linee: una a due terne con filo di terra e catene di isolatori munite di corna e anelli di protezione; l'altra, pure a due terne, con corna e anelli sulle catene, ma senza filo di terra. Si misurarono le resistenze di terra di tutti i sostegni: (in numero di 200 nel primo caso e 153 nel secondo); nella prima linea la resistenza media per i 28 pali in cui si verificarono archi fu di 45,4 ohm, mentre la media per l'intera conduttura è di 32,6 ohm (rapporto tra le due medie 1,40); nel secondo caso, 38 sostegni subirono archi e le due medie furono rispettivamente di 29.9 e 22 ohm (rapporto 1,36). Malgrado l'apparente regolarità del fenomeno, non è lecito trarre conclusioni da un'esperienza ancora limitata; inoltre, esaminando i valori singoli, si rileva che gli archi si produssero sia a sostegni con bassa resistenza di terra (5÷10 ohm) sia con resistenza molto alta (oltre 250 ohm), senza che fosse possibile notare una decisa preferenza per questi ultimi.

Materiale da impiegare per il filo di guardia.

L'uso generale è in favore del trefolo di acciaio zincato, probabilmente però per ragioni economiche più che tecniche. Se si eccettua infatti la maggior resistenza meccanica dell'acciaio rispetto al rame, quest'ultimo presenta alcuni vantaggi dal punto di vista elettrico.

Mc Eachron ha cercato di determinare tali vantaggi per mezzo di prove fatte però soltanto agli effetti di onde migranti con tensioni relativamente basse. In fig. 19 son riportati i risultati di un gruppo di prove, fatte misurando lungo il filo di terra la tensione riflessa da un punto di messa a terra: come si vede, le tensioni riflesse sono leggermente inferiori per il rame.

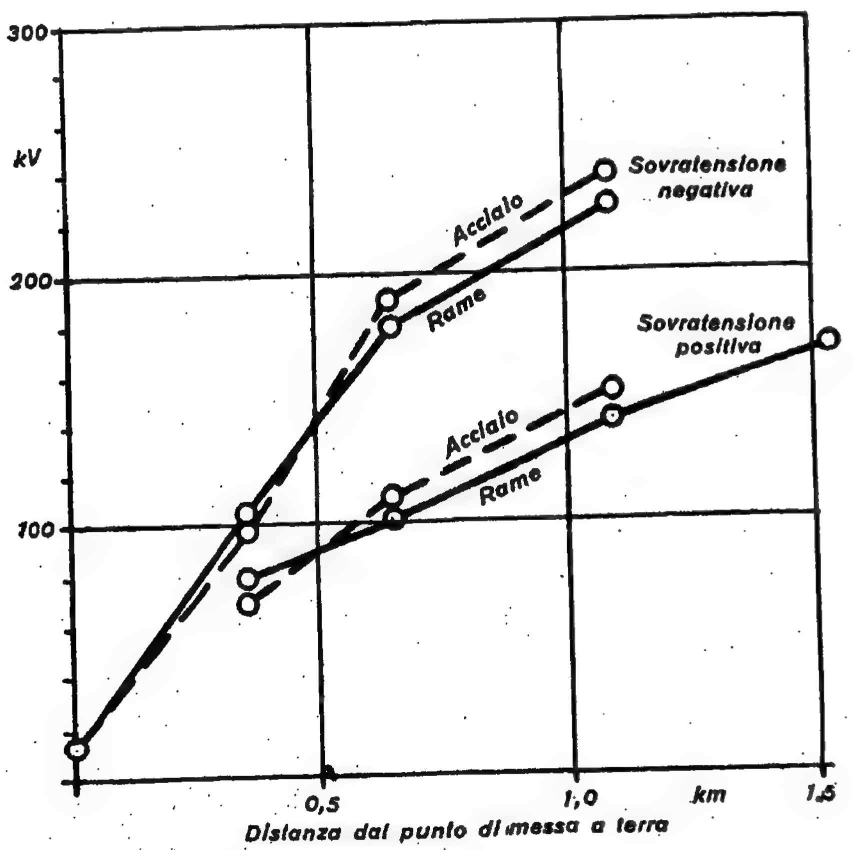


Fig. 19. - Sovratensioni su conduttori di rame e di acciaio.

Il vantaggio del trefolo in rame è probabilmente più marcato per ciò che riguarda la protezione contro scariche dirette, e ciò in relazione alla maggior conducibilità, importante con le fortissime correnti che si producono. Uno studio sperimentale in proposito non è ancora stato fatto; ricordiamo però che Simpson ha fatto uno studio analogo determinando le sezioni di conduttori di ferro e di rame che possono senza inconvenienti trasportare la corrente di una scarica atmosferica, e ciò in relazione al riscaldamento provocato da questa.

Il calcolo del Simpson è basato sulla supposizione di una scarica aperiodica con una quantità di elettricità di 200 coulomb e una durata di 0,001 secondi, valori entrambi enormemente superiori a quelli comunemente ammessi per le scariche che interessano le linee aeree. La sezione necessaria perchè la corrente di scarica passi con un dato aumento di temperatura è direttamente proporzionale alla quantità di elettricità scaricata e inversamente proporzionale alla radice quadrata della durata di scarica; le condizioni scelte dal Simpson corrispondono quindi a quelle che si avrebbero con una scarica di 20 coulomb in 10 microsecondi, e perciò perfettamente normali. Riportiamo pertanto in tabella i valori calcolati dal Simpson.

Aumento in gradi C.	Sezione del conduttore mm²		Diam. del conduttore mm	
	Rame	Ferro	Rame	Ferro
0– 100	48.3	132.5	7.84	13.00
0– 200	36.2	100.6	6.79	11.33
0– 300	30.9	88.7	6.28	10.62
0– 400	28.1	81.7	5.98	10.20
0– 500	26.2	77.5	5.78	9.93
0– 600	24.9	74.8	5.63	9.77
0– 700	23.7	72.7	5.50	9.62
0– 800	22.9	71.3	5.40	9.53
0– 900	22.2	70.1	5.32	9.45
0–1000	21.6	69.3	5.25	9.39
0–1200	—	68.1	—	9.32
0–1500	—	67.1	—	9.24

Dalla fig. 20, che dà l'andamento del fenomeno per scariche di 20 coulomb in 10 μs e di 50 coulomb in 50 μs si vede anche meglio che una piccolissima riduzione nella sezione del conduttore risulta in un rapido aumento di temperatura; conviene

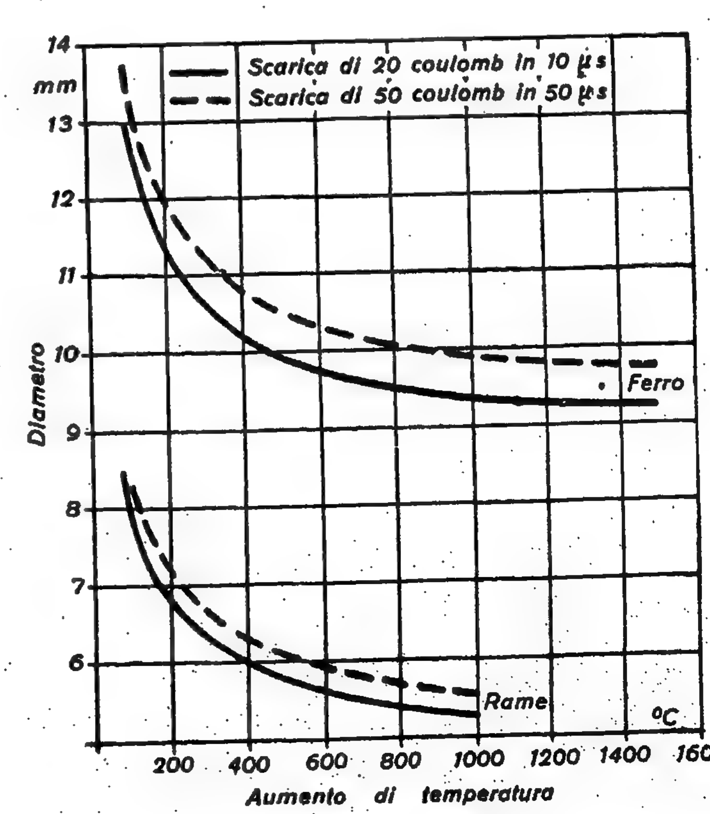


Fig. 20. - Relazione fra diametro di un conduttore e aumento di temperatura al passaggio di una corrente di scarica.

quindi per la sicurezza attenersi a salti di temperatura poco elevati.

L'impiego del rame per i trefoli di guardia è vantaggioso anche dal punto di vista della protezione contro i disturbi sulle linee di telecomunicazione; si è infatti rilevato che l'effetto protettore di quattro trefoli in acciaio della sezione complessiva di ca. 200 mm², messi a terra a tutti i sostegni, è pari a quello di un conduttore in rame da 90 mm², messo a terra ai due estremi.

Aggiunta di fili di terra supplementari.

Aumentando, a parità di altre condizioni, il numero di fili di guardia aumenta la protezione della linea. Tale aumento si può calcolare teoricamente; ma è interessante anche conoscere il risultato di alcune prove in proposito.

Nello studio di Mc Eachron, Hemstreet e Rudge, l'effetto dei fili di guardia è stato separato in due parti, e cioè: 1° effetto — la riduzione della tensione dovuta allo scaricarsi a terra della carica primitiva sui fili di guardia; 2° effetto — l'ulteriore riduzione dovuta alla formazione di una carica di segno opposto sui fili di guardia. Ora con la linea usata dagli sperimentatori è stata riscontrata con un conduttore di terra una protezione del 20 % complessivamente dovuta al primo e al secondo effetto, mentre quella dovuta a quest'ultimo, misurata separatamente, è risultata dell'8 %. L'aggiunta di un secondo filo di terra, secondo i risultati delle prove, non altera in modo sensibile il secondo effetto, mentre aumenta il primo effetto.

La misura del secondo effetto è stata fatta a sua volta rilevando come varia l'andamento di una sovratensione prodotta da un generatore d'impulsi passando da un tratto di linea senza a un tratto con fili di guardia e viceversa, e si è riscontrato come detto una diminuzione dell'8 % nella tensione indotta. La diminuzione nell'impedenza all'impulso dovuta all'introduzione di nuovi fili di guardia è pertanto piccola, così che per ridurre in modo notevole una sopravveniente sovratensione occorrerebbero parecchi trefoli opportunamente disposti. Non sembra quindi molto efficace sotto questo aspetto la pratica seguita da alcune Società di aggiungere fili di guardia supplementari nella vicinanza di centrali o sottostazioni, o almeno questi dovrebbero estendersi su una distanza sufficiente perchè le sovratensioni che pigliano origine al di là della loro estensione siano ridotte per attenuazione a valori inferiori a quelli pericolosi.

L'uso di fili di guardia supplementari è invece giustificato dal punto di vista della protezione contro scariche che hanno origine nelle vicinanze della centrale o sottostazione.

Protezione contro i disturbi sulle linee di telecomunicazione.

A quanto è stato detto a questo riguardo nell'articolo « La teoria dei fili di guardia » aggiungeremo alcuni risultati sperimentali che confermano l'efficacia del filo di guardia nel diminuire l'entità dei fenomeni che le linee elettriche industriali provocano nelle linee di telecomunicazione vicine.

Le ricerche fatte in Russia con una linea di trasmissione a 115 kV comprendente due palificazioni a una terna e due fili di guardia distanti 17,2 m una dall'altra, e una linea telegrafica a tre palificazioni con 25 fili complessivamente, distante 103 m dalla palificazione industriale più vicina, hanno dimostrato che la tensione indotta misurata sperimentalmente nella linea telegrafica non è che il 55 % di quella calcolata secondo il metodo teorico dei Russi e il 76 % di quella risultante secondo la formula ufficiale tedesca. È stato inoltre rilevato un coefficiente d'induzione mutua sperimentale di 0,000212 contro il valore di 0,00051 che si otterrebbe con la formula Pollaczek, pari cioè al 41,5 % di tale valore. Queste riduzioni sono appunto da attribuirsi alla protezione data dai quattro trefoli di guardia sopra ricordati e in parte dal fascio dei fili telegrafici.

Risultati analoghi si sono avuti con le misure della tensione indotta misurata su un filo libero della linea di trasmissione, ottenendosi valori pari rispettivamente al 56, 67 e 56 % di quelli ottenuti con le formule russa, tedesca e di Pollaczek. In questo caso la protezione è data unicamente dai fili di guardia sulla linea elettrica.

Altre prove furono eseguite per determinare l'influenza della rete a 115 kV della regione di Mosca nei parallelismi colle linee telegrafiche del Commissariato del Popolo. Fra queste prove a noi interessano quelle relative all'effetto protettore dei fili di terra installati sulla linea di trasmissione; si tratta qui di due cavi in bronzo della sezione complessiva di circa 100 mm².

Chiamando *coefficiente di protezione* P dei conduttori a terra la diminuzione percentuale nel coefficiente di induzione mutua dovuta all'installazione dei trefoli di terra (ossia

$$P = \frac{C_1 - C_2}{C_1}$$

dove C_1 e C_2 sono i coefficienti rispettivamente senza e con fili di guardia), si son rilevati per P dei valori da 25,5 % a 58 %, con una media del 38 % nei casi in cui la linea telegrafica aveva una o due messe a terra nel tratto sottoposto all'influenza elettromagnetica della linea e del 50,7 % nel caso in cui le messe a terra erano all'infuori della zona d'influenza.

I Russi valutano pertanto l'effetto protettore degli accennati fili di guardia in bronzo moltiplicando il coefficiente di induzione per un fattore 0,6.

Conclusioni.

Conclusioni di carattere generale non si possono trarre dai dati numerici e sperimentali che siam venuti esponendo, deducendoli da varie pubblicazioni estere e sopratutto americane, e limitandoci a quelli che sembrano offrire maggior attendibilità e un interesse pratico immediato.

D'altronde, il nostro scopo era semplicemente di fissare, ove possibile, dei punti di riferimento attendibili per alcuni fenomeni e di stabilire dei valori indicativi per alcune grandezze. A questo riguardo, ci sembra che l'esposizione fatta si possa così riassumere:

1° La maggioranza dei disturbi sulle linee aeree ad alta tensione è da attribuirsi ad origine atmosferica; la proporzione di questi disturbi può raggiungere il 60÷70 % dei totali; per quanto riguarda la loro frequenza assoluta, su linee senza protezioni speciali, un numero di 10 disturbi (archi, scatti, ecc.) per 100 km di linea e per anno può verificarsi anche nelle nostre regioni.

2° In relazione a quanto detto sotto 1°), vien dimostrata l'importanza di raccogliere dati statistici sulla frequenza dei temporali e dei fulmini nelle varie regioni d'Italia. Questi dati possono aver valore sia per chiarire il comportamento di linee in esercizio, sia per definire l'importante problema delle interruzioni probabili e quindi delle protezioni di linee in progetto, a seconda della regione attraversata (1).

3° Le caratteristiche delle scariche atmosferiche vengono determinate in modo abbastanza concordante dai varî sperimentatori. Le principali sono: carattere generalmente aperiodico; notevole maggior frequenza di scariche di polarità positiva rispetto alle scariche negative, che però sono assai più forti delle prime; tensione dell'ordine di centinaia di milioni di V; corrente dell'ordine di 100.000 A; durata della scarica da 0,001 a 0,01 secondi per le scariche deboli e positive e di pochi microsecondi per le scariche forti e negative.

(1) Ricordiamo che Peek, in base appunto a dati statistici, ha stabilito una carta degli Stati Uniti con le curve di frequenza relativi dei temporali, indicando come da queste si possa trarre il numero delle probabili interruzioni per una data linea in progetto.

4° Il materiale sulle sovratensioni di origine atmosferica nelle linee aeree presenta ancora qualche incertezza di interpretazione. L'ampiezza massima delle tensioni indotte fin qui misurate su linee da 100 a 220 kV raggiunge 15-16 volte la tensione d'esercizio verso terra (valore massimo), superando notevolmente i valori delle sovratensioni dovute a manovre di interruttori. La forma dell'onda può variare anche notevolmente da un caso all'altro.

5° L'efficacia dei fili di guardia nei riguardi della continuità del servizio è pienamente provata dalle statistiche di esercizio. In America risulterebbe che, per effetto di un filo di guardia, il numero delle interruzioni in linea può venir ridotto del 50 % e oltre; da noi mancano statistiche, ma probabilmente si avrebbero riduzioni meno sentite.

6° I valori della protezione dovuta ai fili di guardia (intesa come diminuzione percentuale della tensione indotta) rilevati sperimentalmente concordano con quelli calcolati con le formule Creighton (Petersen)-Hunter. Tale concordanza è spiegabile anche per via analitica.

7° Il problema delle resistenze di messa a terra ha poca importanza per la protezione contro sovratensioni indotte, bastando per queste anche terre poco buone, mentre nei riguardi della protezione contro scariche dirette occorrono terre di resistenza assai piccola. Le disposizioni consigliate per evitare che la linea venga colpita da scariche atmosferiche devono essere giustificate dal punto di vista economico.

8° L'aggiunta di fili di guardia diminuisce l'attenuazione, sopratutto per impulsi negativi.

9° Il materiale costituente il filo di guardia ha poca importanza nei riguardi delle sovratensioni indotte, mentre per la protezione contro le scariche dirette e contro i disturbi sulle linee di telecomunicazione è preferibile un materiale buon conduttore (rame o bronzo).

10° L'aggiunta di fili di guardia supplementari in vicinanza di centrali o sottostazioni è giustificata sopratutto per la protezione contro le scariche che hanno origine nelle vicinanze degli impianti stessi.

11° L'efficacia del filo di guardia sulle linee di trasmissione per diminuire i disturbi sulle linee di telecomunicazione parallele è pienamente dimostrato dall'esperienza: con trefoli in bronzo, si può arrivare a una diminuzione del 40 % nel coefficiente d'induzione mutua.

ING. MARIA ARTINI.

BIBLIOGRAFIA.

H. NORINDER – « Recherches sur la nature des décharges électriques des orages. (Conférence des Grands Réseaux, Parigi 1925).

M. DUTOIT E S. RUMP – « Statistiques des perturbations de service et des avaries dans les installations de transport de force. (Conférence des Grands Réseaux, Parigi 1925).

B. PRICE – Résultats d'exploitation des réseaux aériens de la Victoria Falls and Transvaal Power Co. Ltd. (Conférence des Grands Réseaux, Parigi 1925).

E. S. LEE e C. M. FOUST – « The Measurement of Surge Voltages on Transmission Lines due to Lightning. (*Journal AIEE*, febbraio 1927).

J. H. COX – « Transmission Line Voltage Surges. (*Journal AIEE*, marzo 1927).

COX, MC AULEY e HUGGINS – « Klydonograph Surge Investigations. (*Journal AIEE*, maggio 1927).

HEMSTREET e EATON – « Surge Voltage Investigation on the 140 kV System of the Consumers Power Co. during 1927 ». (*Journal AIEE*, giugno 1928).

E. W. DILLARD – « Lightning Investigation on New England Pouver Company System ». (*Journal AIEE*, luglio 1928).

M. S. COOVER e W. D. HARDWAY – « Transmission experience of the Public Service Co. of Colorado ». (*Journal AIEE*, settembre 1928).

N. N. SMELOFF – « Surge Voltage Investigation on 220 kV System of Pennsylvania Power and Light Co. (*Journal AIEE*, novembre 1928).

H. P. SEELYE – « Protective Value of Overhead Ground Wires » (*Electrical World*, 8 dicembre 1928).

P. SPORN – « 1927 Lightning Experience on the 132 kV Transmission Lines of the American Gas and Electric Company ». (Memoria presentata alla *Winter Convention* dell'*AIEE*, gennaio 1929).

W. W. LEWIS – « Transmission line insulation and field tests pertaining to lightning ». (*General Electric Review*, luglio 1929).

« Transmission line performance ». (*Electrical World*, 17 agosto 1929.

DR. G. C. SIMPSON – « Lightning ». (*The Journal of the Institution of Electrical Engineers*, novembre 1929).

F. W. PEEK. JR – « Lightning ». (*General Electric Review*, novembre e dicembre 1929).

J. P. JOLLYMAN e E. R. STAUFFACHER – « Extra-High Voltage Transmission ». (Rapporto alla Conferenza Mondiale dell'Energia a Tokyo, 1928) - *Electrical World*, 28 dicembre 1929.

J. BIERMANNS – « Blitzschutz von Freileitungen ». (*Forschung und Technik*, J. Springer, Berlino 1930).

P. SPORN e W. L. LLOYD – « Lightning Investigation on 132 kV System of the Ohio Power Company ». (Memoria presentata alla *Winter Convention* dell'*AIEE*, gennaio 1930).

N. N. SMELOFF e A. L. PRICE – « Lightning Investigation on 220 kV System of the Pennsylvania Power and Light Company (1928 and 1929) ». (Memoria presentata alla *Winter Convention* dell'*AIEE*, gennaio 1930).

« Lightning less mysterious ». (*Electrical World*, 1° febbraio 1930).

W. W. LEWIS e C. M. FOUST – « Lightning Investigations on Transmission Lines ». (*General Electric Review*, marzo 1930).

ING. C. PALESTRINO – « Studio e calcoli elettrici della linea a 220 kV da Cardano a Cislago ». (*L'Energia Elettrica*, marzo 1930).

K. B. MC EACHRON, J. G. HEMSTREET e W. J. RUDGE – « Traveling waves on transmission lines - Tests with artificial lightning surges ». (*General Electric Review*, aprile 1930).

P. SPORN – « 1928 Lightning Experience on 132 kV Lines of the American Gas and Electric Company ». (*J.A.I.E.E.*, giugno 1930).

F. W. PEEK, JR. – « Lightning and its Effect on the Design of Transmission Lines and Apparatus from the Economic and Engineering Standpoint ». (Rapporto presentato alla Conferenza mondiale dell'energia, Berlino. giugno 1930).

P. A. ASBOUKINE, E. N. PETRINSKY, GRATSCHEV, MACKOVIC, TELESCHEV – « Influence des lignes de transmission électrique à haute tension sur les lignes télégraphiques. — P. A. ASBOUKINE – « Recherches sur l'influence de la ligne de transmission électrique Wolchoff sur les lignes télégraphiques ». (Rapporto presentato alla Conferenza mondiale dell'energia, Berlino, giugno 1930).

PROF. A. MATTHIAS – « Gewitterforschungen und Blitzschutz - Studiengesellschaft fur Höchstspannungsanlagen ». (Rapporto alla Conferenza mondiale dell'energia, Berlino, giugno 1930).

DOTT. ANNA EREDIA – « La frequenza delle scariche atmosferiche in Italia nel quadriennio 1925-1928 ». (*La Metereologia pratica*, luglio-agosto 1930).

L. V. BEWLEY – « Critique of ground wire theory ». (Memoria presentata alla *Pacific Coast Convention* dell'*AIEE*, settembre 1930).

S. W. MELSOM, A. N. ARMAN e W. BIBBY – « Surge investigations on overhead lines and cable systems ». (*The Journal of the Institution of Electrical Engineers*, novembre 1930).

E. HANSSON – « Lightning protection from the operating Company's point of view ». (*Journal of the AIEE*, novembre 1930).

A. BOUTARIC – « Le développement des réseaux de distribution d'énergie électrique et les dangers de la foudre ». (*R.G.E.*, 29 novembre 1930).

ERNESTO DENINA e ARTURO FRATES

Esperienze sull'accumulatore a piombo

I.

Le variazioni di resistenza alle piastre durante il funzionamento dell'accumulatore

SOMMARIO.

In questa nota sono descritte e discusse minutamente le esperienze eseguite sulle variazioni di resistenza e di f. e. m. durante il funzionamento di un accumulatore a piombo.

Le variazioni di resistenza alle piastre dipendono essenzialmente dall'acido che impregna le piastre stesse e viene a contatto con la materia attiva. La resistenza alle piastre risulta piccolissima per un accumulatore a piombo carico, cresce gradualmente con il procedere della scarica, causa la formazione di solfato, e subisce quindi notevolissimi aumenti al cadere della tensione. Durante la carica essa ritorna generalmente in breve tempo al valore iniziale.

Tutti i dettagli del comportamento sia della resistenza come della tensione trovano una interpretazione attendibile nel quadro della teoria della doppia solfatazione e costituiscono quindi una riprova a favore della teoria stessa.

SCOPO DELLA RICERCA.

La resistenza interna di un accumulatore, a parità di tutte le altre condizioni, varia con lo stato di scarica e carica dell'elemento per le ragioni a cui abbiamo già accennato nell'introduzione (1). Infatti il comportamento della resistenza interna di un accumulatore deve risultare complessivamente dal comportamento delle singole resistenze: dell'acido, delle piastre e al passaggio tra elettrodo ed elettrolita.

Durante il funzionamento dell'accumulatore la resistenza dell'acido compreso tra le piastre subisce variazioni corrispondenti ai cambiamenti di concentrazione; questi ultimi alla loro volta risultano determinati dalla quantità di elettricità passata, per cui è possibile calcolare a priori la resistenza dell'elettrolita (in base alla teoria della doppia solfatazione) in modo semplice, qualora si attribuisca grossolanamente al liquido, che prende parte alla conduzione, una forma cilindrica, limitata fra le due piastre parallele.

La resistenza propria delle piastre — intesa come resistenza complessiva propria del materiale solido, attraversato da corrente, di cui è costituita la piastra — varia pure in conseguenza dei cambiamenti di composizione della materia attiva, ma tale resistenza negli accumulatori usuali, accuratamente costruiti, è molto piccola, per cui le variazioni si possono ritenere trascurabili.

Assai maggior interesse presenta invece, come già si è detto, la resistenza al passaggio tra le piastre e l'elettrolita, perchè oltre ad influire sull'andamento generale della resistenza complessiva (sopratutto alla fine della scarica), essa risulta strettamente dipendente dal meccanismo di funzionamento dell'accumulatore. Inoltre il suo studio si ricollega allo studio generale della resistenza al passaggio di un elettrodo (1).

(1) Cfr. questa Rivista, N. 1, 1931.

Seguendo il consiglio del Prof. Scarpa, abbiamo pertanto eseguito *una serie di misure sistematiche sulle variazioni di resistenza alle piastre di un accumulatore*, a varii regimi di scarica e carica, valendoci di opportuni dispositivi sperimentali, studiando le due piastre positiva e negativa, dapprima *complessivamente*, quindi *singolarmente*, onde determinare il comportamento di ciascuna e trarne conclusioni sul meccanismo di funzionamento dell'accumulatore.

Abbiamo così potuto rettificare e completare i risultati delle ricerche, finora insufficienti, riguardanti il comportamento della resistenza interna di un accumulatore.

RICERCHE SPERIMENTALI PRECEDENTI.

Fin dal 1883 Hallwachs (2) ha applicato il metodo del ponte di Kohlrausch per determinare le variazioni presentate dalla resistenza interna degli accumulatori al procedere della scarica e della carica, riscontrando un forte aumento di resistenza alla fine della scarica. Questo aumento venne attribuito da Dolezalek (3) alla vecchiaia dell'elemento ed a cattivo contatto tra materia attiva e supporto, mentre esso era probabilmente dovuto a sovrascarica ed al conseguente eccessivo impoverimento dell'acido contenuto nei pori delle piastre (come viene dimostrato dalle nostre misure, di cui in questo lavoro).

Preece (4) ha notato la dipendenza tra la resistenza misurata con il metodo diretto e la intensità di corrente, poi confermata da altri. Successivamente Häberlein (5), Boccali (6) e sopratutto Haagn (7) hanno eseguito varie determinazioni.

Haagn in una serie di ricerche accurate con il dispositivo di Nernst conclude che la resistenza così misurata è indipendente dalla intensità di corrente, cresce col procedere della scarica e diminuisce nella carica, ripassando press'a poco per gli stessi valori, in relazione al numero di Ah erogati, quasi indipendentemente dal regime, come se l'aumento di resi-

(1) Vedi Introduzione in questa Rivista, N. 1, 1931.
(2) *Wied. Ann.*, 22, 95 (1884).
(3) *Thèorie de l'accumulateur à plomb*: Béranger (1902) p. 121.
(4) *Electrician*, 15, 42 (1885).
(5) *Wied. Ann.* 31, 402 (1887).
(6) *Elektrotech. Zeit.*, pag. 51 (1891).
(7) Inaug. Dissert. Göttingen 1897; *Zeit. phys. Chem.* 23, (I. 1897).

stenza fosse determinato quasi esclusivamente dalla formazione del solfato.

In realtà quest'ultima conclusione, esatta per quanto riguarda le variazioni di resistenza dovute all'elettrolita, si può applicare grossolanamente alla resistenza complessiva dell'accumulatore soltanto durante il periodo normale di scarica, quando non si rende manifesta l'influenza della variazione di concentrazione dell'acido che impregna le piastre (variazioni dalle quali dipendono massimamente i valori della f. e. m. e della resistenza alle piastre), perchè allora la resistenza alle piastre — la quale segue l'andamento della f. e. m. — varia assai poco ed esercita una piccola influenza sul valore totale.

Effettivamente nelle esperienze di Haagn la scarica è stata poco spinta e perciò vi hanno avuto sopratutto influenza le variazioni dovute ai cambiamenti di concentrazione dell'elettrolita compreso tra le piastre. Pertanto non si è reso manifesto quello che viene invece dimostrato dai nostri risultati: l'aumento di resistenza *alle piastre* durante la scarica è approssimativamente graduale (finchè la scarica non è eccessiva), ma durante la carica la riduzione della resistenza alle piastre avviene inizialmente in breve periodo; inoltre le variazioni di resistenza alle piastre, a parità di Ah passati attraverso l'accumulatore, differiscono a seconda dei vari regimi di corrente (come osserva anche L. Jumau nel suo trattato (1)), sopratutto per forti sovrascariche ai regimi più intensi, e risultano piuttosto comparabili in corrispondenza a valori uguali della f. e. m. (2).

Haagn ha pure tentato di determinare le variazioni di resistenza che si verificano a ciascuna piastra separatamente, valendosi di un'elettrodo di zinco, ma le incertezze dovute a quest'ultimo impediscono di trarne conclusioni sicure. Queste esperienze sono state riprese da noi, con un dispositivo sperimentale sicuro, opportunamente studiato.

Più recentemente Morse e Sargent (3) hanno eseguito uno studio più accurato su un accumulatore completo, ponendo in evidenza l'influenza dei vari fattori: temperatura, concentrazione dell'acido, stato di carica dell'accumulatore, ecc. ed hanno ottenuto i risultati previsti. In particolare essi hanno osservato: l'aumento assai rapido di resistenza alla fine della scarica utile — dovuto essenzialmente alla resistenza alle piastre, come viene dimostrato dalle nostre misure —, la diminuzione di resistenza durante il riposo dell'accumulatore — e cioè il fenomeno di « ristabilimento » della resistenza per diffusione dell'acido internamente alle piastre —, ed hanno inoltre notato altresì una differenza di comportamento tra gli accumulatori con piastre impastate e quelli con piastre a grande superficie, come sembra naturale, perchè risulta diversa nei due casi la distribuzione dell'acido nell'interno della materia attiva (ciò che influisce in massimo grado sulla « resistenza alle piastre »).

Essi non hanno però effettuato misure separate per mettere in evidenza il comportamento delle singole parti.

Le nostre misure valgono pertanto a completare le conoscenze al riguardo e chiariscono il meccanismo di funzionamento dell'accumulatore stesso nei suoi vari dettagli.

Dispositivo sperimentale.

Onde rendere trascurabili le variazioni di concentrazione dell'elettrolita, abbiamo sospese le piastrine in una vasca assai grande, impiegando circa tre litri di acido, una quantità cioè enormemente superiore al normale. Inoltre il liquido veniva continuamente rimescolato, obbligandolo a circolare attraverso un pallone, onde assicurare la uniformità di concentrazione. Il pallone era posto in alto, in comunicazione con una pompa aspirante a caduta d'acqua e collegato alla vasca per mezzo di due tubi, il primo dei quali sfiorava la superficie del liquido ed aspirava ad intermittenza una colonna di aria e di acido, il secondo era invece completamente immerso e sifonava il liquido dal pallone nella vasca. La circolazione era provocata dal diverso peso delle colonne di liquido (essendo la prima discontinua).

Sono state usate piastrine ad « ossidi riportati » del tipo Qt Tudor, delle dimensioni di mm $43 \times 43 \times 5$, opportunamente fissate ad un supporto di bachelite, alla distanza di circa 14 mm tra le facce parallele opposte.

La concentrazione dell'acido venne scelta in corrispondenza al massimo di conduttività — precisamente per una densità di circa 1,22 a 15° — come si usa normalmente con il tipo di piastre da noi adottate: d'altra parte, nel nostro caso, tale concentrazione risultava particolarmente conveniente, onde rendere del tutto trascurabili le variazioni di resistenza per le eventuali piccole variazioni di concentrazione: infatti nelle condizioni del massimo, se x è la conducibilità specifica e c la concentrazione, $\frac{dx}{dc} = 0$. Nel caso dell'acido solforico, come si può vedere facilmente da diagrammi o da tabelle, la conducibilità si mantiene quasi costante entro un ampio intervallo di concentrazione attorno al massimo, per cui piccole variazioni di concentrazione durante le misure risultano del tutto trascurabili (del resto le variazioni da noi riscontrate nella densità si ridussero a pochi millesimi). Anche le variazioni di temperatura, provocate dal passaggio della corrente per effetto Joule, sono state trascurabili, raggiungendo al massimo pochi gradi: infatti il coefficiente di temperatura $\left(\frac{1}{x}\frac{dx}{dT}\right)$ è dell'ordine di 0,016 e quindi le variazioni di resistenza per questa causa nelle nostre misure non poterono oltrepassare 0,005 Ohm.

La resistenza venne misurata in corrente alternata, con il metodo del ponte di Kohlrausch, modificato con un semplice artificio, atto ad aumentare la precisione e la rapidità delle misure. La modificazione apportata appare immediatamente dalla fig. 1: l'artificio risulta nell'aggiunta del secondo cursore,

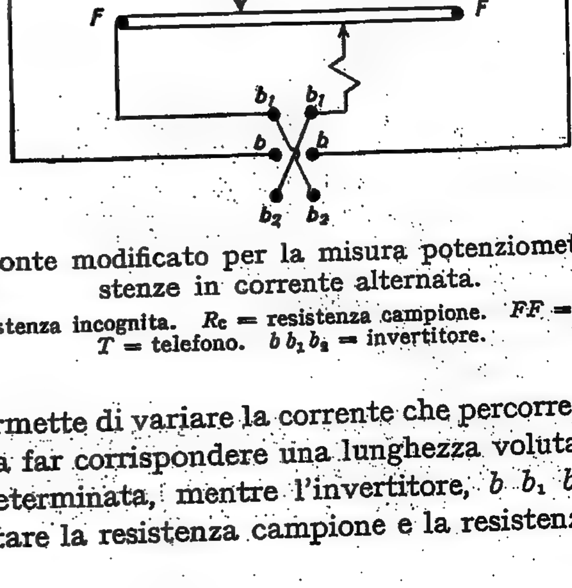


Fig. 1. - Ponte modificato per la misura potenziometrica di resistenze in corrente alternata.

X = resistenza incognita. R_c = resistenza campione. FF = reocordo. T = telefono. $b\, b_1 b_2$ = invertitore.

il quale permette di variare la corrente che percorre il reocordo, in modo da far corrispondere una lunghezza voluta ad una resistenza determinata, mentre l'invertitore, $b\ b_1\ b_2$, permette di confrontare la resistenza campione e la resistenza incognita

(1) Nel suo « Etude résumée des accumulateurs électriques » L. Jumau osserva precisamente come la resistenza cresce in modo meno rapido (evidentemente egli vuole intendere a parità di Ah erogati) ai regimi di scarica lenta, e ne dà anche la spiegazione esatta.

(2) È noto come a regimi più intensi di scarica la capacità dell'accumulatore risulti minore, la f. e. m. diminuisca più rapidamente per un minor numero di Ah erogati, e la resistenza alle piastre, la quale segue l'andamento delle f. e. m., cresca a sua volta più rapidamente.

(3) *Proc. Amer. Acad. of Scient*, 46, 589 (1911) cfr. Vinal: loco cit.

sullo stesso tratto di reocordo: la lettura risulta così direttamente come media di due determinazioni al ponte semplice, a reocordo invertito (1).

Onde impedire che l'accumulatore scaricasse nel reocordo e d'altra parte allo scopo di poter regolare il regime di scarica e di carica in modo da studiarne in modo preciso l'influenza, abbiamo adottata la disposizione indicata dalla fig. 2 — la quale risulta simile a quella ideata dal Prof. Scarpa per la misura delle resistenze apparenti agli elettrodi (2) —: abbiamo cioè posti due elementi analoghi C e C_1 in opposizione, chiusi in parallelo sul circuito R_1.

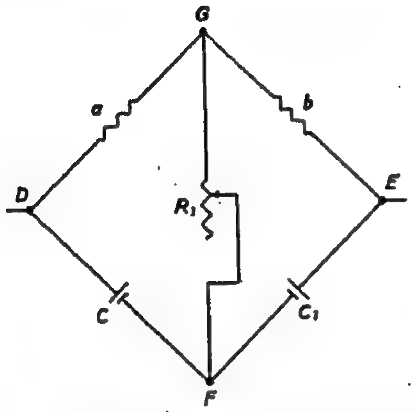


Fig. 2. - Disposizione a ponte dei circuiti di scarica e carica per la misura della resistenza di accumulatori durante il passaggio di corrente.

C, C_1 = elementi di accumulatori (in opposizione).
$a + b = R_2$ = resistenza costante.
R_1 = resistenza del circuito di carica e scarica.
D, E = punti fra i quali si misura la resistenza.

D'altra parte i due accumulatori devono mantenersi costantemente nelle stesse condizioni: cioè la differenza di potenziale (continua) ai capi D e E (tra i quali si misura la resistenza) deve risultare sempre nulla. Ci siamo pertanto valsi allo scopo di una resistenza equilibratrice R_2 ed abbiamo derivato il circuito R_1 dal cursore intermedio, ciò che permetteva di variare in modo complementare le correnti che attraversavano i singoli elementi. La tensione di questi ultimi si uguagliava mediante il galvanometro di azzeramento G (fig. 3).

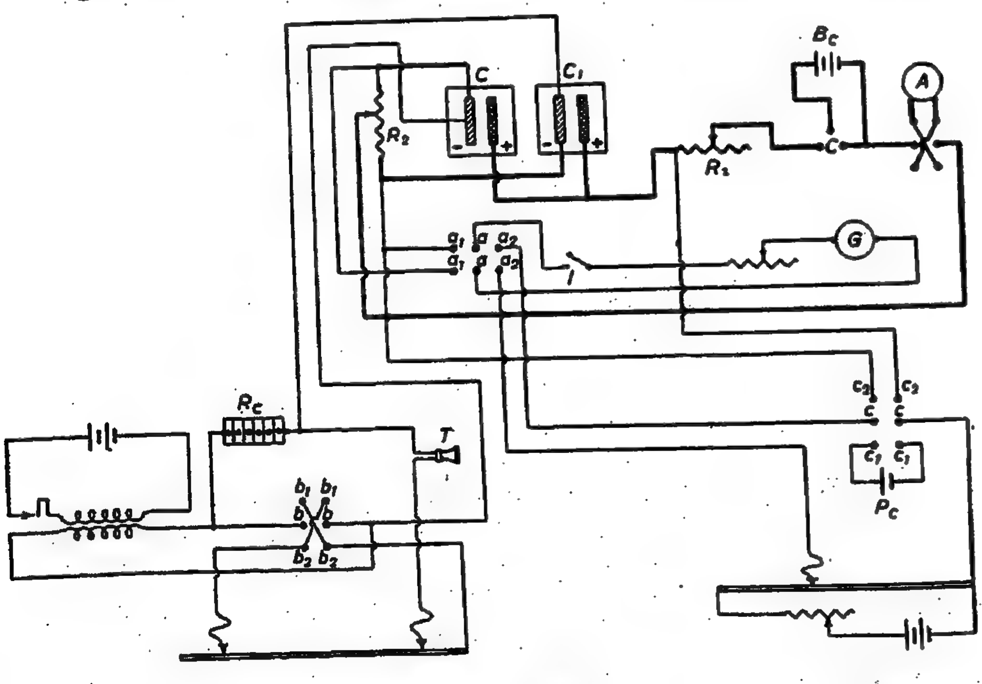


Fig. 3. - Schema generale dei circuiti per la misura della resistenza e della tensione degli accumulatori ai vari regimi di scarica e carica.

A = amperometro del circuito di carica e scarica. B_c = batteria di carica a 4 V. C = commutatore di carica e scarica. C, C_1 = elementi di accumulatore. G = galvanometro di azzeramento. I = interruttore a tasto. P_c = pila campione. R_1 = resistenza del circuito di carica e scarica (0 ÷ 10 Ohm). $R_2 = a + b$ = resistenza equilibratrice (2 Ohm). R_c = resistenza campione. T = telefono.

Si vede quindi facilmente dallo schema della fig. 2 come i due accumulatori con i circuiti di scarica (o carica) così disposti vengano a costituire complessivamente un sistema a « ponte », del quale si misura la resistenza secondo una diagonale (D - E). Pertanto se i due accumulatori hanno uguale f. e. m., le resistenze che costituiscono i quattro lati soddisfano l'equazione di equilibrio del ponte e i vertici della diagonale $G\,F$ vengono a trovarsi costantemente allo stesso potenziale rispetto alla corrente (alternata) di misura, che alimenta il ponte stesso secondo l'altra diagonale $D\,E$. In queste condizioni il circuito R_1 che riunisce i vertici opposti, G e F, non può esercitare alcuna influenza sul valore della resistenza misurata tra i punti D e E.

Il metodo così considerato ricorda il dispositivo di Uppenborn (1) nel quale altri due accumulatori tengono le veci delle resistenze a e b, costituendo un ponte di quattro accumulatori che scaricano su una diagonale.

Il dispositivo di Uppenborn non permette però di uguagliare con esattezza i regimi dei vari accumulatori, nè di annullare in ogni istante la differenza di potenziale tra i punti D e E, tra i quali si deve misurare la resistenza.

In realtà però nemmeno con il nostro metodo le condizioni di equilibrio risultano sempre esattamente soddisfatte, specialmente per accumulatori sovrascaricati. Infatti, qualora i due accumulatori fossero uguali, il cursore della resistenza R_2 dovrebbe cadere nel punto medio: ora ciò si verificava approssimativamente in pratica, ma non più verso la fine della scarica, quando i due elementi risultavano fortemente squilibrati. Ad ogni modo, tuttavia, considerando l'ordine di grandezza della resistenza R_1, il grado di squilibrio possibile, la natura delle misure, è facile convincersi come l'errore che si può commettere trascurando l'influenza del circuito R_1 non può essere grande: d'altronde l'errore commesso risulta in ogni caso in difetto, per cui i valori ottenuti non possono certamente superare il vero. In altre parole gli *aumenti* di resistenza — che sopratutto ci interessano — sono certamente di entità non inferiore a quella che risulta dalle nostre esperienze.

Inoltre verso la fine della scarica le misure diventano assai incerte, riuscendo difficile trovare il punto di minimo suono al telefono; probabilmente in causa di fenomeni di capacitanza e di distorsione nelle piastre sovrascaricate: infatti, a parità di capacità, al crescere della resistenza (che si può immaginar per ogni elettrodo in parallelo alla capacità), la componente d corrente sfasata (capacitiva) aumenta di importanza rispett alla componente ohmica.

Chiamando con $2\,r_i$ la resistenza presentata dai due accum latori all'inizio, quando essi sono perfettamente carichi, Δr_i l media delle variazioni subite dalla loro resistenza interna, M valore determinato con il metodo descritto, ci siamo val — allo scopo di calcolare Δr_i — dell'equazione (che si scri immediatamente considerando i circuiti derivati tra D e F

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{2\,r_i + 2\,\Delta r_i} + \frac{1}{R_2}$$

R_2 venne misurata una volta tanto (interrompendo il circui che comprende i due accumulatori) e nel nostro caso risul uguale a 2,34 ohm, mentre $2\,r_i$, si è aggirato nelle varie esperien attorno al valore di 0,22 ohm (circa 0,11 ohm per accumulator

Notiamo che la resistenza r_i comprende la resistenza propria del liquido contenuto tra le piastre e la resister *iniziale*, p, alle piastre stesse.

La resistenza iniziale, p, deve però essere assai piccola, poi calcolando approssimativamente l'entità di l si trova un val all'incirca uguale a r_i.

Δr_i invece corrisponde esclusivamente alle variazioni su dalla resistenza alle piastre, l mantenendosi praticamente variato. Onde rendere comparabili i risultati, relativi a pias di dimensione diversa, basta riferire i valori ottenuti all'u di superficie, moltiplicandoli per l'area delle piastre sperim tate, e cioè precisamente nel nostro caso, supponendo a

(1) Per la discussione sulla convenienza ed esattezza del dispositivo cfr. *Ann. Chim. Appl.* (dicembre 1928).

(2) Cfr. O. Scarpa e E. Denina: *Zeit. Phys. Chem*, Cohenband, 1927.

(1) *Elekt. Zeit* 1891, pag. 157; cfr. Dolezalek: loc. cit.

soltanto le facce poste di fronte, per 18,5 cm². Contemporaneamente alle misure di resistenza abbiamo effettuato la misura della tensione ai morsetti, mediante dispositivo potenziometrico. I valori riportati risultano come media dei valori presentati dai due accumulatori in opposizione.

Noi indicheremo sempre la tensione ai morsetti con il simbolo V, riservando il simbolo E alla f. e. m. propriamente detta dell'accumulatore. Quest'ultima viene calcolata dalla tensione V, misurata ai morsetti, aggiungendovi « la caduta ohmica » interna $(r_i + \Delta r_i)i$ (1).

La fig. 3 rappresenta lo schema completo dei circuiti da noi adottati.

Le linee in grassetto corrispondono al circuito di scarica e carica (circuito R_1) degli accumulatori (potendosi inserire la batteria di carica mediante il contatto c e invertire in corrispondenza la polarità dell'amperometro, mediante il commutatore apposito).

A sinistra della figura si trova il dispositivo (descritto precedentemente) per la misura della resistenza; a destra il dispositivo potenziometrico per la misura della tensione ai morsetti degli accumulatori.

Il galvanometro G, mediante il commutatore $a\ a_1\ a_2$, può servire sia per azzerare il potenziometro, sia per equilibrare i due accumulatori, nel modo che si è detto.

Notiamo che le connessioni tra i conduttori nel tratto di circuito che comprende i due accumulatori in scarica e carica, sono state eseguite mediante saldatura, onde eliminare ogni possibile errore per resistenze ai contatti.

ESPERIENZE ESEGUITE.

Furono eseguite numerose serie di esperienze ai regimi diversi di 0,4; 0,25; 0,10 Ampère per elemento, prima in scarica quindi in carica. Per mettere in evidenza l'andamento del fenomeno scegliamo tra le successive esperienze gli esempi rappresentati graficamente nelle figg. 4, 5, 6, dai quali risultano chiaramente le conclusioni che ora discuteremo.

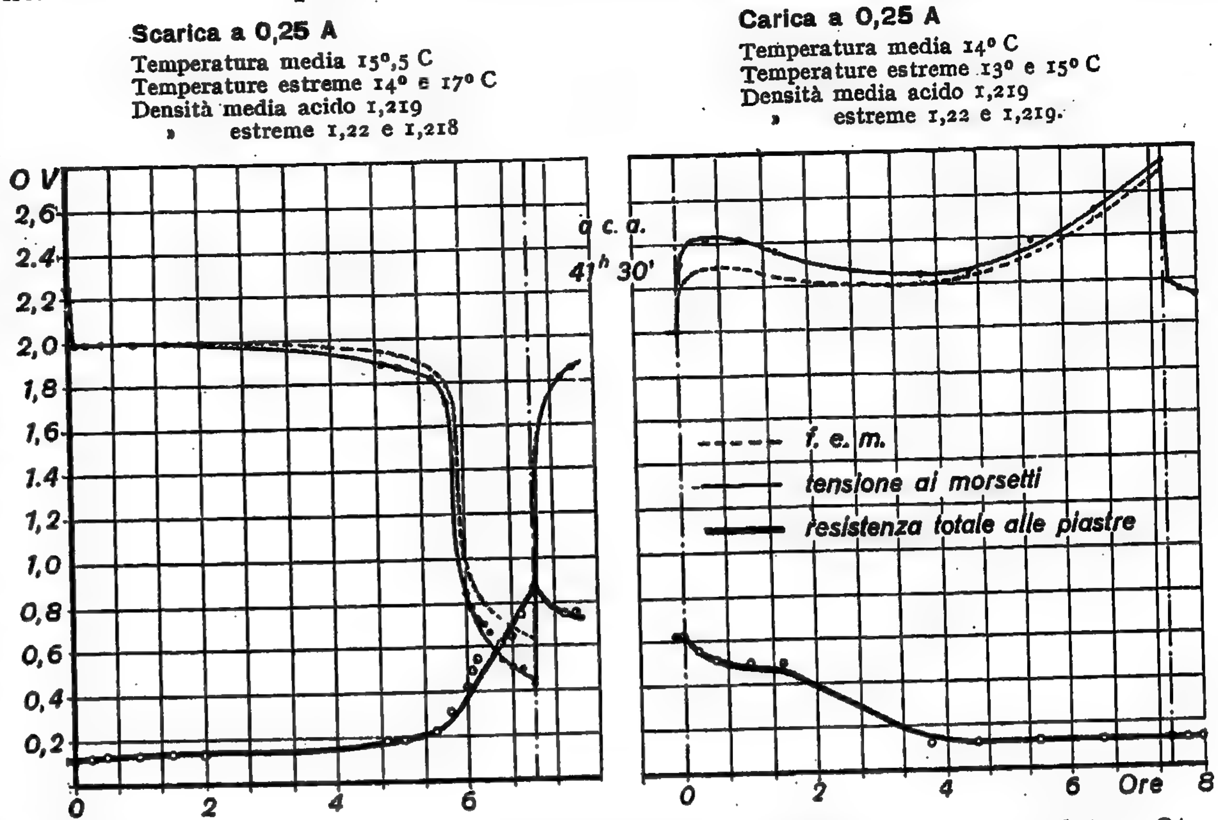


Fig. 5. - Variazione di tensione e di resistenza alle piastre in un accumulatore Qt assoggettato a scarica e carica al regime di 0,25 A (solfatazione eccessiva).

Le misure dimostrano come in linea generale la resistenza alle piastre e la tensione dell'accumulatore siano in stretta relazione fra di loro: ad un abbassamento di tensione corrisponde in generale un'aumento di resistenza, ad un abbassamento rapido di tensione un brusco aumento di resistenza (almeno per quanto riguarda la scarica, cioè finchè la tensione dipende soltanto dai cambiamenti di concentrazione dell'acido nell'interno delle piastre).

Anche il fenomeno di « ristabilimento » della tensione a circuito aperto dopo un periodo di scarica, trova la sua corrispondenza in una diminuzione di resistenza.

Analizziamo ora minutamente i fenomeni osservati, cercando di dar ragione dei singoli dettagli.

I valori da noi riferiti, salvo indicazioni in contrario, sono semplicemente quelli calcolati mediante la formula data e vanno perciò ancora moltiplicati per 18,5 onde riportarli, come si è detto, all'unità di superficie attiva (in cm²).

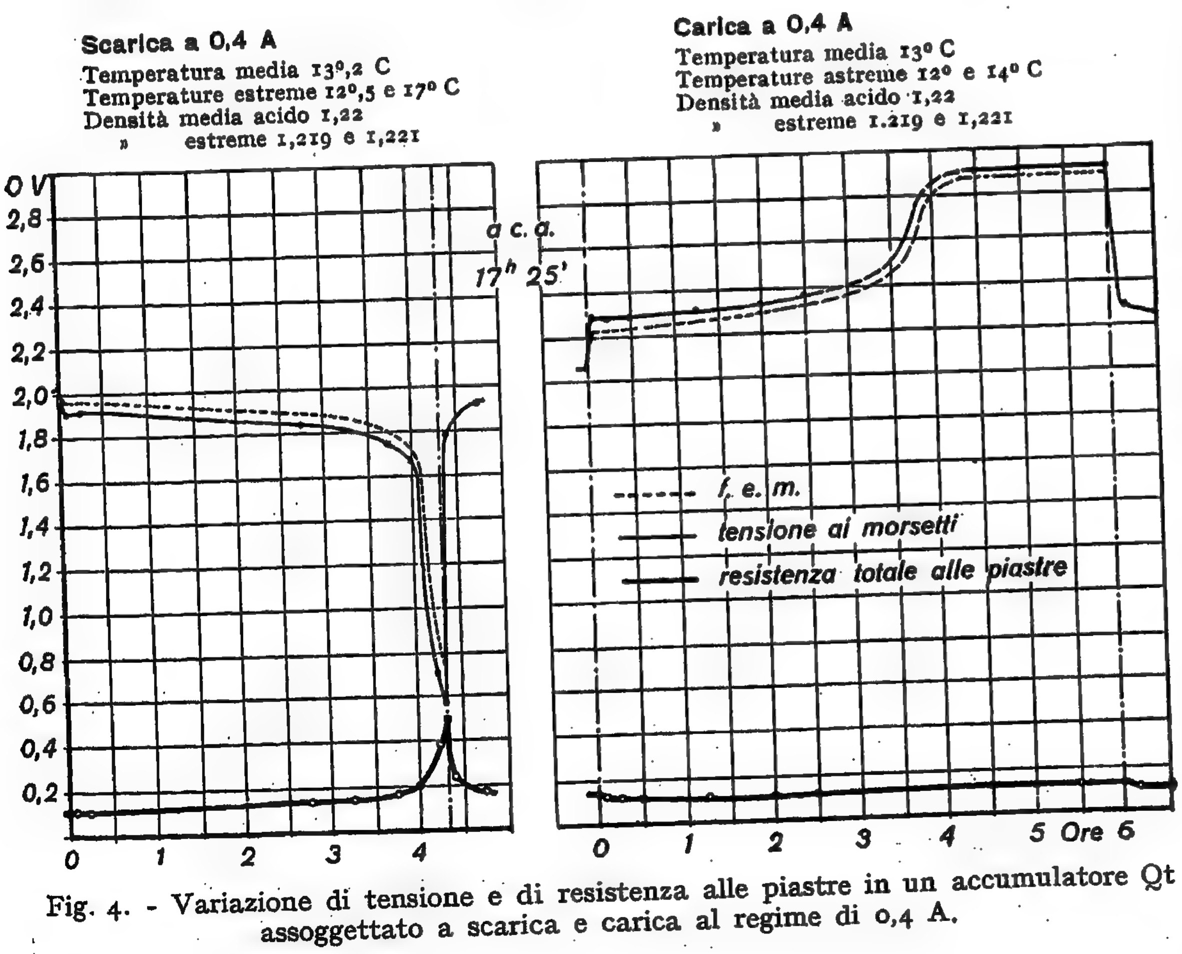


Fig. 4. - Variazione di tensione e di resistenza alle piastre in un accumulatore Qt assoggettato a scarica e carica al regime di 0,4 A.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI.

Comportamento dell'accumulatore in corso di scarica. — Appena l'accumulatore, dopo essere stato caricato a fondo, viene inserito in circuito di scarica, la sua f. e. m., come è noto, presenta un piccolo abbassamento, molto rapido: in altre parole le piastre subiscono una « polarizzazione » (intesa come « squilibrio elettrochimico »), analoga a quella dimostrata da ogni elettrodo attraversato da corrente, perchè le concentrazioni delle specie molecolari che partecipano alla reazione elettrochimica si « squilibrano », in relazione alla velocità di reazione

(1) Notiamo però — senza entrare ora nei dettagli della discussione, alla quale abbiamo accennato nell'introduzione — che la resistenza da noi misurata è la resistenza « attuale » o « differenziale », per cui il prodotto $(r_1 + \Delta r_1)\ i$ non rappresenta in realtà la vera caduta ohmica: per calcolare quest'ultima rigorosamente sarebbe necessario conoscere il valore della resistenza che abbiamo chiamato « virtuale » o « media ». Tuttavia la differenza non può essere apprezzabile, se non quando Δr_1 risulti grande rispetto a r_1, cioè in condizioni di sovrascarica.

richiesta (1). Come è noto il valore al quale si stabilizza la f. e. m. dopo il primo abbassamento, dipende dalla intensità di corrente erogata, risultando in generale più alto per correnti minori.

Scarica a 0,1 A
Temperatura media 14° 7 C
Temperature estreme 13° e 16°,5 C
Densità media acido 1,218
» astreme 1,217 e 1,22.

Carica a 0,1 A
Temperatura media 13° 8 C
Temperature estreme 12° 6 e 15° C
Densità media acido 1,218
» estreme 1,217 e 1,22.

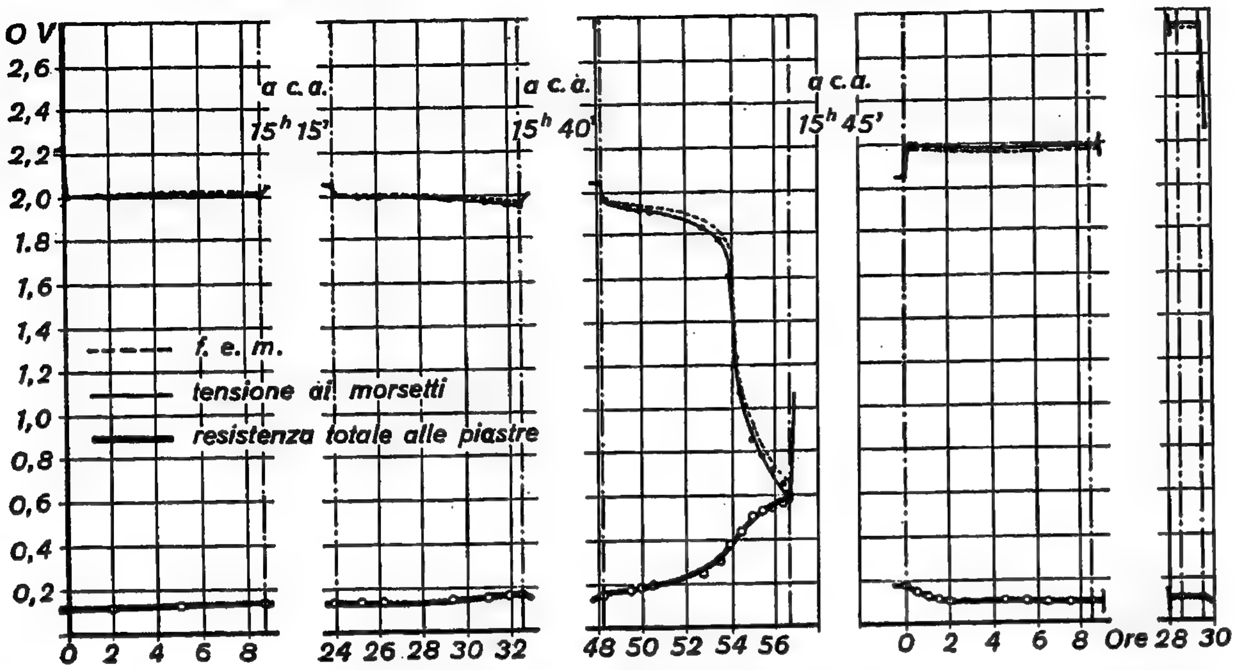


Fig. 6. - Variazione di tensione e di resistenza alle piastre in un accumulatore Qt assoggettato a scarica e carica al regime di 0,1 A.

Così ad esempio a circuito chiuso, dopo 5' di scarica noi abbiamo riscontrati i seguenti ordini di grandezze nei valori delle f.e.m.:
a 0,4 A: $E = 1{,}98 \div 1{,}96$; a 0,25 A: $E = 2{,}01 \div 1{,}98$; a 0,1 A: $E = 2{,}02 \div 2$.

Il valore dell'abbassamento iniziale invece dipende, come è ovvio, anche dall'intervallo di riposo trascorso dalla fine della carica, perchè la f. e. m. iniziale risulta determinata dalla concentrazione dell'acido rimasto ad impregnare le piastre e quindi diminuisce durante il riposo, per effetto della diffusione. D'altra parte la variazione di concentrazione dell'acido nelle piastre caricate influisce in misura assai più notevole sulla f. e. m. che non sulla resistenza, perchè attorno al massimo della conduttività: infatti l'abbassamento della f. e. m. non trova riscontro in nessuna variazione notevole di resistenza: si nota però talora una lieve diminuzione, che si può attribuire alla diminuzione di concentrazione dell'acido, poichè nelle piastre da poco caricate la concentrazione può risultare superiore al punto di minima resistività.

La diminuzione di resistenza si nota principalmente quando la f. e. m. iniziale è piuttosto alta: così ad esempio in un caso in cui E iniziale era uguale a 2,23 V, r_i diminuì di 0,003 ohm: tuttavia nella maggior parte delle misure r_i non accusò variazioni apprezzabili.

Man mano la scarica procede la tensione discende lentamente ed in corrispondenza la resistenza subisce aumenti graduali di piccola entità, finchè la tensione non accenni a « cadere » rapidamente.

Così per dare alcuni esempi: dopo 1h e 30', a 0,4 A, si ebbe in un caso $\Delta E = -0{,}02$, e Δr_i appena 0,009; dopo 9h, a 0,1 A, $\Delta E = -0{,}03$, $\Delta r_i = 0.009$.

(1) Per effetto della carica — specie se molto spinta — la concentrazione del solfato di piombo (e quindi degli ioni Pb^{++}) può fors'anche essere discesa al disotto del valore di saturazione, ciò che comporta una maggiore f. e. m. Ai primi istanti della scarica poi, causa la mancanza di cristalli preesistenti, il solfato che va formandosi può soprasaturarsi (in relazione anche alla diminuita solubilità nell'acido più diluito: DOLEZALEK: loco cit., pag. 93), ciò che spiegherebbe la presenza del minimo di f. e. m., talora riscontrato — il così detto « colpo di frusta ». — Ritorneremo sull'argomento per una discussione più approfondita nella III parte del lavoro.

In questo periodo, interrompendo il circuito, la tensione, come è noto, si « ristabilisce » leggermente, mentre la resistenza non accusa — o presenta soltanto in minima misura — il fenomeno di « ristabilimento » (1). Noi crediamo che tale comportamento si possa spiegare attribuendo il piccolo aumento osservato di r_i alla formazione del solfato alle piastre, mentre la diluizione dell'acido che impregna quest'ultima, essendo relativamente piccola, e compresa in prossimità della regione di massima conducibilità, non comporta variazioni notevoli di resistenza.

Procedendo nella scarica si giunge al cosidetto « gomito », dove la curva della tensione incomincia a incurvarsi: la resistenza allora presenta incrementi assai più notevoli. *È caratteristico il rapido aumento della* r *verso la fine della scarica normale.*

Così in una scarica a 0,1 A, dopo 19 h 30', Δr_i è appena 0,07, ma dopo 21 h 45' è già 0,14, tre quarti d'ora dopo è 0,19, la tensione avendo rispettivamente i valori: 1,9, 1,84, 1,78; nelle ultime tre ore la resistenza è aumentata più che non nelle prime 19.

Spingendo ulteriormente la scarica a fondo, la resistenza raggiunge in breve valori relativamente altissimi:

Ad esempio scaricando con 0,4 A, dopo 3h 15' ($V = 1{,}81$) $\Delta r_i = 0{,}03$, tre quarti d'ora dopo Δr_i si è triplicato a 0,09, la tensione essendo caduta a 1,675; continuando ancora la scarica, in appena 15' ($V = 0{,}71$) $\Delta r_i = 0{,}28$. In altri esempi: a 0,25 A di scarica, dopo 5 h, $V = 1{,}82$ e $\Delta r_i = 0{,}10$, quindi in 15' $V = 1{,}70$ e Δr_i si è raddoppiato a 0,2, in altri in 15' $V = 0{,}85$, e Δr_i ha raggiunto 0,31, quindi 5' sono stati sufficienti per portare Δr_i a 0,38 (V essendo sceso a 0,78). Con 0,1 A, dopo 20 h $V = 1{,}90$ e $\Delta r_i = 0{,}08$, dopo altre 2 h 30' $V = 1{,}78$ e $\Delta r_i = 0{,}19$, quindi in un'ora Δr_i è salito ulteriormente a 0,44, mentre V è precipitato a 1,08.

E così via: ogni qual volta la tensione cade a valori bassi, la resistenza sale a valori alti: in una esperienza con 0,25 A a $V = 0{,}436$ corrisponde $\Delta r_i = 0{,}75$; in un'altra con 0,1 A a $V = 0{,}72$ corrisponde $\Delta r_i = 0.63$ ecc.

Nelle scariche molto spinte si è notato come l'abbassamento di tensione, dopo una caduta rapida fin verso 0,8 V, va quindi notevolmente rallentandosi, dando luogo ad un « gradino » nella curva.

Così in una scarica a 0,25 A, la tensione dopo essere caduta in 25' da 1,68 a 0,71 V, impiega 30' per abbassarsi ulteriormente a 0,42; in un'altra a 0,1 A mentre in 1h si passa da 1,62 a 0,86 V, in ulteriori due ore si scende soltanto a 0,58.

In corrispondenza al « gradino » della f. e. m., anche l'aumento di resistenza sembra talora subire un rallentamento.

Così nell'ultima esperienza ora citata, mentre alla prima caduta di tensione corrisponde un aumento di 0,13 ohm, al « gradino » soltanto 0,088.

Tale rallentamento non si presenta però evidente in tutte l esperienze (cfr. parte terza di questo lavoro).

Come dimostrano le nostre misure successive, il « gradino » è da attribuirsi alle piastre positive. Infatti nel nostro caso l piastre negative posseggono una capacità superiore alle positive e per ciò la tensione totale da noi misurata segue l'andamento delle piastre positive. La natura di tale « gradino

(1) Talora, anzi, dopo molte ore di riposo si notò un piccolo aumento di resistenza che, quando non è dovuto ad abbassamento di temperatura, si può attribuire alla solfatazione parassita del piastre, avvenuta nel frattempo. Così in un'esperienza, dopo eseguita una scarica di 8 h a 0.1 A ($V = 2.05$; $r_i = 0{,}156$), il riposo successivo di 15 h ha provocato un'aumento di 0,024 Ohm ($V = 2{,}05$, $r_i = 0{,}1$

verrà ulteriormente discussa in un lavoro su determinazioni gravimetriche attualmente in corso in questo Laboratorio.

Ad ogni modo in questo periodo si deve verificare un relativo rallentamento nella diluizione dell'acido che impregna le piastre, perchè le reazioni che forniscono l'energia non corrispondono più a « solfatazione » delle piastre positive, come dimostrano le esperienze gravimetriche.

Nel periodo in cui la resistenza comincia a crescere con maggior rapidità, in corrispondenza al maggior abbassamento della tensione — cioè verso la fine della scarica utile — una interruzione nella scarica provoca in un tempo più o meno lungo un abbassamento e cioè un « ristabilimento » nella resistenza. Il tempo dipende dalla velocità con la quale l'acido penetra in profondità in tutti i pori delle piastre.

La differenza di concentrazione che necessariamente si determina alle varie profondità deve provocare la comparsa di « coppie locali », le quali facilitano la diffusione, però comportano pure formazione di solfato nelle parti più superficiali.

Ad ogni modo la velocità di diffusione dell'acido dipende dalla sezione dei pori e dal gradiente di concentrazione: il solfato che si forma nella scarica e si sostituisce alla materia attiva, causa la sua minore densità, viene a restringere la sezione libera dei pori: probabilmente per questa ragione il ristabilimento della resistenza risulta più lento quando il regime della scarica è a debole intensità (perchè in questo caso *a parità di tensione*, si è formata una quantità maggiore di solfato, a maggiore profondità). Per la stessa ragione quando si scarica a fondo una piastra, raggiungendo valori molto alti di r_1, il ristabilimento si fa più lento e talora per solfatazioni eccessive viene a mancare.

Il fenomeno corrisponde al noto « ristabilimento » della tensione ed è via via più marcato al proseguire della scarica.

Così in un'esperienza a 0,14 A, dopo 9 h di scarica la resistenza essendo 0,127 ($\Delta r_1 = 0{,}011$, $V = 2{,}06$), 15 h di riposo non portano nessuna variazione di resistenza, ma dopo altre otto ore e mezza di scarica, r_1 essendo salita a 0,165 ($\Delta r_1 = 0{,}047$, $V = 1{,}958$), 15 h di riposo provocano una piccola diminuzione da 0,165 a 0,163 (non ostante una piccola diminuzione di temperatura da 16°,5 a 13°).

La tensione si ristabilisce in tempo relativamente breve rispetto alla resistenza, in relazione al grado di scarica e di solfatazione delle piastre. Questo dipende dal fatto che per far aumentare il valore della tensione non è necessario che l'acido riprenda un buon contatto con la materia attiva in *tutti i pori ed in profondità*, la qual cosa influisce invece essenzialmente sul valore della resistenza.

Quando la scarica è più prolungata il « ristabilimento » è assai più pronunciato.

Un accumulatore scaricato al regime di 0,25 A, sino a $V = 1{,}72$ presenta $r_1 = 0{,}188$: in 5' di riposo r_1 tende a 0,153, in 64 h a 0,127 (mentre inizialmente $r_1 = 0{,}115$). Alla fine di una scarica eccessivamente spinta a 0,4 A ($V = 0{,}71$) $r_1 = 0{,}395$, in 5' di riposo scende a 0,241, in 20' a 0,179. Dopo una scarica a 0,25 A, $V = 0{,}247$, $r_1 = 0{,}596$: interrompendo il circuito, in 30' $r_1 = 0{,}54$, dopo 15 h è 0,234. A 0,1 A, per $V = 0{,}72$, $r_1 = 0{,}758$, in 10' r_1 non è variato, ma dopo 15 h è sceso a 0,318.

In tutte questi esempi risulta evidente l'influenza della solfatazione spinta sul tempo richiesto dal ristabilimento.

In generale noi abbiamo riscontrato che la resistenza, anche dopo aver raggiunti valori assai alti, riprende, per il semplice riposo — purchè sufficientemente prolungato — valori di poco superiori a quelli iniziali, cioè uguali o di poco inferiori a quelli che si riscontrano alla fine della scarica normale. In generale la differenza tra il valore ristabilito e quello iniziale dipende dal regime di scarica — essendo maggiore alle intensità più piccole, causa la maggiore solfatazione (come si vede bene dagli esempi riportati) — e naturalmente dal grado di sovrascarica, perchè l'eccessiva solfatazione dovuta a scarica troppo spinta, comporta un aumento di resistenza.

Così per es., in una scarica a 0,4 A, r_1 vale inizialmente 0,111, alla fine della scarica ($V = 0{,}71$) esso vale 0,395, ma dopo 17 h di riposo è ritornato 0,14. In un'altra scarica a 0,1 A, il valore iniziale era 0,118, alla fine della scarica 0,30 e dopo 15 h di riposo 0,18. Così ancora in una scarica a 0,25 A, prolungata sino a $V = 1{,}72$ la resistenza inizialmente uguale a 0,109 si è ristabilita a 0,127, e scaricando ulteriormente a fondo è ritornata con il riposo a 0,137.

In media una scarica normale fa aumentare la resistenza delle nostre piastre di circa tre centesimi di ohm (cioè circa 0,55 ohm/cm²).

Questo comportamento dimostra in modo evidente come i forti aumenti di resistenza riscontrati verso la fine della scarica siano dovuti in generale alla stessa causa per cui la tensione dell'accumulatore cade, cioè alla diluizione eccessiva dell'acido nell'interno delle piastre.

La formazione elettrochimica del solfato comporta anch'esso un aumento di resistenza probabilmente perchè il solfato ottura, come si è detto, i pori, diminuendo la superficie di contatto tra piastre ed elettrolita, ostacolando all'acido l'accesso nell'interno delle piastre, — come si è riscontrato nel periodo in cui la tensione si conserva alta e non si ha quasi « ristabilimento » — ma tale aumento non è molto grande relativamente a quello provocato dalla diluizione dell'acido.

Infatti nella carica la resistenza si abbassa rapidamente, presumibilmente perchè l'acido che si va formando impregna le piastre in profondità e quindi la presenza del solfato, non ancora ridotto, non può esercitare più influenza apprezzabile.

Se però la scarica viene prolungata troppo a fondo, o per qualche altra causa l'accumulatore si « solfata » in modo eccessivo, la presenza di solfato — proveniente per cristallizzazione da quello elettrochimico, oppure formatosi direttamente per via chimica — può comportare un aumento notevolissimo di resistenza; mentre contemporaneamente si riduce il fenomeno di « ristabilimento ».

Noi abbiamo infatti riscontrato valori anormalmente elevati della resistenza, anche dopo lungo periodo di riposo dopo la fine della scarica. Ad es.: nella scarica (fig. 5) a 0,25 A con r iniziale = 0,118, scaricando fino a $V = 0{,}436$, r è salito a 0,873 e dopo 41 h 30' di riposo, pur avendosi un certo ristabilimento, r si è conservato ancora a 0,63 ohm. In altri casi pur riscontrandosi aumenti meno notevoli, si nota ancora in modo netto lo stesso fenomeno: così per una scarica prolungata fino a $V = 0{,}72$, la resistenza — inizialmente 0,14 — è salita fino a 0,76 e dopo 15 h di riposo si è ristabilita soltanto al valore di 0,318 e così via.

Pertanto, in linea generale, *a parità di* Ah *erogati*, la resistenza interna di un accumulatore deve subire aumenti più grandi quando l'intensità di corrente è più forte, avendosi maggiore diluizione di acido nelle piastre, per cui anche la f. e. m. risulta minore; mentre, *a parità di f. e. m.*, la resistenza risulterà maggiore ai regimi meno intensi, causa la maggior quantità di solfato formatosi: infatti ai regimi meno intensi la capacità risulta maggiore e la f. e. m. diminuisce più lentamente.

Benchè risulti difficile comparare i risultati da noi ottenuti in scariche diverse, spinte eccessivamente, in grado differente, pure la regola pare verificata anche dalle nostre misure (1).

Inoltre se le nostre deduzioni sono esatte, la resistenza alla piastra positiva dovrà presentare aumenti assai più elevati che alla negativa, causa la maggior diluizione dell'acido.

Infatti secondo la teoria della doppia solfatazione, alla positiva si ha formazione di acqua e quindi, nonostante la migrazione elettrolitica di una parte dell'acido (sotto forma di joni H^+), la diluizione risulta circa 1,6 volte quella della negativa.

Questa considerazione ci ha indotti ad eseguire separatamente misure delle variazioni di resistenza alle due piastre, le

(1) Cfr. il diagramma costruito con i valori ottenuti nelle misure eseguite separatamente sulle piastre positive (parte II).

quali hanno confermato pienamente le previsioni, come diremo nella seconda parte del lavoro.

Comportamento dell'accumulatore in corso di carica. – Le considerazioni svolte ci permettono ora di interpretare facilmente il comportamento che si riscontra in corso di carica. Il piccolo aumento di resistenza alle piastre scaricate, che persiste normalmente anche dopo un lungo riposo, subisce immediatamente all'inizio della carica, una prima diminuzione in corrispondenza al rapido innalzamento della f. e. m.

Ad es. (fig. 4) in una carica a 0,4 A, in 5' la resistenza si abbassa da 0,14 a 0,127 (mentre V passa da 2,06 a 2,28); in un'altra (fig. 6) a 0,1 A da 0,182 scende in 15' a 0,165 (V passa da 2,06 a 2,20) ecc.

La causa va ricercata nella formazione di acido nell'interno della piastra, per cui il gradiente di concentrazione subisce un'inversione. La resistenza continua quindi in generale ad abbassarsi in modo abbastanza rapido, fino a raggiungere in tempo relativamente breve il valore minimo iniziale.

La diminuzione della resistenza alle piastre durante la carica risulta così in generale più rapida che non l'aumento determinatosi durante la scarica, come si vede bene ad esempio nelle figure 4 e 6.

È probabile che questo sia dovuto come si è detto all'acido che si forma nell'interno dei pori, e riesce facilmente ad impregnare la lastra, ristabilendo un contatto perfetto con la materia attiva, nonostante la presenza del solfato non ancora ridotto.

Quando però le piastre siano eccessivamente solfatate, la resistenza conserva valori alti nonostante un prolungato riposo ed allora la diminuzione della resistenza stessa durante la carica può avvenire in modo più lento, dovendosi distruggere il solfato (ricristallizzato o chimico) che protegge la materia attiva da un buon contatto con l'acido. Questo si vede ad esempio nella fig. 5, che corrisponde ad un caso di forte solfatazione delle piastre. Anche in questo caso però la resistenza riprende un valore costante, uguale a quello presentato inizialmente prima della scarica, senza che tutto il solfato presente sia già stato ridotto e cioè presumibilmente appena l'acido è ritornato in tutti i pori in buon contatto con la materia attiva.

Il tempo di carica richiesto perchè la resistenza ritorni ai valori iniziali, dipende, come già abbiamo visto per i fenomeni di ristabilimento, in modo complesso da vari fattori, dovendosi distruggere quella parte di solfato che impedisce il buon contatto fra piastra ed acido, ciò che avviene più o meno rapidamente secondo la natura e le modalità di formazione del solfato.

Un esempio caratteristico di maggior tempo richiesto per il ritorno della resistenza ai valori normali ci è offerto da una esperienza a 0,25 A: 8 h di scarica hanno portato la lastra a $V = 0{,}25$ e $r = 0{,}596$, dopo 9 h di riposo, r è appena a 0,541, all'inizio della carica essa è ancora a 0,234, dopo 2 h e 15, di carica è sempre 0,216, e soltanto dopo 5 h essa è ritornata a 0,115, che è il valore normale. In un altro caso dopo una scarica a 0,1 A, prolungata sino a $V = 0{,}72$, la resistenza è cresciuta a 0,758, si è ristabilita con il riposo soltanto a 0,318, è scesa durante la carica assai lentamente: precisamente dopo un'ora a 0,302, dopo 8 h a 0,286, dopo 24 h a 0,199 e dopo 32 h a 0,172. Qui la solfatazione deve essere stata così profonda che nemmeno con sovrascarica è stato possibile distruggere tutto il solfato che ostruisce i pori più profondi.

Il tempo necessario perchè la resistenza si ristabilisca ai valori iniziali non è infatti semplicemente proporzionale all'entità della diminuzione che la resistenza deve subire.

Così nell'esempio della fig. 5 la resistenza all'inizio della carica presenta ancora un valore assai alto (di 0,63 ohm) e tuttavia diminuisce subito gradualmente, mentre nell'esempio riferito in precedenza, benchè il valore iniziale sia soltanto 0,234 ohm, stenta assai più ad abbassarsi. Occorre però notare che in quest'ultimo esempio le piastre all'inizio della scarica precedente presentavano già una resistenza assai elevata — di 0,216 invece dei 0,11 ohm normali — ciò che sembra indicare una profonda solfatazione avvenuta a riposo per fenomeni secondari, per ossidazione diretta delle piastre ecc., Ciò spiega la diversa natura e quindi il diverso tempo di riduzione del solfato: l'aumento dovuto alla scarica immediatamente precedente si annulla infatti in modo relativamente rapido, mentre assai più lenta risulta la riduzione del solfato preesistente, che aveva provocato l'eccesso anormale di resistenza, già anteriormente alla scarica.

In ogni caso, come appare dai diagrammi allegati, l'andamento della resistenza in corso di carica non risulta più così strettamente legato all'andamento della f. e. m., come in corso di scarica. Infatti non vi è più coincidenza completa di cause che determinano i valori delle due grandezze.

Esaminando l'andamento della tensione ai morsetti dell'accumulatore in corso di carica, si vede come dopo il primo aumento, già ricordato, dovuto all'aumento di concentrazione dell'acido nei pori della piastra e a tutti i fenomeni di squilibrio che accompagnano il passaggio della corrente, essa presenti in generale una diminuzione, attribuita per lo più alla diminuzione della resistenza interna dell'accumulatore (1): in realtà la diminuzione della resistenza ha certamente influenza sulla tensione ai morsetti, come lo dimostrano le nostre misure, però anche la f. e. m. — da noi calcolata tenendo conto della caduta ohmica interna — la quale non dipende più dalla resistenza interna dell'accumulatore, presenta, benchè in modo meno pronunciato, lo stesso andamento (2).

Così in una carica a 0,1 A dopo 30' $V = 2{,}20$, $E = 2{,}19$; dopo un'ora $V = 2{,}19$, $E = 2{,}18$, dopo due ore $V = 2{,}185$ $E = 2{,}174$, e soltanto dopo essersi ulteriormente abbassati di qualche millesimo di V ancora, i valori riprendono a salire. In un altro esempio alla stessa intensità di corrente, la tensione ai morsetti, che dopo 15' era 2,22, è scesa fino a 2,19 dopo 8 h e la f. e. m. da 2,188 a 2,162.

In un'altra esperienza a 0,25 A: dopo 15' $V = 2{,}42$, $E = 2{,}28$, mentre dopo tre ore $V = 2{,}25$ e così via.

Il fenomeno si può forse attribuire a variazioni nella concentrazione del solfato di piombo; infatti in un primo istante, causa la brusca variazione di concentrazione dell'acido contenuto nell'interno delle piastre, la concentrazione può risultare inferiore a quella di saturazione, il solfato di piombo si scioglie maggiormente in acido più concentrato, per cui, concentrandosi questo nell'interno delle piastre nei primi istanti della carica, una certa quantità di solfato deve entrare in soluzione. Richiedendosi, d'altra parte, un certo tempo per stabilirsi l'equilibrio di saturazione, la f. e. m. può dapprima crescere ad un valore superiore a quello di equilibrio, per riprendere quindi a diminuire, quando si raggiunge la saturazione del solfato (3). Inoltre il solfato a contatto con l'acido può presentare — sopratutto se le piastre sono alquanto « solfatate » — una solubilità minore (4) perchè « ricristallizzato » in cristalli più grossi; quindi, riducendosi questo nel primo periodo della carica, viene ad affiorare il solfato sottoposto, più fine, formatosi direttamente per via elettrolitica, il quale è più solubile e più facilmente riducibile.

Effettivamente l'abbassamento in questione della f. e. m. in corso di carica, sembra essere più sentito per lastre più solfatate, come si vede ad esempio nella fig. 5.

(1) Così i testi più volte citati di DOLEZALEK, VINAL, ecc.

(2) Devesi tuttavia notare che la f. e. m. è stata da noi calcolat[a] mediante i valori da noi misurati, che corrispondono alla resistenz[a] virtuale, anzichè alla resistenza media (cfr. introduzione, N. 1 quest[a] Rivista 1931).

(3) Il fenomeno risulterebbe così inverso a quanto può suppor[si] avvenga nel « colpo di frusta », durante la scarica.

(4) È noto che il fenomeno di « solfatazione » consiste precis[a]mente nella formazione di cristalli più grossi di solfato, meno solubi[li] e meno riducibili. Naturalmente il processo di ricristallizzazio[ne] deve cominciare per quei grani di solfato che sono più in superfici[e] in contatto più facile con il liquido e quindi la solubilità del solfa[to] nel liquido stesso — anche astraendo da fenomeni di squilibrio [di] saturazione — va diminuendo per effetto della ricristallizzazione s[u]perficiale.

Alla fine della carica poi la tensione aumenta, in relazione alla diminuita quantità di solfato di piombo, poichè la riduzione deve procedere a profondità sempre maggiori: la concentrazione degli ioni Pb^{++} nel liquido diminuisce, cresce il salto di potenziale e quindi aumenta la quantità di ioni H^{+} e OH^{-} che debbono scaricarsi rispettivamente sulle piastre per equilibrare in ogni istante la tensione di scarica degli joni in soluzione, finchè, raggiungendosi il potenziale di scarica corrispondente, comincia a svilupparsi il gas.

La resistenza accusa talora a questo punto un lieve aumento che si può attribuire alle bolle gassose che si interpongono al contatto con l'acido, come già aveva notato Boccali (1).

Così alla fine di una carica a 0,4 A, r presenta un valore di 0,121. Scuotendo la lastra, oppure interrompendo la corrente, essa ridiscende a 0,109. In una carica a 0,1 A la resistenza da 0,159 è risalita, in causa dello sviluppo gassoso, a 0,175, per ridiscendere a 0,165 interrompendo la carica.

Qui si rende manifesto anche l'influenza della maggiore concentrazione dell'acido rimasto nei pori, per cui la resistenza può risultare lievemente aumentata. Infatti la concentrazione per effetto della carica sale a valori superiori al massimo di conduttività. Questa influenza è citata anche da Jumau (1).

Conclusione.

Noi possiamo pertanto ritenere che la resistenza alle piastre di un accumulatore a piombo dipende massimamente dall'acido a contatto con la materia attiva nell'interno delle piastre, cioè in altre parole dallo strato per così dire « intermedio » di acido, che impregna le piastre e viene a contatto con la materia attiva nella profondità dei pori. Essa risente quindi essenzialmente delle variazioni dell'acido stesso.

La formazione di solfato di piombo comporta un aumento di resistenza in quanto ostacola l'accesso dell'acido nei pori delle piastre stesse, e restringe la superficie di contatto tra l'elettrolita e la materia attiva. Mentre il solfato formatosi per via elettrochimica esercita in misura limitata questa influenza, il solfato a grossa cristallizzazione che si forma in seguito alla così detta « solfatazione » delle piastre può comportare aumenti notevolissimi di resistenza.

(1) Loc. cit.

In corso di scarica la resistenza segue pertanto, in linea generale, l'andamento della f. e. m.: presenta un rapido aumento alla fine della scarica in corrispondenza alla caduta della tensione, e il fenomeno di « ristabilimento » per interruzione della scarica, da attribuirsi alle stesse cause come per la tensione.

In corso di carica invece la resistenza riprende rapidamente i valori più bassi, causa la formazione di acido nell'interno delle piastre, mentre la f. e. m. continua a salire per altre cause.

In conclusione per un'accumulatore carico, in buone condizioni, la resistenza alle piastre risulta molto piccola, essa cresce leggermente con il procedere della scarica, raggiungendo alla fine della scarica utile valori dell'ordine di 0,5 ohm/cm² (1), ma sopratutto subisce, come si è detto, aumenti notevolissimi, anche dieci e più volte superiori, qualora si prolunghi la scarica oltre il periodo normale. Infine tutti i dettagli riscontrati durante il funzionamento dell'accumulatore sembrano trovare spiegazione soddisfacente nel quadro della teoria della doppia solfatazione, per cui si può affermare che queste esperienze valgono ulteriormente a costituire una conferma indiretta della teoria stessa.

Ernesto Denina
Arturo Frates
Laboratorio di Elettrochimica e Fisico-Chimica
R. Scuola di Ingegneria di Torino

(1) I valori che si ottengono moltiplicando gli aumenti sperimentalmente misurati, per la superficie delle piastre si aggirano da alcuni decimi a qualche ohm/cm². Questi valori hanno soltanto significato come « ordine di grandezza », poichè, per quanto abbiamo ripetutamente detto, la resistenza alle piastre risulta maggiore dopo una scarica lenta, che interessa profondamente le piastre, minore nelle scariche rapide, essendo la capacità dell'accumulatore ben diversa nei due casi.

H. LEUCH

La continuità del servizio al lume della statistica [1]

A) INTRODUZIONE.

Son caratteristiche dell'esercizio elettrico la dipendenza esistente tra tutte le parti sotto tensione, la somiglianza del loro comportamento nell'esercizio, la rapidità con cui si trasmettono i cambiamenti di stato, il carattere totalitario di questi. L'elettrotecnica è una scienza; l'esercizio di una rete è invece piuttosto paragonabile ad un essere vivente, che non si lascia imprigionare in formule rigide. Per la continuità del servizio è di grandissima importanza che le parti dell'impianto divenute inservibili per l'esercizio vengano separate con la rapidità massima possibile dal resto della rete e ciò per la mutua dipendenza fra gli stati delle varie parti di una stessa rete e la rapidità con cui si fanno risentire in tutto l'impianto gli effetti di guasti anche di per sè irrilevanti. La grande estensione oggi raggiunta dai singoli impianti obbliga ad affidare a dispositivi di sicurezza la funzione di mettere fuori servizio le parti che si son rese difettose. Non è certo economicamente possibile provvedere ogni singolo organo dell'impianto (per es. ogni isolatore), di un proprio dispositivo di sicurezza che ne sorvegli lo stato di servizio; si suole quindi limitarsi a controllare in modo continuo durante l'esercizio, mediante adatti organi elettrici a grande sensibilità, parti intere di impianto (per es. gruppi di macchine, tratti di linee, ecc.). L'apparecchio di sorveglianza può avere soltanto il compito di segnalare al personale il guasto sopravvenuto oppure può provvedere a staccare automaticamente dal resto dell'impianto la parte difettosa. Nell'uno e nell'altro caso sarà però raramente possibile limitarsi a staccare esclusivamente la parte guasta in punti opportunamente predisposti e ciò senza turbare il resto dell'esercizio. Inattesi incidenti di questo genere nell'esercizio portano di regola con sè perturbazioni nella continuità del servizio, che a seconda del guasto prodottosi, dell'estensione e dell'importanza della parte dell'impianto o della zona della rete colpita provocano dei danni più o meno gravi di natura tecnica ed economica. La meta ideale per coloro che sono addetti all'esercizio consiste nel far in modo che il servizio proceda senza interruzioni o variazioni inattese: ciò è giustificato dall'importanza funzionale oggi assunta dall'energia elettrica nelle sue applicazioni per illuminazione, forza motrice e riscaldamento. Naturalmente son cresciute, col diffondersi dell'elettricità, anche le pretese di natura qualitativa dei consumatori e fra queste prende posto, entro i limiti fissati da regolamenti e contratti, anche la continuità della fornitura di energia.

Finchè non riesca possibile di condurre l'esercizio praticamente senza pertubazioni, è compito del dirigente dell'azienda dedicare la massima attenzione alla continuità e studiare con cura tutti i casi in cui essa è stata interrotta. Soltanto in questo modo sarà possibile scoprire i punti deboli dell'impianto. Essi sono in generale molto diversi da impianto ad impianto; si rendono quindi necessari mezzi speciali di ricerca, che permettano di vagliare tutte le influenze interne ed esterne e valutare quali fra di esse si ripetono or qui or là con particolare frequenza od in forma molesta. Ciò conduce ad istituire indagini sulla frequenza delle cause, sulla dipendenza fra condizioni naturali e ripercussioni tecniche e su motivi che dipendono in modo particolare dalle abitudini di vita della popolazione.

Il controllo statistico continuo dell'esercizio per quanto riguarda la produzione e la tecnica della vendita è già applicato correntemente dalle aziende elettriche. Meno diffuse sono invece le statistiche sulla continuità del servizio. Molte imprese sogliono, è vero, fare nelle loro relazioni annuali un elenco dei casi in cui è stata interrotta la continuità del servizio. L'indicazione delle cause è però spesse volte di carattere molto generico od incompleta, cosicchè non è per lo più possibile trarne conclusioni convincenti. Molto frequentemente il numero dei casi riportati è così esiguo, che non può ritenersi soddisfatta neppure approssimativamente la legge dei grandi numeri. Accade talora che ad un esame più accurato risulti che gli elementi su cui i dati riportati si fondano non sono degni di fiducia oppure sono insufficienti; spesso anche non vi è uniformità di criterio nel valutare casi diversi. Succede così che i dati non siano utilizzabili per istituire confronti tra impresa ed impresa sulla durata, l'estensione e l'importanza delle perturbazioni dell'esercizio.

Il numero di esposizioni sintetiche sulla continuità del servizio che è dato trovare nella letteratura tecnica è molto scarso; inoltre tali esposizioni non escono in generale dalla penna di uomini addetti all'esercizio e non perseguono quindi lo scopo di analizzare da un punto di vista generale l'esercizio, ma son destinate a servire di dimostrazione per ricerche specifiche. Esse hanno tuttavia la forma di statistiche, segno questo che tale strumento di indagine si è ormai introdotto anche in questo campo.

L'etimologia della parola « statistica » è latina: *Status*. Gli uomini di Stato sentirono già presto il bisogno di orientare la loro politica estera basandosi sulle risorse e le condizioni interne degli altri Stati. In origine le statistiche si applicarono innanzitutto alle condizioni nazionali, che era possibile fissare in cifre e condensare in tabelle, opportunamente disposte. Oggi però la statistica è diventata uno strumento di uso generale nell'industria, nel commercio, nei trasporti, anzi si può affermare in tutti i campi di attività, per mantenersi informati sulla natura, l'importanza e lo sviluppo sia delle attività umane che dei fenomeni naturali. Scopo della statistica è, a seconda del metodo di rilievo dei dati e di elaborazione di questi, l'analisi di un determinato oggetto, sia una volta tanto che in modo continuativo. Perchè essa raggiunga lo scopo, occorre che si basi su dati reali e sia costruita correttamente. Si può dire che le statistiche siano delle rappresentazioni scientifiche, con le quali si pongono in evidenza delle circostanze, che la complessità dell'oggetto non permette di riconoscere con l'esame diretto. Talvolta si istituiscono anche statistiche per studiare determinati avvenimenti e stabilire la loro frequenza e ricorrenza periodica. Tutti i fenomeni, che non sono soggetti ad alcuna legge oppure per i quali non si conosce la legge cui obbediscono, inoltre quei fenomeni il cui verificarsi o non verificarsi dipende da fattori non determinabili a priori, infine le conseguenze delle abitudini umane, costituiscono argomenti di indagine statistica. Nell'analisi di rapporti causali ignoti la statistica se è fatta con serietà può rendere dei servizi preziosi; essa manca però allo scopo se costruita artificialmente per dimostrare una tesi preconcetta. La statistica non può essere fine a sè stessa: essa non fa che indicare la via da seguire e deve essere accompagnata da spiegazioni esaurienti sul modo come è stata costruita.

B) COMPITI E FINI DELLA STATISTICA DELLE PERTURBAZIONI.

I dirigenti di quelle fra le imprese per la produzione, il trasporto e la distribuzione di energia elettrica che sono bene organizzate sogliono di quando in quando rendersi conto delle cause che perturbano maggiormente la continuità del loro esercizio, sia per quanto riguarda la frequenza che la gravità delle

(1) Dal *Bulletin A. S. E.*, 1930, N. 24.

interruzioni. Essi perseguono così facendo lo scopo di migliorare la bontà del servizio col prendere delle misure atte ad eliminare le cause perturbatrici più moleste. Non ultimo tra i moventi a tale riguardo son da considerarsi le preoccupazioni di indole economica. È bensì vero che in generale le imprese non assumono responsabilità per i danni presunti o reali arrecati agli utenti dalle perturbazioni dell'esercizio; non bisogna però d'altra parte nascondersi che, particolarmente in certe industrie, tali danni possono essere rilevanti e superare notevolmente in valore la minor quantità di energia venduta. Le perturbazioni dell'esercizio non presentano vantaggi per nessuno, ma provocano in generale soltanto dei danni. È quindi nell'interesse sia del venditore che del compratore di energia, che le perturbazioni improvvise dell'esercizio siano di durata brevissima o si verifichino in quei periodi, in cui risulta minimo il danno economico causato ad ambedue i contraenti.

È stato in passato già discusso il problema se fosse opportuno ricavare un indice, che permettesse di confrontare la continuità del servizio di imprese diverse. Ciò che fa sentire il bisogno di un tale indice è probabilmente il desiderio di migliorare il servizio agendo sullo stimolo dell'emulazione. Gravi difficoltà si oppongono però a questi tentativi; non esiste oggi difatti ancora un indice della bontà del servizio di un'impresa, che permetta di stabilire dei confronti tra imprese diverse quando si tenga nel debito conto la grande varietà di condizioni esistente tra impresa ed impresa, sia per quanto riguarda la loro struttura interna che la gravità delle conseguenze delle perturbazioni dell'esercizio. Il fattore di sicurezza valevole per un anno determinato perchè possa essere veramente caratteristico, dovrebbe venir valutato in relazione ai perfezionamenti tecnici introdotti; è evidente che si mancherebbe allo scopo di ottenere grandezze confrontabili, se imprese di piccole dimensioni venissero a questo riguardo parificate ad altre maggiori oppure non si tenesse il debito conto dell'entità delle riserve ecc. Se si riflette alla diversità delle condizioni a seconda del momento in cui la perturbazione si verifica, si giunge alla conclusione che è ben difficile poter abbracciare con una sola cifra comprensiva tutta la varietà dei casi reali.

D'altro canto però i dirigenti di imprese grandi e piccole desiderano di poter controllare di tanto in tanto la costanza del proprio esercizio ed approfondire la ricerca delle cause che tendono a peggiorarne le condizioni. Resta poi ad essi il compito di preparare le difese contro le perturbazioni future, nei limiti naturalmente dei risultati conseguiti nella ricerca suddetta, e migliorare così la continuità del servizio. È quindi importante disporre di un mezzo adatto per la sorveglianza della continuità del servizio; a tale scopo può servire una statistica opportunamente congegnata. Questo mezzo offre il vantaggio di essere già noto a vari reparti dell'impresa, che se ne servono per sorvegliare lo sviluppo tecnico e finanziario dell'azienda. La statistica delle perturbazioni non può adempiere alla funzione di fornire dei dati senz'altro confrontabili tra imprese diverse; essa permette invece di fornire a ciascuna impresa informazioni preziose su singoli fatti, che sfuggirebbero all'attenzione se si volesse esprimere al termine dell'anno la bontà del servizio in un numero indice, in un fattore di continuità. Perchè però la statistica possa dare risultati attendibili e scoprire i punti più deboli dell'impianto in relazione alla sicurezza di esercizio, occorre che essa sia opportunamente predisposta. Essa deve rispondere ad una serie di condizioni, se si desidera di poter raggiungere alcuni degli scopi prefissi, qui brevemente riassunti:

a) Nell'ambito di ciascuna impresa la statistica delle perturbazioni deve essere in grado di dare periodicamente e sinteticamente il numero massimo possibile di dettagli sulle cause e sulle conseguenze delle perturbazioni.

b) Dalla statistica delle perturbazioni devono risultare le cause e le conseguenze delle perturbazioni, sia singolarmente che nel loro complesso, con riguardo:

all'epoca dell'anno ed al periodo della giornata in cui hanno avuto inizio,
alla durata,
alle parti degli impianti colpite.

c) La statistica deve raggruppare automaticamente perturbazioni che si ripetono frequentemente in condizioni eguali od analoghe.

d) La statistica deve perseguire come scopo principale la ricerca delle eventuali deficienze tecniche od organizzative, che sono causa di perturbazioni oppure ne prolungano la durata.

e) La statistica deve poter mostrare se, entro intervalli di tempo abbastanza lunghi, la continuità nella fornitura di energia alle varie categorie di utenti (e ciò vale sia per la vendita all'ingrosso che per quella al minuto) è migliorata o peggiorata.

f) La confrontabilità immediata tra impresa ed impresa dei risultati finali è in qualche caso desiderabile, ma non costituisce lo scopo precipuo perchè la struttura tecnica, il tipo di servizio e l'importanza economica sono troppo diversi dall'una all'altra impresa.

C) Struttura del sistema di statistica.

Tenendo presenti gli scopi esposti nel capitolo precedente ed avendo riguardo alla varietà di condizioni sotto le quali si producono perturbazioni nell'esercizio, sorge la necessità di registrare le caratteristiche particolari delle perturbazioni, che si ritengono degne di menzione, seguendo un sistema che funzioni automaticamente ai fini della successiva elaborazione del materiale raccolto. Perchè si possa istituire una vera e propria statistica occorre naturalmente procedere ad una schematizzazione del materiale raccolto; ai fini della elaborazione la schematizzazione non deve però essere troppo spinta. Resta riservato a chi compie tale elaborazione leggere nei dati raccolti delle relazioni nascoste, che il metodo seguito per il rilievo del materiale non avrebbe *a fortiori* scoperto. Le norme da stabilire per il rilievo possono naturalmente prevedere una elaborazione sistematica soltanto secondo quelle direttive che *a priori* si prevede condurranno a scoprire correlazioni praticamente importanti.

Il sistema di rilievo dei dati non deve però essere troppo rigido; dovrà sempre essere possibile adattarlo facilmente alle nuove necessità, al momento opportuno, per es. alla chiusura dei singoli periodi di rilievo. Come abbiamo spiegato nel capitolo precedente, il sistema di rilievo assumerà forme diverse da azienda ad azienda, posto che si voglia anche solo parlare di una unificazione tra imprese diverse. L'adozione di un sistema simile a quello descritto più innanzi, permetterebbe di semplificare notevolmente il lavoro dei sostenitori di una confrontabilità tra impresa ed impresa, perchè tale confrontabilità sussisterebbe già per i dati statistici rilevati.

Prima di illustrare il sistema, che l'A. ha studiato in via di esperimento alcuni anni fa ed ha da allora applicato praticamente, occorre ricordare ancora una volta che scopo principale di qualunque indagine sulle interruzioni della continuità del servizio deve essere lo scoprire i punti deboli dell'esercizio, siano questi di indole tecnica, organizzativa o di altra natura quali per es. le consuetudini di vita della popolazione ecc.

I numeri costituiscono indubbiamente un mezzo semplice per rubricare le particolarità delle perturbazioni che si desiderano studiare statisticamente. In considerazione del gran numero di rubriche occorrenti, l'A. ha costruito una tabella, che permette di applicare ad ogni perturbazione, appena ne sia stata ultimata l'analisi, un certo numero di coefficienti caratteristici. Tali coefficienti permettono di raggruppare automaticamente tutte le circostanze analoghe quando si procede ad ordinare il materiale raccolto. Quest'idea è stata utilizzata sotto due punti di vista diversi. La numerazione provvede cioè a far sì che vengano raggruppate sia tutte le perturbazioni dovute a cause analoghe che quelle interessanti le stesse parti della rete. L'automaticità si è ottenuta prevedendo numeri di tre cifre per la rubricazione. Nell'esempio illustrato più innanzi si sono riservate le unità per le varie parti della rete, distinte a seconda del sistema di corrente e della tensione. Nel caso di aziende meno complesse è senz'altro possibile riservare le unità ad es. per individuare zone della rete a tensione uguale o differente. Nel caso che qui particolarmente ci interessa si rese necessario ricorrere a numeri di tre cifre vista l'opportunità di suddividere le cause in 21 rubriche e le conseguenze tecniche in altre 14 rubriche. Il sistema prescelto presenta per la sua stessa struttura la più grande adattabilità alle condizioni più svariate; esso può essere disposto, esteso o contratto a volontà, sia per quanto riguarda le cause e le conseguenze che le parti della rete considerate. Ciò che è di importanza essenziale è che nel costruire la tabella (chiave) si dia il massimo peso ad una suddivisione dettagliata di quelle rubriche che presumibilmente in base all'esperienza passata sono più frequentemente adoperate, e si economizzi nell'assegnazione dei numeri caratteristici là ove si ritiene che qualche numero non abbia a venir usato che raramente. Un numero eccessivo di rubriche rende più difficile il lavoro di classificazione. Naturalmente nella parte che riflette la frequenza delle perturbazioni in certi trimestri, in certi giorni della settimana od in determinati periodi della giornata il sistema decimale non ha potuto essere utilizzato fino ad esaurire tutti i numeri disponibili.

La tabella-chiave (Tabella I) è divisa nelle parti seguenti di carattere generale:

Tabella I.

Chiave per la classificazione delle perturbazioni.

	Classi di tensione									
	Tensione di macchina	Tensione di trasmissione	Tensione intermedia	Reti forza	Tensione luce intermedia	Reti luce	Reti unitarie	Tramvie cittadine	Illuminazione pubblica	Impianti estranei
	7÷12 kV	50÷150 kV	6 kV	500 V	2 kV	2x110 2x220 V	220 380 V	500÷1500 V		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Natura della causa:										
a) *Interna*										
1. Costruzione, materiale, montaggio, età	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
2. Utilizzazione diversa da quella iniziale	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
3. Errato uso e manutenzione per parte dell'esercente	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
b) *Esterna*										
1. Uso dell'impianto da parte dell'utente	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
2. Lavori civili in prossimità di impianti esistenti	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
3. Imprudenza, malanimo	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169
4. Fenomeni naturali	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
5. Altra natura	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
c) *Non determinabile, non chiarita*	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
II. Localizzazione della causa:										
a) *Centrali, officine, cabine*										
1. Generatori	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
2. Trasformatori	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229
3. Convertitori, raddrizzatori	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
4. Interruttori, apparecchi di protez. relativi (relais)	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249
5. Valvole	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
6. Impianti di misurazione, riduttori, orologi	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269
7. Separatori e condutture nelle stazioni	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279
8. Apparecchi speciali di protezione (condensatori, bobine self)	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289
9. Altre parti degli impianti	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
b) *Condutture*										
1. Linee aeree	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319
2. Cavi (compr. muffole e terminali)	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329
c) *Utenti* (limite: presa del fabbricato)	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
d) *Non determinabile, non chiarita*	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
III. Fenomeni tecnici conseguenti:										
A) *Mediati, per intervento di organi dell'impresa* (manovre di separazione del carico)	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409
B) *Immediati*										
a) *Centrali, officine, cabine*										
1. Generatori	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419
2. Trasformatori	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429
3. Convertitori, raddrizzatori	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439
4. Interruttori, organi di protez. relativi (relais)	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449
5. Valvole	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459
6. Impianti di misurazione, riduttori, orologi	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469
7. Separatori e condutture nelle stazioni	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479
8. Apparecchi speciali di protezione (condensatori, bobine di self)	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489
9. Altre parti degli impianti	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499
b) *Condutture*										
1. Linee aeree	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519
2. Cavi	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529
c) *Utenti*	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559
d) *Non determinabile, non chiarita*	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599
IV. Durata della perturbazione (minuti) (dall'inizio fino al ripristino della fornitura all'ultimo utente coinvolto)	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819

Segue Tabella I.

V. Momento dell'inizio.			
a) *Epoca dell'anno* (*trimestre*)		c) *Periodo della giornata*	
da ottobre a dicembre	820	A. Prevalentemente carico industriale Ore 7 a 12 e 14 a 17 [1])	840
» gennaio » marzo	821		
» aprile » giugno	822		
» luglio » settembre	823	B. Prevalentemente carico luce Ore 17 a 23	841
b) *Giorno della settimana*			
Lunedì	830	C. Carico variabile, ore 6 a 7, 12 a 14, 23 a 24, 14 a 17 [2])	842
Martedì	831		
Mercoledì	832		
Giovedì	833	D. Carico notturno, ore 0 a 6	843
Venerdì	834		
Sabato	835		
Domenica	836		

[1]) escluso il sabato.
[2]) soltanto il sabato.

Tabella schematica per la classificazione sotto V c.

Ore	0 1 2 3 4 5 6	6 7	7 8 9 10 11 12	12 13 14	14 15 16 17	17 18 19 20 21 22 23	23 24
	Periodo della giornata						
Da lunedì a venerdì	D 843	C 842	A 840	C 842	A 840	B 841	C 842
Sabato	D 843	C 842	A 840	C 842		B 841	C 842
Domenica	D 843	C 842				B 841	C 842

I. Natura della causa;
- *a*) *b*) Influenze { interne / esterne } sugli impianti dell'impresa
- *c*) Non determinabile, non chiarita

II. Localizzazione della causa;
- *a*) Centrali, officine, cabine
- *b*) Condutture
- *c*) Utenti (in parti di impianto non appartenenti all'impresa)
- *d*) Non determinabile, non chiarita

III. Fenomeni tecnici conseguenti;
- *A*. Mediati, per manovre eseguite
- *B*. Immediati
  - *a*) Centrali, officine, cabine
  - *b*) Condutture
  - *c*) Utenti (in parti di impianto non appartenenti all'impresa)
  - *d*) Non determinabili, non chiariti

IV. Durata delle perturbazioni in minuti;

V. Momento dell'inizio della perturbazione;
- *a*) Epoca dell'anno (trimestre)
- *b*) Giorno della settimana
- *c*) Periodo della giornata.

Ogni perturbazione ha in generale una sola causa, localizzata in un dato punto, che ne determina l'inizio. Ogni perturbazione va quindi rubricata una ed una sola volta sotto I e II. Di fenomeni tecnici conseguenti se ne può avere invece in ciascun caso un numero indeterminato. Il momento dell'inizio andrà rubricato una volta sotto ciascuna delle rubriche V*a*, V*b* e V*c*.

L'ulteriore suddivisione sotto i titoli I, II e III può farsi naturalmente in base a criteri disparati. La suddivisione indicata vale soltanto a titolo d'esempio; essa ha però superato l'esame della pratica dopo un'esperienza di ormai parecchi anni. Più innanzi riporteremo alcuni risultati di questo periodo d'indagine.

Perchè il materiale statistico risulti omogeneo occorre naturalmente definire che cosa s'intende con la parola « perturbazione ». Una volta che ciò sia stato fatto si dovrà analizzare ogni perturbazione e rubricarla in base alla tabella chiave. L'elaborazione del materiale accumulato durante un periodo abbastanza lungo permetterà poi di raccogliere i frutti del lavoro statistico.

D) Risultati pratici della statistica delle perturbazioni.

L'azienda elettrica della Città di Zurigo (E W Z) ha cominciato a tenere nel 1927 una regolare statistica delle perturbazioni secondo il metodo descritto e l'ha da allora regolarmente continuata. Come *perturbazione* viene considerata ogni alterazione sostanziale nociva nella fornitura normale di energia ad un grande utente od a più di un piccolo utente (presa del fabbricato). Con ciò resta escluso il gran numero di perturbazioni locali senza importanza nell'interno degli edifici e l'attenzione vien fissata sulle perturbazioni generali dell'esercizio aventi per lo più maggiore estensione. Ogni tale perturbazione viene dal reparto interessato segnalata per iscritto alla direzione; questo documento serve ad essa di orientamento e di base per l'esame successivo. I risultati di questo ultimo vengono consegnati in rapporti per quanto possibile concisi e compilati secondo uno schema prescritto. Ciò facilita in seguito la ricerca di singolarità riscontrate nello svolgimento della perturbazione o di insegnamenti ricavati, siano, questi di ordine organizzativo, costruttivo o tecnico (dell'esercizio). Nel compilare il rapporto si scrivono contemporaneamente nel modulo all'uopo predisposto i numeri di rubrica relativi. In generale i dati raccolti saranno tanto più esatti quanto più breve è il tempo trascorso (se possibile pochi giorni) dal verificarsi della perturbazione alla compilazione del rapporto. Naturalmente vi saranno casi in cui la causa non potrà esser chiarita malgrado le ricerche più accurate, oppure che dovranno esser completati con ipotesi convenienti. Tutte le perturbazioni di cui la causa non ha potuto essere accertata con sicurezza completa vanno rubricate come « non chiarite ». Si è ritenuto opportuno allo scopo di ottenere la massima omogeneità nella classificazione, di affidare la rubricazione dei rapporti sempre alla stessa persona. A questa riuscirà facile di mantenere costantemente la medesima delimitazione tra i sottotitoli della rubrica e raccogliere preziose esperienze per l'ulteriore perfezionamento della tabella chiave.

Nella primavera del 1928 fu data comunicazione ad alcune imprese svizzere, aventi analoghe condizioni di esercizio, dei principi seguiti per la statistica. Per quanto oggi sia già disponibile del materiale, sussiste però ancora il timore di render pubbliche le proprie esperienze a vantaggio della comunità. I principi fondamentali della statistica delle perturbazioni qui trattati sono già stati resi di pubblica ragione dal signor Dutoit, d'accordo con l'A., al Congresso di Bruxelles dell'U.N.I.P.E.D.E. nel settembre dell'anno scorso (1).

Si è ritenuto opportuno di riportare nel presente articolo in luogo dei numeri effettivi delle perturbazioni soltanto le cifre relative. Si ottengono così naturalmente dei numeri frazionari, il che riesce di nocumento all'evidenza della rappresentazione. Per diminuire il numero delle cifre decimali, anzichè considerare il numero percentuale di casi, si è preso quello per mille (°/°°). Le esperienze fatte durante tre anni col presente sistema di statistiche dall'E W Z sono buone: esse si fondano su circa 200 casi osservati e rubricati. Il numero delle osservazioni è troppo modesto perchè la legge dei grandi numeri possa trovare applicazione: è tuttavia possibile trarne delle conclusioni e dimostrazioni interessanti, valendoci anche delle preziose esperienze fatte durante il corso dell'indagine.

Riferendoci a quanto si è detto prima, si comprende che la discussione delle cause, della durata e dell'inizio delle perturbazioni richieda tanto spazio, da obbligarci a rimandare ad un articolo successivo l'esame dei fenomeni tecnici conseguenti.

Tabelle e diagrammi sono come si è detto ricavati dai dati

(1) Cfr. *L'E. E.*, vol. VII, pag. 895.

raccolti nel periodo di tre anni. Per facilitarne la comprensione sono stati talvolta provvisti di diciture esplicative di carattere costruttivo ed organizzativo. I risultati ottenuti, tenute presenti le riserve precedenti, sono soltanto parzialmente spiegabili; per il rimanente saranno forse dovuti al caso. Non è quindi lecito generalizzare senz'altro i fenomeni trovati. Una breve descrizione degli impianti faciliterà la comprensione di quanto segue.

Durante il periodo a cui si riferiscono le osservazioni, l'E W Z disponeva di una centrale di base sita a 150 km dal baricentro del consumo: la trasmissione era effettuata mediante due linee a due terne cadauna alla tensione di 50 kV. Storicamente a tale riguardo è degna di nota la particolarità che la rete luce è alimentata mediante convertitori rotanti, che dispongono di una riserva istantanea sotto forma di batterie di accumulatori. Per le punte invernali trifasi si dispone di una centrale con accumulazione a circa 40 km di distanza dal baricentro del consumo. Una rete trifase intermedia a 6 kV provvede alla distribuzione primaria nell'interno della città e nel suburbio. In esercizio si trovano le seguenti reti di distribuzione a bassa tensione: una rete trifase a 500 V per la forza, una rete monofase 2 × 110 e 220 V per la luce e, nelle zone esterne, una rete trifase a tensione normale 380/220 V che ha spiccatamente il carattere di rete per usi domestici. Vi sono inoltre reti di limitata estensione colle tensioni anormali di 125/220 V. Buon numero di linee tranviarie, aventi un consumo annuo complessivo di circa $20 . 10^6$ kWh è alimentato con 550 V a c. c. Per l'illuminazione pubblica non vi è, salvo poche eccezioni, una rete propria. In generale l'inserzione delle singole lampade viene comandata dall'orologio per la commutazione di tariffa, che trovasi nell'edificio più prossimo. La qualifica di impianti estranei spetta a quegli impianti che, pur non essendo di proprietà dell'E W Z, forniscono però, saltuariamente od in modo continuo, energia alla sua rete.

Tabella II.

Valori estremi della frequenza delle cause negli anni 1928, 1929 e 1930

a) *Massimi assoluti per numero di rubrica*

	Numero rubrica	Frequenza ‰
Valore massimo nel 1928	114 e 146	73 cad.
» » » 1929	149	94
» » » 1930	171	142,8

b) *Massimi e minimi per classi*

	Minimo Classe N.	Minimo Frequenza ‰	Massimo Classe N.	Massimo Frequenza ‰
Totale per classe di tensione nel 1928	8	0	2	232,5
» » » » » » 1929	1,7 e 8	0	3	265,5
» » » » » » 1930	7,8 e 9	0	1	285,8
Totale per natura della causa nel 1928	120/9	15	110/9	276
» » » » » » 1929	120/9	46,8	140/9	219
» » » » » » 1930	120/9 e 160/9	31,8 cad.	190/9	269,9

Leggenda dei numeri di rubrica.

114 – Costruzione, materiale, montaggio, età per la tensione primaria luce di 2 kV.
146 – Uso dell'impianto da parte dell'utente nella rete unitaria a 380/220 Volt.
149 – Uso dell'impianto da parte dell'utente in impianto estraneo.
171 – Fenomeni naturali sulla tensione di trasmissione di 50-150 kV.
110/9 – Costruzione, materiale, montaggio, età.
120/9 – Utilizzazione diversa da quella iniziale.
140/9 – Uso dell'impianto da parte dell'utente.
160/9 – Imprudenza, malanimo.
190/9 – Non determinabile, non chiarita.
1 – Tensione di trasmissione 50-150 kV.
2 – Tensione intermedia 6 kV.
3 – Rete forza a 500 Volt.
7 – Tramvie cittadine.
8 – Illuminazione pubblica.
9 – Impianti estranei (imprese elettriche).

I. *Natura della causa.*

a) Numero di perturbazioni la cui causa è della stessa natura, rilevate nei tre anni di osservazione (fig. 1). I risultati delle osservazioni coincidono nei tre anni considerati, a meno degli scarti indicati più in basso, per le seguenti cause:

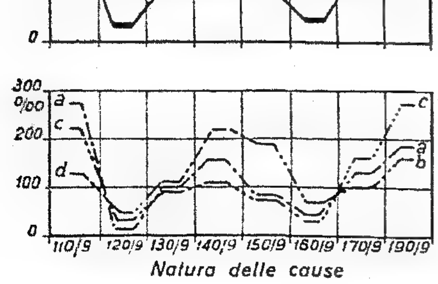


Fig. 1. - Numero delle perturbazioni la cui causa è della stessa natura.

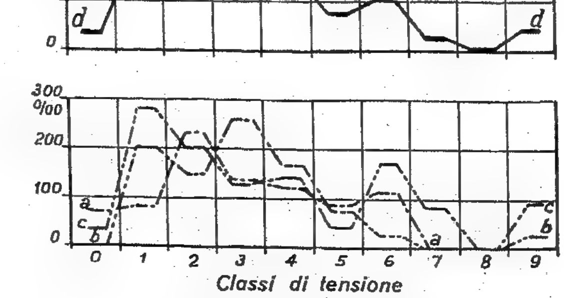


Fig. 2. - Numero delle perturbazioni per classi di tensione.

Curva *a*: ‰ verificatesi nell'anno 1928
» *b*: » » » 1929
» *c*: » » » 1930
» *d*: Media di ciascuna classe, ‰ verificatesi nei tre anni

Scarto da 0 a 50‰:

Classe 120/9: Utilizzazione diversa da quella iniziale.
» 130/9: Errato uso e manutenzione per parte dell'esercente.
» 160/9: Imprudenza, malanimo.

Scarto da 50 a 100 ‰:

Classe 150/9: Lavori civili in prossimità di impianti esistenti.
» 170/9: Fenomeni naturali.

Notevoli per la frequenza relativa annua sono la

Classe 120/9, la quale comprende in media nei tre anni il numero minimo di cause (31,2‰).
» 110/9, la quale ne comprende invece il numero massimo (207‰).

La più prossima alla media per classe

$$\frac{1000\ ‰}{8\ \text{classi}} = \frac{125\ ‰}{\text{classe}}$$

è la classe 170/9 che presenta la frequenza 127,5 ‰. Notevole è la costanza della frequenza delle perturbazioni dovute a fenomeni naturali; non sembra, che questa possa attribuirsi al caso, per quanto i singoli anni presentino fra di loro scarti che raggiungono il 65‰ (1929: 93,7‰ e 1930: 158,7‰). Il fatto è comunque degno di ulteriore esame. Nelle curve che rappresentano la media dei tre anni (fig. 1, 2 e 3 in alto) sono posti in evidenza con tratto più spesso quei valori risultanti come medie di frequenze annuali presentanti scarti inferiori al 100‰.

b) Numero delle perturbazioni (natura delle cause) per classi di tensione. Le seguenti classi di tensione si distinguono dalle altre quanto alla frequenza delle cause:

Classe 8: Illuminazione pubblica, frequenza 0‰ (minima).

Classe 2: Tensione intermedia di 6 kV, che nella media triennale presenta la frequenza massima (198,3‰), mentre gli scarti fra le frequenze annuali non superano 100‰ (76,2‰).

Fra le tre reti di distribuzione più importanti ed estese risulta la rete monofase (classe 5) per la scarsa frequenza delle perturbazioni (72,2‰ contro 179,6‰ della classe 3 e 105,5‰ della classe *b*) per quanto sia la più estesa fra le tre. Inoltre per essa lo scarto massimo tra le frequenze nei tre anni è 52,4‰. Questo risultato è suffragato dall'esiguo numero di cause di perturbazione, che la rete monofase presenta nel corso di parecchi anni. Per quanto riguarda la durata di tutte le perturbazioni durante i tre anni di rilevazioni, la rete suddetta presenta anche la durata complessiva minima tra le tre classi 3,5 e 6. Inoltre nella relativa rete di distribuzione primaria (classe 4:2 kV) lo scarto tra i valori estremi annuali è appena del 45‰. La rete trifase unitaria 380/220 V presenta come media triennale una frequenza che è molto prossima alla media generale delle 10 classi di tensione.

Sono poi notevoli per la bassa frequenza delle cause le seguenti classi di tensione:

Classe 0: Tensione di macchina (7 a 12 kV), con una media nei tre anni del 34,7‰ ed uno scarto dei valori estremi del 72,5‰.

» 7: Tramvie (500 a 1000 Volt) con una media nei tre anni del 28,8‰ ed uno scarto dei valori annui estremi dell'86,5‰.

» 9: Impianti estranei con una media nei tre anni del 41‰ ed uno scarto dei valori annui estremi del 94 ‰.

II. *Localizzazione della causa.*

a) Numero di perturbazioni aventi eguale localizzazione della causa nei tre anni di osservazione (fig. 3). I risultati delle

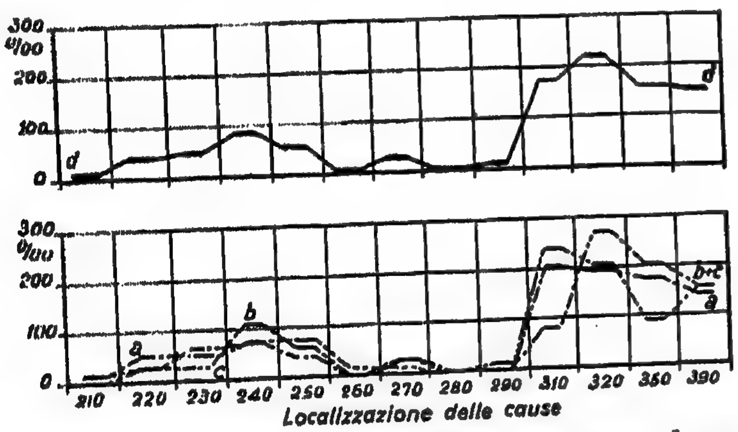


Fig. 3. - Numero delle perturbazioni la cui causa ha eguale localizzazione.

Curva *a*: ‰ verificatesi nell'anno 1928
» *b*: » » » 1929
» *c*: » » » 1930
» *d*: Media di ciascuna classe, ‰ verificatesi nei tre anni

osservazioni coincidono nei tre anni considerati, a meno degli scarti indicati più in basso, per le seguenti localizzazioni:

Scarto da 0 a 50‰:

Classe 210/9: Generatori
» 220/9: Trasformatori
» 230/9: Convertitori, raddrizzatori
» 240/9: Interruttori, apparecchi di protezione relativi (relais)
» 250/9: Valvole
» 260/9: Impianti di misurazione, riduttori, orologi
» 270/9: Separatori e condutture nelle stazioni
» 280/9: Apparecchi speciali di protezione (condensatori, bobine di self)

Classe 290/9: Altre parti d'impianto
» 390/9: Non determinabile, non chiarita.

Scarto da 50 a 100‰:

Classe 320/9: Condutture in cavo.

La frequenza della classe 280/9 (apparecchi speciali di protezione) è zero in tutti gli anni considerati: bisogna però notare che di tali apparecchi ve n'è un numero molto esiguo. Questa classe di cause è stata istituita in base ad esperienze precedenti e verrà conservata, perchè la constatazione che gli apparecchi di protezione non danno luogo a perturbazioni dà una certa tranquillità agli uomini addetti all'esercizio e scettici nei riguardi dell'efficacia degli stessi. Le localizzazioni di cause effettivamente verificatesi in uno qualunque degli anni con frequenza minima figurano nelle classi 260/9 (impianti di misurazione, riduttori, orologi) e 290/9 (altre parti degli impianti). La frequenza massima spetta alla classe 320/9 (cavi). Nella media dei tre anni essi presentano la frequenza notevole di 396,8‰. Segue in ordine di grandezza la classe 310/9 (linee aeree), che ha però degli scarti del 159 ‰ da un anno all'altro. La classe 240/9 (interruttori, apparecchi di protezione relativi) ha la frequenza più prossima alla media nel triennio di tutte le localizzazioni. Sensibilmente al disopra di tale media sono le classi 350/9 (utenti) e 390/9 (non determinabile, non chiarita).

b) Numero delle perturbazioni (localizzazione della causa) per classe di tensione. Qui si giunge alle stesse conclusioni già ricavate sotto I *b*) per la natura delle cause; localizzazione e natura delle cause, come dimostra la fig. 2, presentano eguale successione per quanto riguarda le classi di tensione.

III. *Momento dell'inizio e durata delle perturbazioni.*

a) Per trimestre (fig. 4, 5 e 6).

Qui bisogna premettere che l'esercizio di ciascuno dei tre anni considerati va dal 1° ottobre al 30 settembre e si suole designare in generale per brevità con il millesimo dell'anno, che ne contiene tre trimestri (ad es. 1930 in luogo di 1929/30).

Quanto al numero di perturbazioni la coincidenza fra i tre anni è perfetta a meno del 25 ‰. Il numero di perturbazioni sembra presentare una debole tendenza alla diminuzione. Tale tendenza è ancora più spiccata per le durate (fig. 4) dal 1929 al 1930 (107,8 ‰). Le perturbazioni di durata relativamente lunga furono numerose nel 1929, nel 1930 invece furono numerose le perturbazioni di breve durata dovute a temporali. Nella media per trimestri dei tre anni la differenza tra i valori estremi del numero di perturbazioni è 139 ‰: tale differenza si verifica precisamente tra il 1° trimestre (820: ottobre a dicembre, 309‰) ed il 2° trimestre (821: gennaio a marzo, 170‰). Le differenze massime nel numero di perturbazioni per trimestre si sono verificate nel 1928, mentre il 1930 è l'anno che presenta la distribuzione più uniforme nei quattro trimestri. La massima frequenza per tutti e tre gli anni si riscontra nel primo trimestre del 1928 e nel quarto del 1930, la minima nel secondo trimestre del 1928,

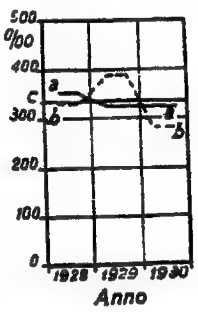


Fig. 4. - Numero e durata totale delle perturbazioni verificatesi nel triennio 1928, 1929 e 1930.

Curva *a*: numero,
» *b*: durata,
» *c*: media.

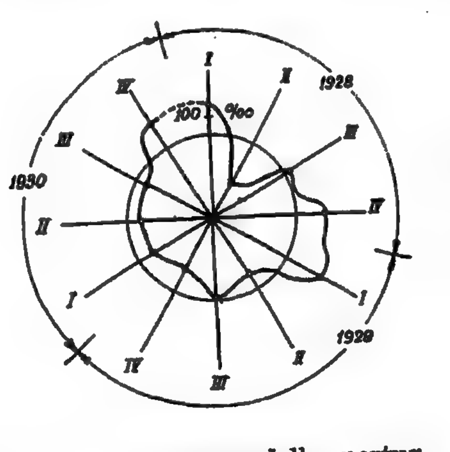


Fig. 5. - Numero delle perturbazioni per trimestre negli anni 1928, 1929 e 1930.

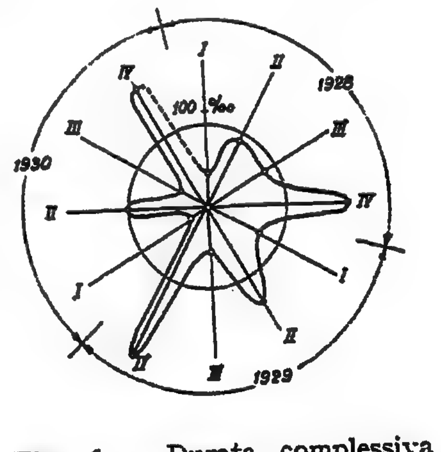


Fig. 6. - Durata complessiva delle perturbazioni per trimestre negli anni 1928, 1929 e 1930.

I – Dal 1° ottobre al 31 dicembre,
II – » » gennaio » » marzo,
III – » » aprile » 30 giugno,
IV – » » luglio » » settembre.

e la frequenza più prossima alla media dei dodici trimestri (83,3 ‰) nel terzo trimestre del 1928 (88 ‰).

Per quanto riguarda la durata (fig. 6) si trovano sia per anno che per trimestre differenze molto più notevoli che per il numero. Ciò si spiega col fatto che il numero è un fenomeno primitivo, la durata invece derivato, che dipende dalla rapidità con cui viene eliminata la perturbazione e quindi dal fattore umano. Dalla fig. 5 appare che si ha per il numero una distribuzione abbastanza uniforme da trimestre a trimestre, mentre nella fig. 6 si alternano trimestri a lunga e breve durata.

b) Per giorno della settimana.

Se si esamina la distribuzione del numero delle perturbazioni tra i giorni della settimana (fig. 7), si trova che per nessuna classe gli scarti son compresi tra 0 e 50 ‰; essi risultano invece compresi fra 50 e 100 ‰:

per la classe 3: al giovedì
» » » 4: » venerdì
» » » 5: » sabato

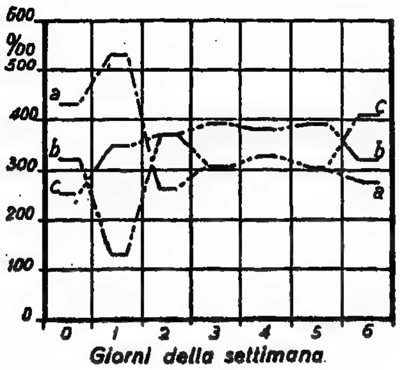


Fig. 7. - Numero delle perturbazioni per giorno della settimana.

Curva *a*: 1928, ‰ nel triennio
» *b*: 1929, » » »
» *c*: 1930, » » »

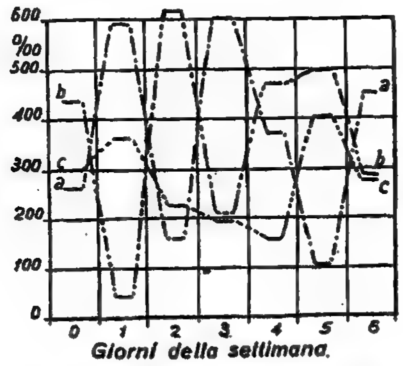


Fig. 8. - Durata complessiva delle perturbazioni per giorno della settimana.

0 – Lunedì, 1 – Martedì, 2 – Mercoledì, 3 – Giovedì, 4 – Venerdì, 5 – Sabato, 6 – Domenica.

Il martedì si distingue per il fatto che i valori annuali estremi differiscono tra di loro del 406 ‰. Il lunedì, il mercoledì e la domenica presentano scarti medi. Nulla di conclusivo è possibile affermare quanto alle durate (fig. 8) perchè i valori annui dei singoli giorni della settimana presentano differenze che vanno da un minimo di 174 ‰ (domenica) ad un massimo di 551 ‰ (martedì). La spiegazione di questo fatto può essere la distribuzione non uniforme nelle varie ore del giorno l'ineguale rapidità di segnalazione agli organi competenti dell'impresa, la differenza di velocità con cui la perturbazione viene eliminata o infine la diversità nell'estensione e nella gravità della stessa.

La fig. 9 serve a controllare se il numero o la durata delle perturbazioni nei singoli giorni della settimana presentano una determinata tendenza nel corso dei tre anni considerati. Risulta che il numero (curva *a*) soltanto al lunedì ha tendenza a diminuire, mentre alla domenica esso sembra vada crescendo e negli altri giorni ha tendenza variabile. Il numero è perfettamente identico nei tre anni per il giovedì ed il sabato. Al giovedì ed alla domenica le durate hanno tendenza decrescente; negli altri giorni esse oscillano intorno al valor medio annuo 333 ‰.

Un quadro press'a poco identico si ottiene se in luogo delle perturbazioni di ciascun giorno della settimana nei tre anni si pongono eguali a 1000 tutte le perturbazioni di un anno. I valori annui estremi del numero delle perturbazioni presentano allora da un anno all'altro scarti compresi fra

0 e 50 ‰:

nella classe 3: il giovedì
» » 4: » venerdì
» » 5: » sabato

50 e 100 ‰:

nella classe 0: il lunedì
» » 2: » mercoledì
» » 6: la domenica.

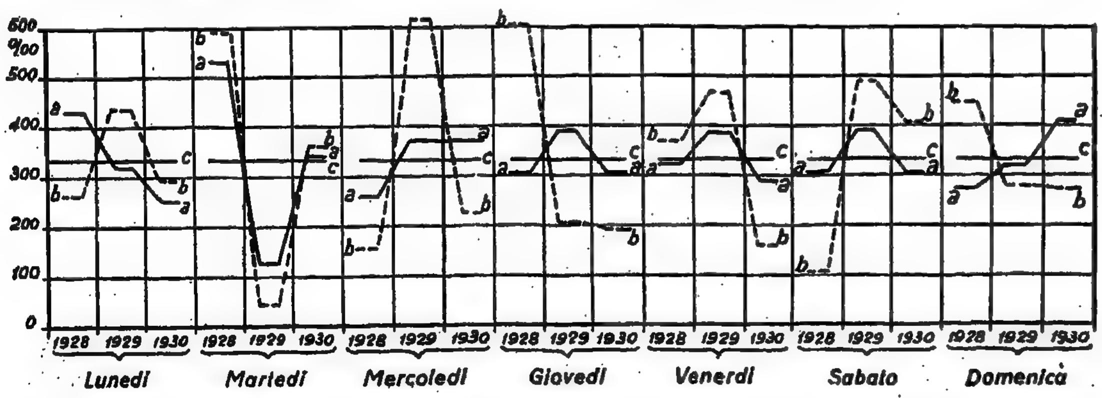


Fig. 9. - Numero e durata complessiva delle perturbazioni per giorno della settimana in ciascuno degli anni 1928, 1929 e 1930.

Curva *a*: numero, curva *b*: durata, curva *c*: media.

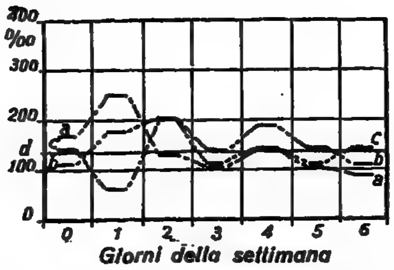


Fig. 10. - Numero delle perturbazioni per giorno della settimana ed anno.

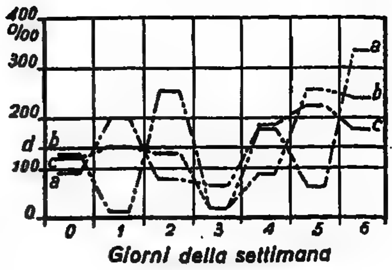


Fig. 11. - Durata complessiva delle perturbazioni per giorno della settimana ed anno.

Curva *a*: 1928, Curva *c*: 1930,
» *b*: 1929, » *d*: media per giorno della settimana.

Notevole è la regolarità nell'andamento delle curve 1928, 1929 e 1930 in fig. 10 dal mercoledì alla domenica compresa. Anche con questa rappresentazione poco ci dicono le durate (fig. 11). Certo si è che le perturbazioni sono in generale di più lunga durata al sabato ed alla domenica, che nello stesso periodo della giornata negli altri giorni della settimana, ciò che si spiega col fatto che per ragioni organizzative riesce meno rapido il riunire il personale di turno.

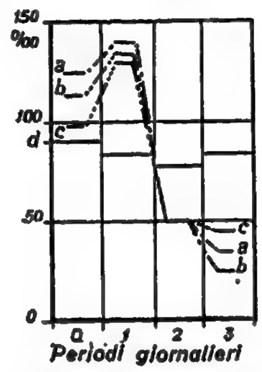


Fig. 12. - Numero delle perturbazioni per periodo della giornata.

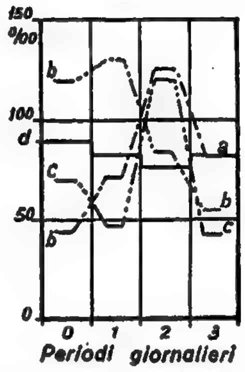


Fig. 13. - Durata complessiva delle perturbazioni per periodo della giornata.

Curva *a*: ‰ perturbazioni verificatesi nell'anno 1928,
» *b*: » » » » 1929,
» *c*: » » » » 1930,
» *d*: media per classe, ‰ verificatesi nel triennio.

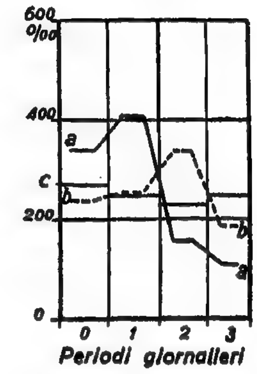


Fig. 14. - Numero e durata complessiva delle perturbazioni per periodo della giornata: medie degli anni 1928, 1929 e 1930.

Curva *a*: numero,
» *b*: durata,
» *c*: media per classe

c) Per periodo della giornata.

Bisogna premettere che la suddivisione in periodi della giornata è stata fatta avendo di mira il carico complessivo dell'azienda, senza riguardo al carattere delle singole reti. Come risulta dallo schema in calce alla Tab. 1 tali periodi non partecipano in misura eguale (250 ‰) al numero totale di ore della settimana (168) e cioè in ragione di 42 ore ciascuno. La classe *A* (prevalentemente a carico industriale) vi partecipa per 3 ore più della media (268 ‰) e la classe *C* (carico variabile) per tre ore meno (232 ‰).

I tre anni considerati dimostrano sotto questo punto di vista una concordanza degna di nota. Quanto al numero delle perturbazioni che si sono iniziate nel periodo di carico variabile, esse si distribuiscono in via assoluta e relativa uniformemente tra i tre anni. Anche per gli altri periodi non si hanno da anno ad anno scarti superiori al 26 ‰. Questo fatto vale a dimostrare in modo definitivo la grande influenza del periodo della giornata sul verificarsi di una perturbazione. Il massimo numero di perturbazioni si ha nel periodo del carico luce. A tale riguardo bisogna però ricordare che ai periodi della giornata sono stati assegnati gli stessi limiti d'estate e d'inverno. Ora da questo segue che negli anni in cui si ha abbondanza di temporali abbondanti le perturbazioni di origine atmosferica che hanno luogo dopo le 17 vengono a cadere nella classe 2, mentre a ragion veduta esse non possono considerarsi come caratteristiche per questa classe (prevalentemente a carico luce). La classe 3 offre il numero minimo di perturbazioni (fig. 12) ciò che si spiega col minor carico delle reti durante la notte. Nelle classi 0 e 1 (prevalentemente a carico industriale e luce) si riconosce facilmente la tendenza ad una diminuzione nel numero delle perturbazioni da un anno al successivo.

Nell' investigare la durata complessiva di tutte le perturbazioni in ciascun periodo della giornata (fig. 13) si trova per il 1929 una curva di carattere simile a quella che ne rappresenta il numero. Una tendenza alla diminuzione si riscontra soltanto nella classe 3 (carico notturno). In tutti e tre gli anni i valori della classe 2 (prevalentemente a carico variabile) giacciono al di sopra della media. La fig. 14 rappresenta le curve medie del numero e della durata di tutte le perturbazioni nei tre anni ricavate dalle tre curve annuali. Se qui ci si pone la domanda se anche la natura e la localizzazione delle cause presentano la frequenza massima nella rete monofase, perchè questa è la più caricata durante il periodo dell'illuminazione, sappiamo che a questo riguardo la fig. 2 ci dà risposta negativa (classi 4 e 5 delle tensioni). Se ne può quindi dedurre che le perturbazioni che si sviluppano quando maggiore è il carico luce non hanno per lo più origine nella rete monofase nè qui fanno sentire i loro effetti. La Tab. IV ne dà la dimostrazione. In questa è stato posto eguale a 1000 il numero totale di perturbazioni verificatesi durante i tre anni nella classe 841. Di queste il 397 °/₀₀, ossia la minoranza, hanno avuto origine nella rete monofase. Il 513 °/₀₀ si è fatto sentire in modo diretto od indiretto nella rete monofase, il 385 °/₀₀ si è sviluppato nella rete ad alta tensione ed il 359 °/₀₀ nella rete monofase sia ad alta che a bassa tensione. Dalla tabella risulta anche il fatto notevole che durante gli anni 1928 e 1930 si è verificato un egual numero di perturbazioni nelle classi di tensione 4 e 5. La convenienza del sistema di statistica adottato (con numeri di rubrica) appare appunto da queste considerazioni sintetiche. Una semplice tabella, che si può stendere in pochi minuti, fornisce la risposta a tutti i quesiti essenziali.

d) Per classe di tensione.

La fig. 15 illustra come la durata (in °/₀₀ della durata complessiva nell'anno) si ripartisca tra le varie classi di tensione. La rilevante durata complessiva di tutte le perturbazioni (curva media in alto) nella rete a 6 kV (classe 3) si spiega col fatto che tale rete è attrezzata con interruttori automatici, mentre nelle reti secondarie si hanno quasi esclusivamente valvole. Dato il ritardo che queste in generale presentano, molte perturbazioni importanti delle reti secondarie si sono fatte sentire nella rete ad alta tensione da cui sono direttamente alimentate.

Le tabelle VI e VII servono a chiarire la quistione se nelle singole classi di tensione le perturbazioni si verifichino con particolare frequenza in giorni determinati della settimana od in periodi determinati della giornata. La tabella VIII dà la risposta cercata in parole.

Tabella III.

Valori estremi delle frequenze delle localizzazioni delle cause negli anni 1928, 1929 e 1930

a) ***Massimi assoluti per numero di rubrica***

	Numero rubrica	Frequenza °/₀₀
Valore massimo nel 1928	352	88,1
» » » 1929	323	142,9
» » » 1930	311	190,7

b) ***Massimi e minimi per classi***

	Minimo (0 °/₀₀) Classe N.	Massimo Classe N.	Massimo Frequenza °/₀₀
Totale per classe di tensione nel 1928	8	2	220,5
» » » » » » 1929	0 7 8	3	301,6
» » » » » » 1930	7 8 9	1	285,9
Totale per localizzazione causa nel 1928	260/9 280/9 290/9	310/9	205,8
» » » » » 1929	210/9 260/9 280/9	320/9	269,9
» » » » » 1930	280/9 290/9	310/9	238,4

Leggenda dei numeri di rubrica.

- 311 – Linee aeree di trasmissione a 50-150 kV.
- 323 – Cavi della rete forza a 500 Volt.
- 352 – Utenti nella rete intermedia a 6 kV.
- 210/9 – Generatori.
- 260/9 – Impianti di misurazione, riduttori, orologi.
- 280/9 – Apparecchi speciali di protezione (condensatori, bobine di self).
- 290/9 – Altre parti dell'impianto.
- 310/9 – Linee aeree.
- 320/9 – Condutture in cavo.
- 0 – Tensione di macchina 7 ÷ 12 kV.
- 1 – Tensione di trasmizione 50 ÷ 150 kV.
- 2 – Tensione intermedia 6 kV
- 3 – Rete forza 500 Volt.
- 7 – Tramvie cittadine.
- 8 – Illuminazione pubblica.
- 9 – Impianti estranei (imprese elettriche).

Tabella IV.

Perturbazioni contrassegnate dal numero 841 (*verificatesi mentre si aveva prevalentemente carico luce*) *negli anni* 1928, 1929 e 1930 *e classi di tensione coinvolte.*

Anno	Numero perturbazioni verificatesi °/₀₀	Classi di tensione in cui hanno avuto origine			Classi di tensione in cui hanno fatto sentire i loro effetti			
		4 °/₀₀	5 °/₀₀	In totale °/₀₀	4	5	4 e 5	In totale
1928	346	102,5	38,5	141	90	141	77	231
1929	333	64	51	115	103	128	90	231
1930	321	102,5	38,5	141	192	244	192	436
Totale	1000	269	128	397	385	513	359	898

Tabella V.

Durata complessiva delle perturbazioni nelle singole classi di tensione negli anni 1928, 1929 e 1930. (*in* °/₀₀).

Anno	Classi di tensione (810/9)										In totale
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1928	39,6	1,1	43,2	149	19,4	2,7	69,7	3,6	—	1,4	329,7
1929	—	0,5	48,6	218	18,1	72,1	13,3	—	14,5	3,7	388,8
1930	—	30,0	55,6	66,7	2,7	58,5	67,7	—	—	—	281,5
Totale	39,6	31,6	147,4	433,7	40,2	133,3	150,7	3,6	14,5	5,1	1000,0

Nel discutere questi risultati bisogna tener presente quanto segue:

Classe 8ª di tensione: l'illuminazione pubblica è naturalmente in esercizio soltanto durante le ore di oscurità. È quindi evidente che il maggior numero di perturbazioni abbia inizio appunto durante tale periodo. Le perturbazioni che si producono durante la giornata nella classe o prevalentemente a carico industriale hanno per lo più origine nella rete a tensione intermedia (6 kV trifasi), nella rete forza (500 Volt trifasi) oppure sono di origine riflessa di perturbazioni avvenute in

impianti estranei. I giorni della settimana maggiormente coinvolti sono il martedì ed il mercoledì. È senz'altro comprensibile

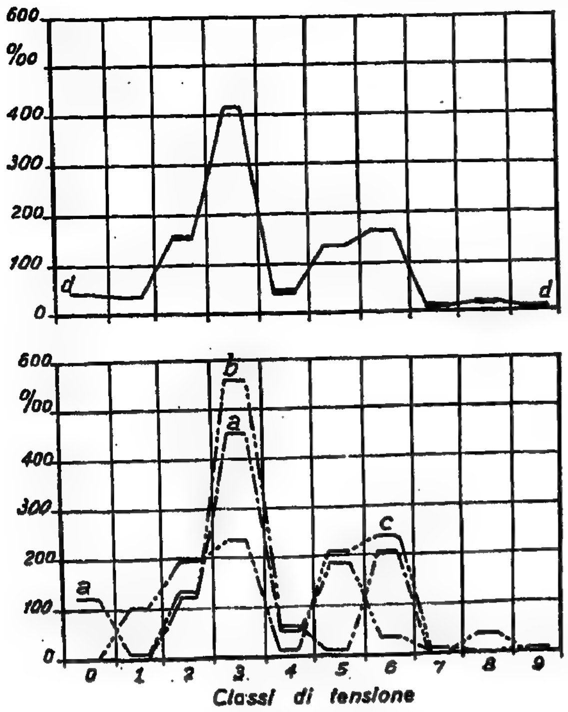


Fig. 15. - Durata complessiva delle perturbazioni per classe di tensione.

Curva *a*: ‰ verificatesi nell'anno 1928,
» *b*: » » » 1929,
» *c*: » » » 1930,
» *d*: media per classe ‰ verificatesi nel triennio.

che nelle reti destinate sopratutto all'alimentazione delle industrie il maggior numero di perturbazioni si verifichi durante le ore normali di lavoro (classe o dei periodi della giornata). Il martedì è la giornata nera per la rete a 380/220 Volt (trifase), come pure per le linee di trasmissione e le tramvie. La classe 1 dei periodi della giornata (prevalentemente carico luce) è quella che ricorre con maggior frequenza insieme col martedì. Non è possibile dare una spiegazione soddisfacente del fatto che perturbazioni si producono con tanta frequenza al martedì e mercoledì, neanche tenendo presenti determinate caratteristiche ed abitudini della popolazione. Il lunedì ed il venerdì, che in ricerche di altra natura sono considerati come giornate nere (statistiche dei trasporti), hanno nel nostro caso a loro carico soltanto il numero massimo di perturbazioni, che si verificano nella rete intermedia luce (2 kV), nella rete delle tramvie urbane e nell'illuminazione pubblica.

e) Inizio di perturbazioni la cui causa è della stessa natura, esaminato per trimestri, giorni della settimana e periodi della giornata. I risultati di questo esame sono rappresentati nelle figg. 16 a 23 quali medie dei tre anni. Qui aggiungiamo soltanto alcune considerazioni suppletive:

La costruzione, il materiale, il montaggio e l'età (110/9, fig. 16) figurano con distribuzione abbastanza uniforme quali cause di perturbazione in tutti i trimestri ed in tutti i giorni della settimana. Anche i tre periodi della giornata 0, 1 e 2 non differiscono troppo tra di loro quanto alla frequenza delle cause suddette; poche fra le perturbazioni avvenute durante la notte possono venire invece ad esse attribuite. L'utilizzazione diversa dall'iniziale (120/9, fig. 17) non compare mai come origine di perturbazioni nè al lunedì, al martedì ed al sabato nè

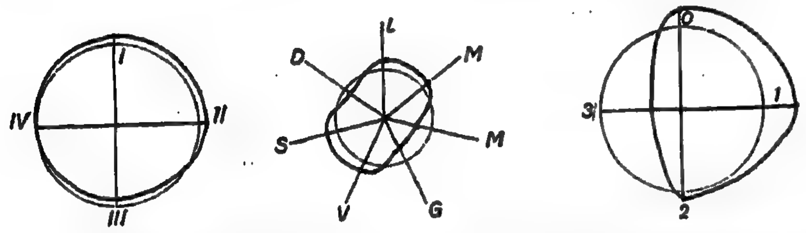


Fig. 16. - Media del triennio per la classe 110/9 (Costruzione, materiale, montaggio, età).

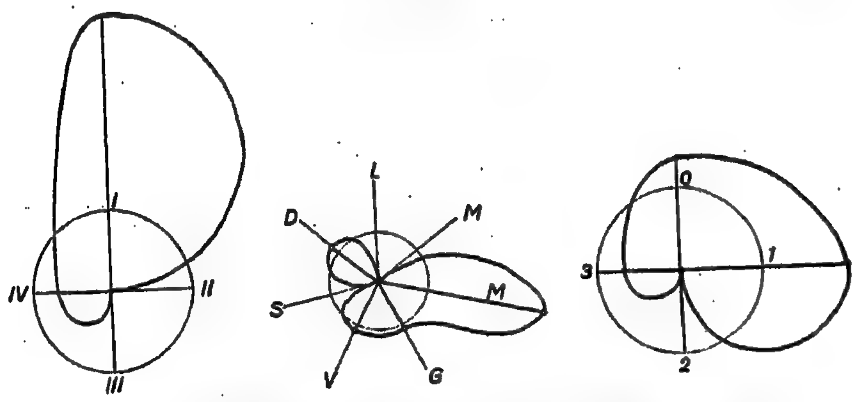


Fig. 17. - Media del triennio per la classe 120/9 (Utilizzazione diversa dalla iniziale)

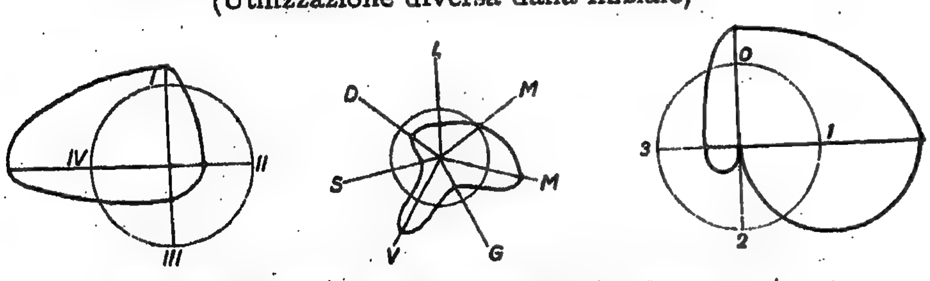


Fig. 18. - Media del triennio per la classe 130/9 (Manovra e manutenzione errata per parte dell'azienda).

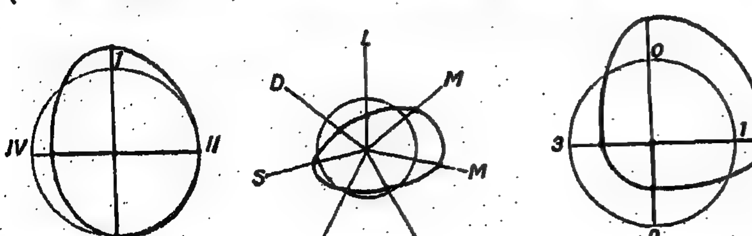


Fig. 19. - Media del triennio per la classe 140/9 (Uso dell'impianto per parte dell'utente)

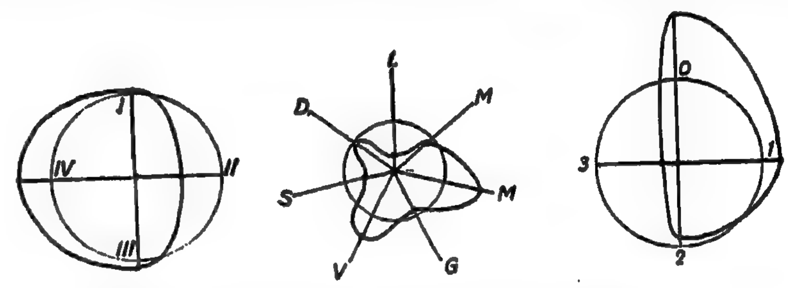


Fig. 20. - Media del triennio per la classe 150/9 (Lavori civili in prossimità degli impianti).

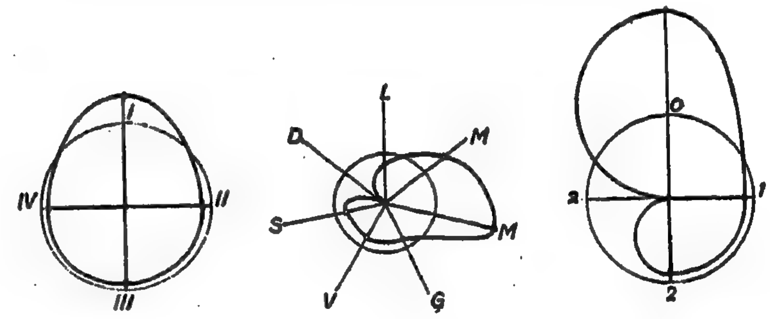


Fig. 21. - Media del triennio per la classe 160/9 (Imprudenza, malanimo).

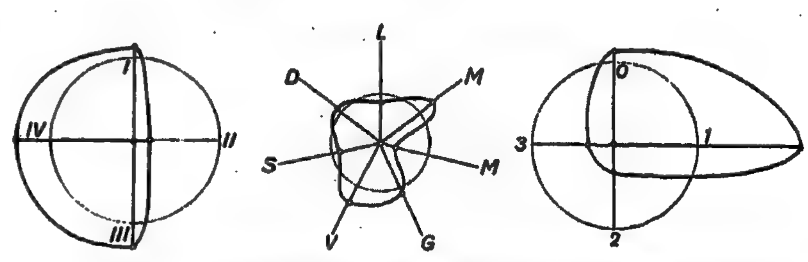


Fig. 22. - Media del triennio per la classe 170/9 (Fenomeni naturali).

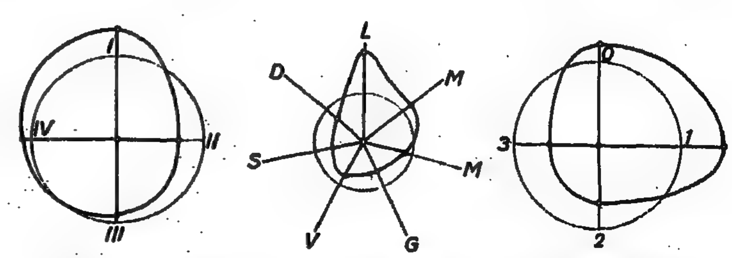


Fig. 23. - Media del triennio per la classe 190/9 (Non determinabile, non chiarita).

Inizio delle perturbazioni aventi egual causa per trimestre, per giorno della settimana e per periodo della giornata.

Trimestri

I – Dal 1° ottobre al 31 dicembre
II – » » gennaio » » marzo
III – » 1° aprile » 30 giugno
IV – » » luglio » » settembre

Giorni della settimana

L. – Lunedì
M – Martedì
M – Mercoledì
G – Giovedì
V – Venerdì
S – Sabato
D – Domenica

Periodi della giornata

0 – Prevalenza del carico industriale
1 – » » » luce
2 – Carico variabile
3 – » notturno

Tabella VI.

Numero di perturbazioni per classe di tensione nei vari giorni della settimana negli anni 1928, 1929 e 1930 (*in* ‰).

Anno	Giorni della settimana						
	0	1	2	3	4	5	6
Classe di tensione 0							
1928	143	—	143	143	143	—	143
1929	—	—	—	—	—	—	—
1930	—	—	—	143	—	—	143
Σ = 1000	143	—	143	286	143	—	286
Classe di tensione 1							
1928	100	33	—	33	33	—	—
1929	—	—	67	67	67	67	—
1930	67	167	33	67	33	—	167
Σ = 1000	167	200	100	167	133	67	167
Classe di tensione 2							
1928	—	71,4	95,2	95,2	47,6	23,8	—
1929	95,2	71,4	71,4	23,8	47,6	23,8	—
1930	—	71,4	47,6	47,6	71,4	71,4	23,8
Σ = 1000	95,2	214,2	214,2	166,6	166,6	119,0	23,8
Classe di tensione 3							
1928	52,6	52,6	52,6	—	52,6	26,3	26,3
1929	52,6	—	105,2	78,9	105,2	105,2	26,3
1930	26,3	—	131,5	26,3	26,3	26,3	26,3
Σ = 1000	131,5	52,6	289,3	105,2	184,1	157,8	78,9
Classe di tensione 4							
1928	154,0	154,0	—	—	38,5	38,5	—
1929	38,5	—	38,5	38,5	115,5	77	77
1930	—	38,5	38,5	38,5	77	38,5	—
Σ = 1000	192,5	192,5	77	77	231	154	77

Anno	Giorni della settimana						
	0	1	2	3	4	5	6
Classe di tensione 5							
1928	50	—	—	—	50	—	50
1929	50	50	—	100	50	—	100
1930	150	50	150	—	100	50	—
Σ = 1000	250	100	150	100	200	50	150
Classe di tensione 6							
1928	50	200	—	50	—	150	150
1929	50	—	50	—	—	—	50
1930	50	50	50	—	—	50	50
Σ = 1000	150	250	100	50	—	200	250
Classe di tensione 7							
1928	—	333	167	—	333	167	—
1929	—	—	—	—	—	—	—
1930	—	—	—	—	—	—	—
Σ = 1000	—	333	167	—	333	167	—
Classe di tensione 8							
1928	—	—	—	—	—	—	—
1929	—	—	—	—	1000	—	—
1930	—	—	—	—	—	—	—
Σ = 1000	—	—	—	—	1000	—	—
Classe di tensione 9							
1928	—	250	250	—	—	—	—
1929	—	—	500	—	—	—	—
1930	—	—	—	—	—	—	—
Σ = 1000	—	250	750	—	—	—	—

Tabella VII.

Numero di perturbazioni per classe di tensione durante i vari periodi della giornata negli anni 1928, 1929 e 1930 (*in* ‰).

Anno	Periodo della giornata 840/3			
	0	1	2	3
Classe di tensione 0				
1928	143	286	—	286
1929	—	—	—	—
1930	—	143	—	143
Σ = 1000	143	429	—	429
Classe di tensione 1				
1928	100	33	33	33
1929	134	100	33	—
1930	134	267	100	33
Σ = 1000	368	400	166	66
Classe di tensione 2				
1928	190,4	95,2	47,6	—
1929	142,8	142,8	47,6	—
1930	119,0	95,2	47,6	71,4
Σ = 1000	452,2	333,2	142,8	71,4
Classe di tensione 3				
1928	157,8	—	78,9	26,3
1929	210,4	131,5	26,3	105,2
1930	157,8	26,3	26,3	52,6
Σ = 1000	526,0	157,8	131,5	184,1
Classe di tensione 4				
1928	77	308,0	—	—
1929	77	269,5	38,5	—
1930	38,5	192,5	—	—
Σ = 1000	192,5	770,0	38,5	—

Anno	Periodo della giornata 840/3			
	0	1	2	3
Classe di tensione 5				
1928	—	150	—	—
1929	100	150	100	—
1930	50	300	50	100
Σ = 1000	150	600	150	100
Classe di tensione 6				
1928	—	300	150	150
1929	—	100	—	50
1930	100	—	150	—
Σ = 1000	100	400	300	200
Classe di tensione 7				
1928	333	500	167	—
1929	—	—	—	—
1930	—	—	—	—
Σ = 1000	333	500	167	—
Classe di tensione 8				
1928	—	—	—	—
1929	—	1000	—	—
1930	—	—	—	—
Σ = 1000	—	1000	—	—
Classe di tensione 9				
1928	500	—	—	—
1929	—	—	500	—
1930	—	—	—	—
Σ = 1000	500	—	500	—

Tabella VIII.

I numeri in parentesi rappresentano i numeri di rubrica relativi.

Il numero giornaliero di perturbazioni che ha avuto origine nella classe di tensione	ha presentato un massimo	
	nel giorno di	mentre vi era in prevalenza
(0) Tensione di macchina 7-12 kV	giovedì (833) e domenica (836)	carico luce (841)
(1) Tensione di trasmiss. 50-150 kV	martedì (831)	» » »
(2) Tensione intermedia 6 kV	martedì (831) e mercoledì (832)	» industriale (840)
(3) Reti forza 500 V	mercoledì (832)	» » »
(4) Tensione intermedia luce 2 kV	venerdì (834)	» luce (841)
(5) Reti luce 2 × 110 e 2 × 220 V	lunedì (830)	» » »
(6) Reti unitarie 380/220 V	martedì (831) e domenica (836)	» » »
(7) Tramvie cittadine 500-1500 V	martedì (831) e venerdì (834)	» » »
(8) Illuminazione pubblica	venerdì (834)	» » »
(9) Impianti estranei	martedì (831)	» industriale (840) e » variabile (842).

Tabella IX.

In tutto il triennio	è al di sotto della media nei mesi di	è al di sopra della media nei mesi di
il numero di perturbazioni	marzo-aprile	maggio
il numero di classi di tensione coinvolte	gennaio	in nessun mese

nella classe 2 dei periodi della giornata (carico variabile). Interessante è il fatto che manovre e manutenzione errate (130/9, fig. 18) si accumulano principalmente nel quarto trimestre (823), al venerdì (834) e quando il carico luce è prevalente. Ciò può spiegarsi almeno in parte con l'azione deprimente che il calore estivo ha sulle facoltà umane e colla maggiore intensità di lavoro (infortuni nei trasporti) al venerdì. Le manovre durante il periodo di carico variabile vengono eseguite di regola secondo un programma predeterminato: nei tre anni non si è avuta in tale periodo neanche una falsa manovra. La classe 140/9 (uso dell'impianto da parte degli utenti, fig. 19) presenta la frequenza massima nel primo trimestre (820), al martedì (831) ed al mercoledì (832), con carico prevalentemente industriale (840) ed illuminazione (841). Le cause di ciò van ricercate nel fatto che gli impianti sono spesso insufficienti e vengono intensamente sfruttati durante la giornata e le ore della sera nel periodo di tempo che precede il Natale. Quanto alla fig. 20 può aggiungersi che i lavori civili eseguiti in prossimità degli impianti (150/9) danno luogo a perturbazioni quasi sempre per lesioni prodotte ai cavi posati nel terreno. Il maggior numero di perturbazioni aventi questa origine si verifica in estate durante l'orario normale di lavoro (840, carico prevalentemente industriale); il mercoledì (832) ed il venerdì (834) sono i giorni in cui con maggior frequenza tale disattenzione porta gravi conseguenze. Non si sono verificati perturbazioni di sorta dovute ad imprudenza o malanimo (160/9, fig. 21) alla domenica e durante la notte (843). L'ubriachezza ed il vagabondaggio notturno non hanno grande importanza per quanto riguarda l'esercizio di impianti elettrici. Giornata nera a questo rispetto è invece il mercoledì. La stragrande maggioranza delle perturbazioni dovute a fenomeni naturali (170/9, fig. 22) si verifica nel quarto trimestre (da luglio a settembre) e nel periodo 2º della giornata (dalle 17 alle 23). Il mercoledì si distingue dagli altri giorni per la minor frequenza di perturbazioni. In questa classe figurano soltanto i fenomeni naturali inevitabili, i temporali sopratutto; questi in realtà si verificano per lo più verso sera o nella notte. Raramente però si hanno temporali a tarda notte e di regola questi non esercitano influenze dannose sugli impianti elettrici.

Sarebbe facile estendere e moltiplicare indagini di questa natura e giungere così a svelare correlazioni interessanti.

IV. *Numero delle perturbazioni e delle classi di tensione coinvolte.*

a) Al mese.

Dalle fig. 24 a 26 si riconosce che il numero di perturbazioni ed il numero di classi di tensione coinvolte presentano nei singoli anni un andamento simile. In corrispondenza al gran numero di gravi perturbazioni di origine atmosferica verificatesi sulle linee di trasmissione (classe 1^a di tensione) nell'estate del 1930, si riscontra anche un aumento nel numero delle classi di tensione coinvolte. La grande estensione delle perturbazioni si spiega col fatto che fatta eccezione per le reti monofasi (classi 4^a, 5^a e, parzialmente, 8^a di tensione), tutte le altre reti dipendono dalla trasmissione trifase.

Intorno a capodanno può notarsi una contrazione nel numero sia delle perturbazioni che delle classi di tensione colpite. La ragione è evidente: il massimo carico e quindi la massima sollecitazione degli impianti hanno luogo poco prima di Natale.

b) Numero delle classi di tensione coinvolte in ogni perturbazione (fig. 27).

Gli anni 1928 e 1929 presentano a questo riguardo risultati poco divergenti: 2,42 classi di tensione coinvolte per ogni perturbazione verificatasi nel 1928 e 2,57 nel 1929. Poichè nel terzo e quarto trimestre dell'anno 1930 si sono avute alcune perturbazioni di estensione grandissima risulta anche più elevato (4,2) il numero suddetto. La breve durata (tre anni) del periodo di rilevazione non permette di riconoscere se l'estensione delle perturbazioni obbedisca a qualche legge.

c) Numero di casi, in cui furono colpite dalle perturbazioni le reti di distribuzione a bassa tensione.

La Tabella X dimostra che la rete monofase (classe 5^a di tensione) è quella di esercizio più sicuro, poichè in ciascuno dei tre anni presenta il numero minimo di perturbazioni. La ragione di ciò sta nella maniera in cui tale rete viene alimentata e cioè a mezzo di convertitori rotanti i quali vengono mantenuti in esercizio mediante batterie di accumulatori anche quando viene a mancare la normale alimentazione trifase. Nel 1930 le perturbazioni son state particolarmente sentite nelle reti trifasi a bassa tensione (classe 3^a e 6^a di tensione) in conseguenza di numerosi temporali: tale anno è stato però disgraziato anche per la rete monofase poichè si sono ripetutamente manifestati dei guasti ad uno dei convertitori di tipo più vecchio.

V. *Frequenza delle cause riferite all'estensione degli impianti.*

Riferendoci alla breve descrizione degli impianti data al principio del capitolo, vogliamo ancora indicare per quale estensione di impianto si è verificata nella media dei tre anni una perturbazione, in quanto ciò può servire a farsi un'idea generica della sicurezza d'esercizio. Anche da quest'indagine risulta che la rete monofase è quella di esercizio più sicuro: si è

Tabella X.

Numero di casi (‰) in cui la rete di distribuzione a bassa tensione fu negli anni 1928, 1929 e 1930 colpita da perturbazioni.

Anno	Classi di tensione			Totale
	3	5	6	
1928	123,5	55,8	115,5	294,8
1929	143,4	67,8	87,7	298,9
1930	151,3	115,5	139,5	406,3
Totale	418,2	239,1	342,7	1000

Tabella XI.

Numero di localizzazioni delle perturbazioni riferito all'estensione degli impianti quali erano alla fine del 1929; *media degli anni* 1928, 1929 e 1930.

Numero di rubrica	Nelle classi di tensione: 0	1	2	3	4	5	6	
	si è verificata in media in ciascun anno una perturbazione ogni							
210/9	35	—	—	—	—	—	—	generatori;
220/9	esente	3	51	288	—	esente	270	trasformatori;
230/9	—	—	78	—	—	—	—	convertitori o raddrizzatori;
270/9	—	—	80	esente	esente	1266	esente	stazioni (separatori e cond.);
310/9	47	32	13	38	—	esente	100	km di linea aerea;
320/9	esente	esente	49	111	183	467	158	km di cavo;
350/9	—	—	11	1125	—	35000	5800	utenti (prese dei fabbricati);
	—	—	—	243	—	2190	612	utenti (prese dei fabbricati), prendendo in considerazione tutte le perturbazioni prodottesi nelle reti di distribuzione.

trovato infatti in tale rete che su ogni 2190 prese di edifici si è verificato un solo guasto, mentre tale numero si riduce ad un terzo per la rete a 380/220 Volt (Tab. XI). Questo risultato è alle quali si è costruita la presente statistica, ammonta a 200 nè tale cifra deve apparire troppo elevata se si riflette che durante il periodo suddetto l'azienda ha distribuito agli utenti

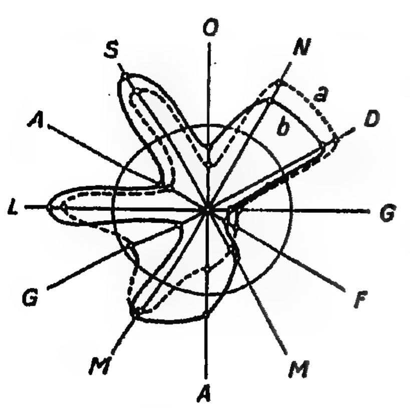


Fig. 24.

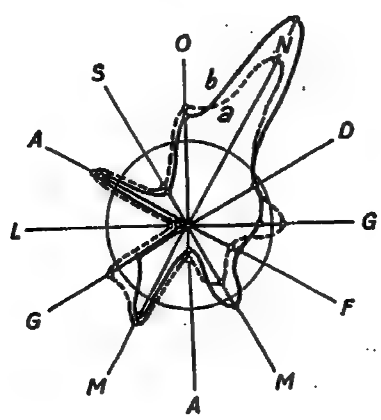


Fig. 25.

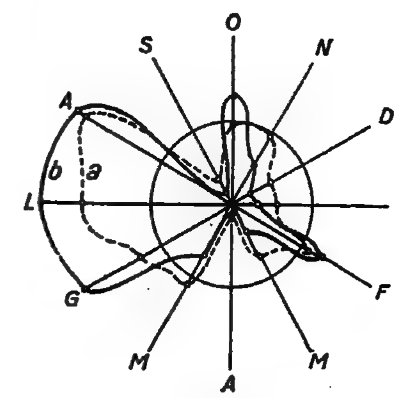


Fig. 26.

Numero mensile delle perturbazioni e delle classi di tensione coinvolte

nell'anno 1928 nell'anno 1929 nell'anno 1930

Curva *a*: Numero delle perturbazioni Curva *b*: Numero delle classi di tensione coinvolte

in accordo con quanto si è detto sotto I*b* e IV*c*. Il numero complessivo di perturbazioni verificatesi nei tre anni, ed in base

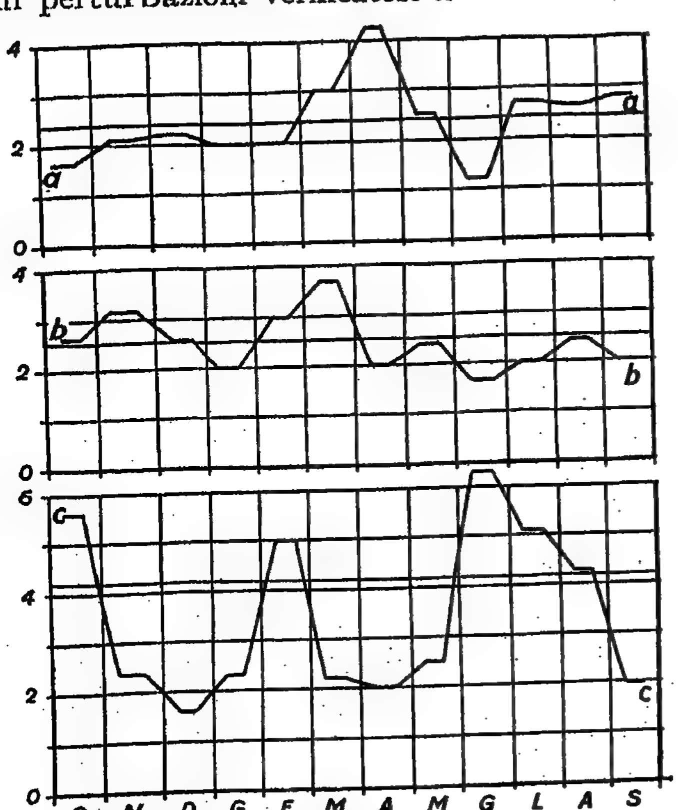


Fig. 27. - Numero medio delle classi di tensione coinvolte in ogni perturbazione.

Curva *a*: 1928 *b*: 1929; *c*: 1930.

600.10^6 kWh in cifra tonda. Si ha quindi in media una perturbazione ogni 3.10^6 kWh. L'azienda si sforza naturalmente di fare in modo che malgrado l'aumento del consumo non abbia a crescere il numero di perturbazioni, ma abbia anzi a diminuire, ottenendo così un miglioramento nella continuità del servizio.

E) Conclusione.

Per quanto il numero di perturbazioni esaminate non possa fornire una base sufficientemente solida per un'indagine così dettagliata, tuttavia può riassumendo affermarsi che si sono trovate coincidenze sorprendenti nel confronto tra anno ed anno o classe e classe. Ciò vale sopratutto per il numero delle cause, in grado minore per la durata delle perturbazioni. Probabilmente il primo risultato non può attribuirsi al caso; la sua spiegazione dovrebbe trovarsi nel fatto che le circostanze le quali danno luogo a perturbazioni sottostanno in certa misura a leggi determinate. Per la durata invece entra in giuoco anche il fattore umano. Quanto esposto vale anche a dimostrare in modo generale quali servizi può rendere il sistema di statistica illustrato per la valutazione quantitativa di relazioni di dipendenza fra circostanze di natura qualsiasi. Se tale indagine verrà proseguita sarà possibile venire a scoprire dei nessi di causalità in molti casi in cui oggi si ritiene trattarsi soltanto di coincidenze fortuite. Sarebbe naturalmente molto interessante se anche altre imprese elettriche si decidessero a pubblicare i risultati di indagini analoghe. Il mutuo scambio delle proprie esperienze nella costruzione e nell'esercizio degli impianti costituirebbe certo un prezioso aiuto per giungere alla eliminazione delle perturbazioni di esercizio.

ING. FELICE FIORENTINI

Dati statistici sulle ferrovie elettriche italiane concesse all'industria privata

Dalla statistica sulle ferrovie concesse all'industria privata relativa all'anno 1927, pregevolissima opera pubblicata a cura dell'Ispettorato Generale delle Ferrovie Tramvie e Automobili, si possono trarre dati assai interessanti sulle ferrovie elettrificate in Italia.

Questi dati sono di grande valore per l'elettrotecnico, non solo perchè mettono in rilievo il notevole progresso da noi raggiunto nel campo dell'elettrotrazione, ma, sopratutto, perchè dimostrano, nel modo più evidente, quali vantaggi l'elettrificazione arrechi anche alle ferrovie a scarso traffico.

LUNGHEZZE DELLE FERROVIE CONCESSE ALL'INDUSTRIA PRIVATA.

La lunghezza di esercizio delle ferrovie concesse all'industria privata era alla fine del 1927 la seguente:

lunghezza totale .... km 4892,173
» delle ferrovie elettrificate (tab. I - col. 3) » 1022,195
percentuale delle linee elettrificate 21%

Tali lunghezze di linee erano così suddivise:

Scartamento linee	Lunghezza in km delle ferrovie			Percentuale lunghezza linee elettriche
	a vapore (1)	elettriche	totale	
Normale	1878,976	286,110	2165,086	13,6%
Ridotto:				
con scart. mm 950 ...	1836,231	495,906	2332,137	21,3%
» » diverso da 950	154,771	240,179	394,950	61,2%
Totale ridotto ...	1991,002	736,085	2727,087	27%
Totale normale e ridotto	3869,978	1022,195	4892,173	21%

(1) Si è compresa fra le linee a vapore sia in questa tabella che in tutto l'articolo, la ferrovia sotterranea delle R. Grotte Demaniali di Postumia a scartamento di mm 620, la quale è esercitata con locomotive a scoppio; questo si è fatto dato la brevissima lunghezza della linea (km 2,235) in modo che, pur evitando i laboriosi calcoli per separarne i dati da quelli della restante rete, non si alterano le risultanze generali.

Dal 1924, anno per il quale era stata pubblicata l'ultima statistica delle ferrovie concesse, si sono avute le seguenti variazioni:

a) *linee di nuova costruzione*:

	lunghezza complessiva	linee a trazione elettrica	Percentuale lunghezza linee elettriche
a scartam. normale .	197,395	35,145	15,8%
» » ridotto...	221,862	80,855	36,5%
Totale	419,257	39,149	28,7%

b) *linee esistenti elettrificate*:

1) a scartamento normale
Torino-Ciriè-Lanzo .... km 42,582
Agordo-Bribano .... » 28,519
Napoli-Pozzuoli-Torregaveta » 19,795

Totale .... km 90,896

2) a scartamento ridotto
Biella-Balma................ » 12,784
Biella-Vallemosso .... » 20,067
Sangritana .... » 149,661

Totale .... km 182,506

Totale lunghezza linee esistenti a scartamento normale e ridotto elettrificate .... km 273,402

CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE.

Nei riguardi delle caratteristiche altimetriche le ferrovie concesse possono essere così suddivise:

Lunghezza in km delle linee	SCARTAMENTO					
	NORMALE			RIDOTTO		
	Totale linee concesse	Linee elettriche	Percentuale linee elettr.	Totale linee concesse	Linee elettriche	Percentuale linee elettr.
1	2	3	4	3	6	7
a) con pendenza fino al 16 ‰	1203,287	19,785	1,64	132,272	—	—
b) » » » » 25 ‰	714,102	178,385	25	257,343	7,568	3
c) » » » » 35 ‰	218,462	71,491	32,5	700,507	288,560	16,1
d) » » » » 50 ‰	—	—	—	365,044	181,638	49,7
e) » » oltre il 50 ‰	22,664	17,354	76,5	272,877	277,871	100
f) a cremagliera	—	—	—	16,722	5,800	34,7

Caratteristiche planimetriche.

Dalla Tabella 1, col. 5 si rilevano le seguenti caratteristiche: fra le ferrovie elettriche a scartamento normale una ha raggi minimi di 120 metri, le altre hanno raggi di 150, 200, 250, 300 ed una sola di 500 m; fra le ferrovie a scartamento ridotto alcune hanno raggio minimo di 24 m, di 25 m, e di 30 m, rispettivamente, le altre raggi sempre maggiori di 35 m, di 40 m, di 50 m, di 60 m, di 62 m, di 70 m, di 80 m, e due sole raggi di 100 e di 120 m. Queste caratteristiche dimostrano chiaramente che trattasi di linee le quali per la massima parte si svolgono lungo percorsi accidentati.

Sistema di trazione.

Dalla Tabella I risulta che al 31 dicembre 1927 erano esercitate con trazione elettrica le seguenti ferrovie:

a) A scartamento normale:

Nº	FERROVIA	Lunghezza di esercizio km	Sistema di elettrificazione: corrente	tensione sul filo di cont. V	frequenza	Tipo sospensione linea	Sezione filo di contatto mm²	Nº sottostazioni	Potenza installata: di esercizio kW	di riserva kW
1	Torino-Ciriè-Lanzo-Ceres	42,582	c.	3600	—	longitudinale	60	1	650	650
2	Roma-Ostia	24,745	»	2400	—	»	80	1	1800	900
3	Agordo-Bribano	28,519	»	2000	—	»	80	1	500	500
4	Napoli-Pozzuoli-Torregaveta	19,785	»	1200	—	»	85	1	800	400
5	Bolzano-Caldaro-S. Antonio	17,150	»	1200	—	trasversale	78	1	240	—
6	Umbertide-Terni e diram.-Perugia	112,683	m.	11000	25	longitudinale	65	1	1500	750
7	Bergamo-S. Giovanni Bianco-S. Martino dei Calvi	40,646	m.	6000	25	»	80	1	1500	1200
	Totale km	286,110						7	6990	4400

Risulta in totale una lunghezza di esercizio di km 286,110 di ferrovie a scartamento normale esercitate dalla industria privata con trazione elettrica, di cui km 132,781 a c. c. e km 153,329 a corrente monofase.

b) A scartamento ridotto:

Nº	FERROVIA	Lunghezza di esercizio km	Sistema di elettrificazione: corrente	tensione sul filo di cont. V	frequenza	Tipo sospensione linea	Sezione filo di contatto mm²	Nº sottostazioni	Potenza installata: di esercizio kW	di riserva kW
1	Sangritana	149,661	c.	2400	—	longitudinale	63	2	1800	1200
2	Spoleto-Norcia	50,946	»	2400	—	trasversale	65	1	600	600
3	Biella-Balma e Biella-Valle Mosso	32,845	»	2400	—	»	65÷85	1	1100	1800
4	Ferrovie Vicinali	139,496	»	1500	—	longitudinale	108	5	2750	750
5	Circumvesuviana	68,918	»	1200	—	»	100	4	3100	2100
6	Agnone-Pescolanciano	37,472	»	1200	—	»	80	1	75	75
7	Domodossola-Confine Svizzero	32,245	»	1200	—	trasversale	70	2	800	800
8	Pracchia-S. Marcello-Mammiano	16,568	»	1200	—	»	65	1	350	350
9	Intra-Premeno	13,341	»	1200	—	»	65	1	300	300
10	Dermulo-Fondo-Mendola	23,681	»	800	—	»	2×50	2	324	—
11	Bolzano-Collalbo	11,746	»	750	—	»	2×53	1	220	220
12	Chieti-Stazione	8,762	»	750	—	»	90	1	160	110
13	Ghirla-P. Tresa-Luino e Bettole di Varese-Luino	46,877	»	600	—	»	75 2×50	4	1900	800
14	Castelraimondo-Camerino	11,546	»	600	—	»	78	1	96	96
15	Vesuviana	7,700	»	550	—	longitudinale	2×50	1	130	130
16	Napoli-Piedimonte d'Alife	39,805	m.	11000	25	»	53	3	750	750
17	Civita Castellana-Viterbo	44,476	m.	6000	25	»	52	1	480	240
	Totale km	736,085						32	14035	10321

Risulta in totale una lunghezza di esercizio di km 736,085 di ferrovie a scartamento ridotto esercitate dall'industria privata con trazione elettrica, di cui km 651,804 a corrente continua e km 84, 281 a corrente alternata.

Complessivamente la lunghezza di esercizio delle linee ferroviarie esercitate dall'industria privata con trazione elettrica risultava al 31 dicembre 1927 di km 1022,195 di cui km 286,110 a scartamento normale e km 736,085 a scartamento ridotto.

Nella tabella capo pag. si ha una suddivisione delle linee ferroviarie elettriche private secondo le caratteristiche elettriche.

Corrente	Tensione in V	Lunghezza in km	Percentuali rispetto alle lunghezze totali
Monofase	11000	152,488	14,9
»	6000	85,122	8,3
Continua	3600	42,582	4,2
»	2000÷2600	286,716	28,—
»	1000÷1500	344,975	33,8
»	500÷800	110,312	10,8
		1022,195	100,—

TABELLA I.

	FERROVIE	Scartamento	Lunghezza di esercizio	Pendenza massima °/₀₀	Raggio minimo delle curve m	Armamento peso per ml. delle rotaie kg	Sistema di elettrificazione: Corrente	Sistema di elettrificazione: Tensione al filo di contatto	Sistema di elettrificazione: Frequenza	Linea di contatto: Longitudine	Linea di contatto: Trasversale	Linea di contatto: Sezione del filo di contatto mm²	Sottostazioni: Numero	Sottostazioni: Potenza oraria di esercizio	Sottostazioni: Potenza oraria di riserva	Sottostazioni: Potenza oraria Totale	Locomotori: N.	Locomotori: Potenza unitaria oraria kW	Locomotori: Potenza totale oraria kW	Automotrici: N.	Automotrici: Potenza unitaria oraria	Automotrici: Potenza totale oraria	Velocità max di esercizio in km/ora	Composizione media dei treni: Viaggiatori e misti tonn.	Composizione media dei treni: Solo merci tonn.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Scartamento normale:																								
1	Torino-Ciriè-Lanzo-Ceres (Valli di Lanzo)	n.	42,582	35	200	30	C	3600	—	l		60	1	650	650	1300	1 5	100 400	— 2100	2	200	400	60	125	—
2	Bergamo-S. Giovanni Bianco S. Martino de' Calvi (Valle Brembana)	»	40,646	24	150	27,6	M	6000	25	»		80	1	1500	1200	2700	5 3	200 400	— 2200	—	—	—	60	60	150
3	Bribano-Agordo	»	28,519	52	150	30	C	2000	—	—	tr	80	1	500	500	1000	4	520	2080	—	—	—	40	60	60
4	Bolzano-Caldaro-S. Antonio (Transatesina)		17,150	61,91	120	25	C	1200	—	—	tr	78	1	240	—	240	—	—	—	4	180	720	45	51	58
5	Umbertide-Terni-P. S. Giovanni-Perugia (Ferrovia Centrale Umbra)	»	112,683	20 60	330 250	27,6	M	11000	25	l	—	65	1	1500	750	2250	13	280	3640	—	—	—	—	105	110
6	Roma-Ostia	»	24,745	19	500	36	C	2400	—	l	—	80	1	1800	900	2700	8	647	5176	5	266	1330	65	115	157
7	Napoli-Pozzuoli-Torregaveta (Ferrovia Cumana)		19,785	10	200	36	C	1200	—	l	—	85	1	800	400	1200	1	54	54	9	270	2430	45	93	93
	Totali ferrovie a scart. normale		286,110										7	6990	4400	11390	40		15250	20		4880			
	Scartamento ridotto:																								
8	Biella-Balma	95	12,778	41	70	21 27,6	C	2400	—	—	tr	65	—	—	—	—	2	235	470	7	235	1645	48	70 80	—
	Biella-Vallemosso	»	20,067	28	62	30	—	»	—	—	»	85													
9	Pracchia-S. Marcello-Mammiano	»	16,568	43	35	25,4	C	1200	—	—	tr	65	1	350	350	700	2	200	440	3	220	650	20	—	—
10	Sangritana	»	149,661	30	80	25	C	2400	—	l	—	63	2	1800	1200	3000	14 4	240 120	3780	—	—	—	45	30	—
11	Spoleto-Norcia	»	50,946	45	70	25	C	2400	—	—	tr	65	1	600	600	1200	—	—	—	5	303	1515	35	60	—
12	Ferrovie Vicinali-Roma	»	139,496	60	35	27,6	C	1500	—	l	—	108	5	2750	750	3500	9 4	280 204	— 3330	6 10 10	280 204 102	— 4740	40 —	— —	— —
13	Agnone-Pescolanciano	»	37,472	60	30	21,4	C	1200	—	l	—	80	1	75	75	150	2	110	220	3	110	330	25	22	32
14	Ferrovie Circumvesuviane	»	68,918	30	120	30	C	1000	—	l	—	100	4	3100	2100	5200	—	—	—	8 15	400 200	— 6200	— 55	77	65
	Totali ferrovie scartamento 0,950		495,906														37		8240	67		15090			
15	Intra-Premeno	100	13,341	73	40	27,3	C	1350	—	—	tr	65	1	300	300	600	—	—	—	4	60	240	20	54	—
16	Domodossola-conf. Svizzero	»	32,245	60	50	25	C	1200	—	—	tr	70	2	800	800	1600	—	—	—	6	324	1944	45	51	—
17	Bolzano-Collalbo	»	11,746	45 256	50 80	17,9 21,9	C	750	—	—	tr	53	1	220	220	440	4	220	880	4	60	240	25	45	—
18	Dermulo-Fondo-Mendola	»	23,681	78	40	21,9	C	800	—	—	tr	50	2	324	—	324	—	—	—	5	350	1750	20	49	—
19	Civita Castellana-Viterbo	»	44,476	32	100	21	M	6000	25	l	—	52	1	480	240	720	4	112	448	3	112	336	50	24	40
20	Castelraimondo-Camerino	»	11,546	95	25	21	C	600	—	—	tr	78	1	96	96	192	3	64	192	4	64	256	30	12	12
21	Chieti città-Chieti stazione	»	8,762	62	24	20	C	750	—	—	tr	90	1	160	110	270	1 1	120 66	— 186	1 3	78 66	— 576	36 —	21 —	35 —
22	Ferrovia del Vesuvio	»	7,700	80 50	50	20	C	550	—	l	—	50	1	130	130	260	1 2	140 116	— 372	2 2 3	78 59 36	— — 382	—	—	—
23	Napoli-Piedimonte d'Alife (Ferrovia Alifana)	»	39,805	40	60	22	M	11000	25	l	—	53	3	750	750	1500	2	260	520	9	260	2340	45	—	—
24	Varese-Luino-P. Tresa-Ghirla	110	46,877	48	50	18 21 23	C	600	—	—	tr	50 75	4	1000	800	1800	1 1 1	156 100 57	— 313	6 2 2	156 114 90	— 1344	35	40	40
	Totale ferrovie scartam. ridotto diverso da 950		240,179										[illegible]	14035	10321	24356	21 58	—	2911 11151	56 123		9408 24498			

Sottostazioni.

Dalla Tabella I, col. 13 si rileva che al 31 dicembre 1927 erano installate 39 sottostazioni per una lunghezza di ferrovie a trazione elettrica di km 1022,195 ossia 1 sottostazione ogni 31,943 km di ferrovia.

Di tali sottostazioni 4 erano per corrente monofase 11000 V, 25 per.; 2 per corrente monofase 6000 V, 25 per.; 1 per corrente continua 3600 V; 6 per corrente continua da 2000 a 2600 V; 16 per corr. cont. da 1000 a 1500 V; 10 per corr. cont. da 550 a 800 V.

Risulta quindi che per le linee a corrente monofase a 11000 V vi era una sottostazione ogni 38,122 km, per quelle a corr. mon. 6000 V vi era una sottostazione ogni 42,561 km, per quelle a corr. cont. 3600 V una sottostazione ogni 42,582 km per quelle a corr. cont. 2000÷2600 V una sottostazione ogni 47,786 km, per quelle a corr. cont. 1000÷1500V una sottostazione ogni 21,561 km e per quelle a corr. cont. 550÷800 V una sottostazione ogni 11,031 km.

La potenza totale installata era di 35,746 kW (21025 kW di esercizio e 14721 di riserva) la quale riferendosi al tipo di scartamento si suddivideva nel modo seguente:

Scartamento linee	Potenza installata nelle sottostazioni			Potenza per km di linea		
	di eserciz. kW	di riserva kW	totale kW	di eserc. kW	di riser. kW	compl. kW
Normale	6990	4400	11390	23,3	15,4	38,7
Ridotto	14035	10321	24356	19,4	10,6	33
Valori medi .				20,5	14,5	35

Riferendosi invece al tipo di corrente la potenza installata e quella per km di linea restano così suddivise:

Tipo di corrente	TENSIONE in V	POTENZA INSTALLATA			Potenza per km di linea		
		di eserciz. kW	di riserva kW	totale kW	di eserciz. kW	di riserva kW	totale kW
M	11000	2250	1500	3750	14,7	9,8	24,5
»	6000	1980	1440	3420	23,2	16,9	40,1
C	3600	650	650	1300	15,2	15,2	30,4
»	2000÷2600	5800	5000	10800	20,2	17,4	37,6
»	1000÷1500	8415	4775	13190	24,4	13,8	38,2
»	550÷800	1930	1356	3286	17,4	12,2	29,7

Materiale rotabile.

Al 31 dicembre 1927 erano in servizio i seguenti trattori elettrici (Tab. I, coll. 17 e 20):

	locomotori	automotrici	totale
a scartamento normale	40	20	60
» » ridotto	58	123	181
Totale	98	143	241

con una potenza totale oraria (v. Tab. I, coll. 19-22):

	locomotori	automotrici	totale
a scartamento normale di kW	15.250	4.880	20.130
» » ridotto » »	11.151	24.498	35.649
Totale .... kW	26.401	29.378	55.779

La dotazione risultava quindi, nelle ferrovie a scartamento normale, di 1 locomotore ogni 7,152 km di linea elettrica, di una automotrice ogni 14,304 km di linea elettrica ed in totale di un trattore ogni 4.768 km di linea elettrica.

Per le ferrovie a scartamento ridotto la dotazione era di 1 locomotore ogni 12,691 km di linea, di 1 automotrice ogni 5,984 km di linea e in totale di 1 trattore ogni 4,066 km di linea.

Complessivamente su tutte le linee elettrificate la dotazione era di 1 locomotore ogni 10,430 km di linea, di 1 automotrice ogni 7,148 km di linea e in totale di 1 trattore ogni 4,241 km di linea.

Nei riguardi della potenza oraria per unità i trattori si raggruppavano così:

	NUMERO TRATTORI DI POTENZA ORARIA FINO A kW						
	100	200	300	400	500	600	700
A scartamento normale:							
locomotori	2	5	13	8	—	4	8
automotrici	—	6	14	—	—	—	—
Totale	2	11	27	8	—	4	8
A scartamento ridotto:							
locomotori	6	15	37	—	—	—	—
automotrici	25	39	35	24	—	—	—
Totale	31	54	72	24	—	—	—
Per tutte le linee:							
locomotori	8	20	50	8	—	4	8
automotrici	25	45	49	24	—	—	—
Totale	33	65	99	32	—	4	8

In base ai sistemi di trazione, la suddivisione dei trattori era la seguente:

Sistema di elettrificazione	Locomotori elettrici		Automotrici elettr.	
	N°	Potenza kW	N°	Potenza kW
Scartamento normale:				
Corrente continua 3600 V (Torino-Ciriè-Ceres)	6	400	2	200
Corrente continua 2400 V (Roma-Ostia)	8	647	5	266
Corrente continua 2000 V (Bribano-Agordo)	4	520	—	—
Corrente continua 1200 V (Cumana)	1	270	9	270
(Bolzano-S. Antonio) ...	—	—	4	180
Corrente alternata mon. a 6000 V (Valle Brembana).	8	200÷400	—	—
Corrente alternata mon. a 11000 V (Ferr. Centr. Umbra)	13	280	—	—
Totali	40		20	

Sistema di elettrificazione	Locomotori elettrici		Automotrici elettr.	
	N°	Potenza kW	N°	Potenza kW
Scartamento ridotto:				
Corrente continua 550÷600 V (linee: Ghirla-Luino e Bettole-Luino, Castelraimondo-Camerino, Pugliano-Stazione inferiore Funicolare Vesuviana	9	57÷156	21	36÷156
Corrente continua 750÷800V (linee: Bolzano-Collalbo-Dermulo-Mendola, Chieti-Stazione)	6	66÷220	13	60÷350
Corrente continua 1200 V (linee: Intra-Premeno, Domodossola-Confine Svizzero, Pracchia-S. Marcello-Agnone - Pescolanciano, Ferrovia Circumvesuviana)	4	110÷120	39	60÷600
Corrente continua 1500 V Ferrovie Vicinali	13	204÷280	26	102÷280
Corrente continua 2400 V (linee: Ferrovie Biellesi, Ferrovia Sangritana, Spoleto-Norcia)	20	120÷240	12	235÷303
Corrente monofase 6000 V (Civitacastellana-Viterbo)	4	112	3	112
Corrente monofase 11000 V (Napoli Biforcazione per Capua della linea Napoli-Piedimonte d'Alife)	2	260	9	260

MOVIMENTO E TRAFFICO.

Risulta dalla statistica dell'Ispettorato che per le ferrovie concesse a scartamento normale il numero delle coppie giornaliere di treni variava da un minimo di 2 ad un massimo di 35.

Complessivamente sulle linee a scartamento normale durante il 1927 si erano effettuati 8.647.500 treni-chilometro viaggiatori e misti e 1.658.828 treni merci con un totale di 10.306.328 treni-chilometro.

Risulta un numero annuo di 4.843,1 treni-chilometro per chilometro di linea e di 13,27 treni-chilometro al giorno per chilometro di linea, pari a 6,6 coppie giornaliere di treni, di cui 5,5 viaggiatori e misti e 1,1 merci.

Riferendosi alle sole linee elettrificate a scartamento normale si rileva dalla tabella II che il numero delle coppie di treni viaggiatori e misti variava da un minimo di 3 ad un massimo di 35.

I treni-chilometro effettuati durante il 1927 furono in numero di 1.680.192 viaggiatori e misti e di 251.585 merci con un totale di 1.931.777.

Le percentuali dei treni effettuati sulle linee elettriche rispetto a tutte le linee concesse a scartamento normale risultavano quindi del 19,5 % per i treni viaggiatori e misti, del 15,1% per i treni merci, e del 10,7% per il totale.

Il numero di treni-chilometro elettrici per chilometro di linea risultava di 6754,2 all'anno e di 18,5 al giorno pari a 9 coppie giornaliere di treni delle quali 8,8 viaggiatori e misti e 1,2 merci.

Sulle linee a scartamento ridotto nel 1927 si è avuto un minimo di 2 coppie giornaliere ed un massimo di 26 coppie.

Il numero di treni-chilometro viaggiatori e misti è stato di 8.985.476 e dei treni-chilometro merci di 819.262 con un totale di 9.804.738 treni chilometro effettuati nell'anno.

Il movimento per chilometro di linea è quindi risultato di 3.562,6 treni-chilometro per anno pari a 9,76 treni-chilometro per giorno e cioè ad una media di 4,80 coppie giornaliere di treni delle quali 4,39 viaggiatori e 0,41 merci.

Gli stessi dati riferiti alle ferrovie a scartamento ridotto elettrificate (Tab. II) danno un minimo di 3 coppie e un massimo di 26 coppie giornaliere con una percorrenza annua di 4.978.313 treni-chilometro viaggiatori e misti e di 395.057 treni-chilometro merci, con un totale annuo di 5.373.370 treni-chilometro.

E pertanto la percentuale dei treni-chilometro elettrici, rispetto alle percorrenze su tutte le ferrovie a scartamento ridotto, è stata del 55,4% per i treni viaggiatori e misti, del 48,2% per i treni merci e del 55,3% per il totale.

La percorrenza per chilometro di linea sulle ferrovie elettriche a scartamento ridotto risultava quindi di 7299,9 treni-chilometro pari a 19,99 treni-chilometro per giorno e cioè a 10 coppie giornaliere di treni delle quali 9,26 di treni viaggiatori e misti e 0,74 di treni merci.

In totale sono stati effettuati su tutte le linee concesse 20.111.066 treni-km, di cui 17.632.976 viaggiatori e misti e 2.478.090 merci, con un percorso di 4071 treni-chilometro/anno, e di 11,15 treni-km/giorno per chilometro di linea, pari a 6 coppie di treni di cui 5 viaggiatori e misti e 1 merci.

Su tutte le linee elettrificate sono stati effettuati 7.305.147 treni-chilometro, di cui 6.658.505 viaggiatori e misti e 646.642 merci, pari rispettivamente al 36,5% al 38% e al 26,1% delle percorrenze totali.

Per chilometro di linea elettrica sono stati quindi effettuati 7146 treni-chilometro/anno, e cioè 19,57 treni-chilometro/giorno, ai quali corrispondono 10 coppie di treni di cui 9 viaggiatori e misti e 1 merci.

PRODOTTO DELL'ESERCIZIO.

Il prodotto lordo dell'esercizio nel 1927 è risultato:

per le ferrovie a scartamento normale
L. 213.037.093 pari a L. 100.111 per km di linea;

per le ferrovie a scartamento ridotto
L. 99.084.442 pari a L. 36.374 per km di linea;

complessivamente per tutte le linee concesse
L. 312.121.535 pari a L. 64.328 per km di linea.

Gli stessi dati riferiti alle linee a trazione a vapore danno:

per le ferrovie a scartamento normale
L. 180.460.724 pari a L. 96.042 per km di linea;

per le ferrovie a scartamento ridotto
L. 53.677.468 pari a L. 26.960 per km di linea;

complessivamente
L. 234.138.192 pari a L. 59.778 per km di linea.

Riferiti invece alle ferrovie elettriche risultano:

per le ferrovie a scartamento normale
L. 34.448.329 pari a L. 120.402 per km di linea;

per le ferrovie a scartamento ridotto
L. 47.598.063 pari a L. 64.663 per km di linea;

complessivamente
L. 82.066.392 pari a L. 80.292 per km di linea.

Questi prodotti (dopo aver dedotto le tasse erariali) son così ripartiti:

SERVIZI	PRODOTTO TRAZIONE A VAPORE in Lire			PRODOTTO TRAZIONE ELETTRICA in Lire			PRODOTTO COMPLESSIVO in Lire		
	totale	per km	in %	totale	per km	in %	totale	per km	in %
Scartamento normale									
Viaggiatori	79.048.373	41.308	46,4	19.539.394	68.167	59,9	98.587.767	44.800	48,6
Bagagli	1.112.206	580	0,7	264.742	925	0,9	1.376.948	625	0,7
Merci a G. V.	5.257.673	2.746	3,1	581,016	2.030	1,9	5.838.689	2.653	2,9
» » P. V.	72.164.794	37.694	42,4	9.043.788	31.609	27,7	81.208.582	36.902	40,1
Vari	12.544.712	6.552	7,4	3.183.429	11.126	9,6	15.728.141	7.147	7,7
Totali	170.127.758	88.880	100	32.612.369	113.857	100	202.740.127	92.127	100
Scartamento ridotto									
Viaggiatori	26.204.376	13.087	53,5	35.615.663	48.782	78,5	61.820.039	22.575	65,5
Bagagli	420.707	210	0,8	275.535	350	0,5	696.242	246	0,7
Merci a G. V.	3.961.305	1.978	8,2	533.903	731	1,2	4.495.208	1.641	4,8
» » P. V.	13.923.899	6.953	28,4	7.031.003	9.630	15,5	20.954.902	7.652	22,2
Vari	4.472.169	2.233	9,1	1.930.870	2.672	4,3	6.403.039	2.345	6,8
Totali	48.982.456	23.461	100	45.386.974	62.165	100	94.369.430	34.459	100
Scartamento normale e ridotto									
TOTALI GENERALI	219.110.214	55.950	—	77.999.343	76.290	—	297.109.557	60.156	—

I prodotti riferiti al treno-chilometro sono stati i seguenti:

sulle ferrovie a scartamento normale L. 20,31 per la trazione a vapore, contro L. 16,86 per la trazione elettrica e complessivamente L. 19,67;

sulle ferrovie a scartamento ridotto L. 11,05 per la trazione a vapore contro L. 8,44 per la trazione elettrica e complessivamente L. 9,72;

su tutte le ferrovie concesse L. 17,11 per la trazione a vapore, contro L. 10,67 per la trazione elettrica e complessivamente L. 14,76.

PRODOTTI DEL TRAFFICO DELLE VARIE LINEE.

Secondo il prodotto chilometrico le ferrovie elettriche si possono così suddividere:

A SCARTAMENTO NORMALE:

INDICAZIONI DELLE LINEE	Lunghezza di esercizio km	Prodotto chilometrico totale L.	Percentuale del prodotto chilometrico: Viaggiatori e bagagli	Percentuale del prodotto chilometrico: Merci a G. e P. V. e prod. vari	Limite del prodotto chilometrico
Torino-Ceres	42,582	249.510	53	47	Fra L. 250.000 e L. 100.000
Roma-Ostia	24,745	232.538	90	10	
Napoli-Torregaveta	19,785	170.096	98	2	
Bergamo-S.Martino	40.646	132.582	41	59	
	127,758	196.720 (media)			
Bolzano-Caldaro-S.Antonio	17,150	82.127	62	38	Fra L. 100.000 e L. 50.000
Umbertide-Perugia	112,683	43.600	46	54	Fra L. 50.000 e L. 30.000
Agordo-Bribano	28,519	39.337	31	69	
	141,202	42.740 (media)			

A scartamento ridotto:

Indicazioni delle linee	Lunghezza di esercizio km	Prodotto chilometrico totale L.	Percentuale del prodotto chilometrico: Viaggiatori e bagagli	Percentuale del prodotto chilometrico: Merci a G. e P. V. e prod. vari	Limite del prodotto chilometrico
Napoli-Poggiomarino	34,572	257.968	96	4	Superiore a L. 100.000
Napoli-Sarno	38,524	147.025	96	4	
Ferrovia del Vesuvio	7.700	110.267	98	2	
Totale	80.796	176.930 (media)			
Bolzano-Collalbo	11,746	97.797	79	21	Fra L. 100.000 e L. 50.000
Biella-Vallemosso	20,067	96.805	74	26	
Biella-Balma	12,778	87.514	62	38	
Chieti città-Chieti staz.	8,762	70.952	85	15	
Ferrovie vicinali	139,496	69.724	84	16	
Pracchia-S. Marcello	16,568	57.751	34	66	
Varese-Luino	24,779	55.054	86	14	
Napoli-Piedimonte	39,805	54.301	69	31	
Totale	274,001	66,890 (media)			
Domodossola-Confine	32,245	46.051	70	30	Fra L. 50.000 e L. 30.000
Intra-Premeno	13,341	31.825	99	1	
Totale	45,586	41.882 (media)			
Ghirla-P. Tresa-Luino	22,098	29.608	75	25	Fra L. 30.000 e L. 15.000
Sangritana	149,661	26.311	54	46	
Spoleto-Norcia	50,446	22.635	47	53	
Dermulo-Fondo-Mendola	23,681	22.261	58	42	
Castelraimondo - Camerino	11,546	22.013	67	33	
Civita Castellana-Viterbo	44,476	18.660	69	31	
Agnone-Pescolanciano	34,472	15.006	41	59	
Totale	336,880	27.555 (media)			

Coefficiente medio di esercizio.

Le spese di esercizio per le ferrovie a scartamento normale sono state nel 1927 le seguenti:

per le ferrovie a vapore L. 150.884.322 pari a L. 78.811 per km di linea;

per le ferrovie elettriche di L. 24.604.513 pari a L. 85.996 per km di linea;

in totale di L. 175. 488.835 pari a L. 79.746 per km di linea.

Il coefficiente medio di esercizio è risultato:

per le ferrovie a vapore 88

» » » *elettriche* 75

per tutte le ferrovie a scartamento normale concesse 86

Per le ferrovie a scartamento ridotto le spese di esercizio sono state le seguenti:

per le ferrovie a vapore di L. 65.645.858 pari a L. 32.785 per km di linea;

per le ferrovie elettriche di L. 42.137.168 pari a L. 57.244 per km di linea;

in totale L. 107.783.026, pari a L. 39.360 per km di linea.

Il coefficiente medio di esercizio risulta:

per le ferrovie a vapore 134

» » » *elettriche* 92

per tutte le ferrovie a scartamento ridotto concesse 114

In complesso per tutte le linee concesse si sono avute le seguenti spese:

linee a vapore L. 216.530.180 pari a L. 55.282 per km con coefficiente di esercizio 98

linee elettriche L. 66.741.681 pari a L. 65.292 per km con coefficiente di esercizio 85

in totale L. 283.271.861 pari a L. 57.354 per km con un coefficiente medio di esercizio uguale a 95.

La spesa per treno-chilometro è risultata:

per le ferrovie a scartamento normale :

con trazione a vapore L. 18,01

» » elettrica » 12,73

complessivamente ... » 17,03

per le ferrovie a scartamento ridotto :

con trazione a vapore. L. 15,15

» » elettrica . » 7,84

complessivamente .... » 11,11

per tutte le ferrovie concesse :

con trazione a vapore . L. 17,04

» » elettrica.. » 9,13

complessivamente .... » 14,16

Secondo il coefficiente di esercizio le ferrovie concesse possono essere così suddivise:

Coefficiente di esercizio	Ferrovie concesse: a vapore — N° delle linee	a vapore — Lunghezza in km	elettriche — N° delle linee	elettriche — Lunghezza in km	totale — N° delle linee	totale — Lunghezza in km
Scartamento normale						
inferiore a 80	3	282,615	3	107,973	6	390,588
fra 80 e 90	13	546,658	2	45,669	15	582,327
fra 90 e 100	10	277,449	2	132,468	12	409,917
fra 100 e 120	12	321,337	—	—	12	321,337
fra 120 e 150	6	386,737	—	—	6	386,737
superiore a 150	3	74,180	—	—	3	74,180
Scartamento ridotto						
inferiore a 80	1	2,585	2	32,485	3	35,070
fra 80 e 90	—	—	5	313,516	5	313,516
fra 90 e 100	8	297,824	3	155,958	11	453,782
fra 100 e 120	6	348,296	3	64,692	9	408,988
fra 120 e 150	1	126,066	5	124,598	6	189,511
superiore a 150	6	1281,744	1	44,476	7	1326,220
Complessivamente per tutte le ferrovie concesse						
inferiore a 80	4	285,200	5	140,458	9	434,658
fra 80 e 90	13	546,658	7	359,185	20	895,843
fra 90 e 100	18	575,273	5	288,426	23	863,699
fra 100 e 120	18	669,633	3	64,692	21	730,325
fra 120 e 150	7	512,803	5	124,598	12	576,248
superiore a 150	9	1355,924	1	44,476	10	1400,400

Se ne deduce che su di una lunghezza reale di esercizio di km 2.165,096 di ferrovie a scartamento normale il 18% aveva il coefficente di esercizio inferiore a 80 (di cui il 27,64% elettriche), il 26,9% il coefficente di esercizio compreso fra 80 e 90 (di cui il 78,42% elettriche), il 19% il coefficente di esercizio compreso fra 90 e 100 (di cui il 32,31% elettriche), il 14,9% il coefficente di esercizio compreso fra 100 e 120 (di cui nessuna elettrica), il 17,8% il coefficente di esercizio fra 120 e 150 (di cui nessuna elettrica) e il 3,4% il coefficente di esercizio superiore a 150 (di cui nessuna elettrica).

In complesso il 63,9% in lunghezza delle linee aveva coefficente di esercizio attivo e il 36,1% di esercizio passivo. Quest'ultima parte si riferisce soltanto alla trazione a vapore.

Riferendosi al numero si ha invece che su 47 ferrovie a scartamento normale e a trazione a vapore solo 33, pari al 17,02% avevano coefficente di esercizio attivo, e su 7 ferrovie elettriche il 100% aveva coefficente di esercizio attivo.

Per le ferrovie a scartamento ridotto su una lunghezza reale di esercizio di km 2738,381, l'1,3% aveva coefficente di esercizio inferiore ad 80 (di cui il 92,62 a trazione elettrica); l'11,5% coefficente fra 80 e 90 (di cui il 100% a trazione elettrica); il 16,6% coefficente fra 90 e 100 (di cui 13,43% a trazione elettrica); il 15% coefficente di esercizio fra 100 e 120 (di cui 15,81% a trazione elettrica), il 6,9% coefficente di esercizio fra 120 e 150 (di cui il 65,7% a trazione elettrica) e il 48,7% coefficente di esercizio superiore a 150 (di cui 33,53 a trazione elettrica).

In complesso il 29,4% in lunghezza delle ferrovie a scartamento ridotto (di cui il 62,5% a trazione elettrica) aveva coefficente di esercizio attivo e il 70,6% (di cui solo il 12,3% a trazione elettrica) aveva coefficente di esercizio passivo.

Riferendosi al numero si trova che su 22 ferrovie a scartamento ridotto con trazione a vapore 9,ossia il 40,9%, avevano coefficente di esercizio attivo, mentre su 19 ferrovie con trazione elettrica 10, ossia il 52,6%, aveva coefficente di esercizio attivo.

Complessivamente per tutta la rete di ferrovie concesse km 2.185,200, ossia il 44,7%, avevano coefficente di esercizio attivo, mentre km 2.706, 970 avevano coefficente di esercizio passivo.

Riferendosi anche qui al numero, su 95 ferrovie concesse, 52 ossia il 54,73% avevano coefficente di esercizio attivo, mentre 43, ossia il 45,26% avevano coefficente passivo.

Fra le linee a trazione a vapore su 69 ferrovie 35, ossia il 50,72%, avevano coefficente di esercizio attivo, mentre fra quelle a trazione elettrica su 26 avevano coefficente attivo 17 ossia il 65,38%.

Spese di personale.

Dalla Tabella II risultano il numero degli agenti, la spesa totale del personale (ripartita secondo le varie categorie di agenti) e quella chilometrica, nonchè la percentuale rispetto alla spesa totale di esercizio.

Per quanto riguarda il numero degli agenti si sono avuti i risultati raccolti nella tabella che segue per l'esercizio 1927:

Scartamento	Trazione	Numero complessivo degli agenti			Nº degli agenti per km	Nº degli agenti ogni milione di treni-km
		di ruolo	avventizi	totale		
Normale..	a vapore	6.262	1.929	8.191	4,3	975
	elettrica	1.055	462	1.517	5,3	784
	totale	7.317	2.391	9.708	4,5	942
Ridotto ..	a vapore	3.319	1.765	5.084	2,5	1155
	elettrica	2.315	521	2.836	3,2	588
	totale	5.634	2.286	7.920	2,9	816
Totale ...	a vapore	9.581	3.694	13.275	3,4	1037
	elettrica	3.370	983	4.353	4,2	596
	Totale	12.951	4.677	17.628	3,3	880

La spesa totale del personale è stata:

sulle ferrovie a vapore	.... L.	200.619.739
» » elettriche	.... »	39.345.619
Totale	.... L.	239.965.358

La spesa per chilometro di linea e per treno-chilometro è risultata:

Scartamento	Trazione	Spese di personale			Percentuale rispetto alla spesa totale di esercizio
		complessivo	per chilometro	per treno-km	
Normale ...	a vapore	73.532.910	38.408	8,78	48,73
	elettrica	14.235.714	48.756	7,37	57,85
	Totale	87.768.624	39.884	8,51	50,01
Ridotto ...	a vapore	39.318.205	19.442	8,87	59,89
	elettrica	25.109.905	34.112	4,67	59,59
	Totale	64.428.110	23.527	6,63	59,77
Totale	a vapore	112.851.115	28.812	8,88	52,11
	elettrica	39.345.619	38.491	5,38	58,95
	Totale	152.196.734	30.815	7,60	63,72

Introiti erariali.

La interessenza dello Stato alla vita finanziaria delle ferrovie in regime di concessione si manifesta con il diritto di compartecipazione agli utili netti, con il diritto di compartecipazione ai prodotti lordi ultra iniziali, con l'applicazione delle tasse erariali e di bollo sui trasporti, nonchè l'applicazione delle altre tasse comuni a tutte le società anonime.

La compartecipazione agli utili netti si effettua ai sensi degli articoli 46, 47 e 48 del Testo Unico 9 maggio 1912, n.º 1447 (Art. 285 della Legge 20 marzo 1865 n. 2248 allegato *F*, e articoli 11 e 12 della Legge 16 giugno 1907, n. 540). La compartecipazione ai prodotti lordi si effettua in base all'Art. 48 del Testo Unico 9 maggio 1912, n. 1447 (Art. 11 della Legge 6 giugno 1907, n. 540) e la percentuale di compartecipazione nonchè il limite del prodotto oltre il quale avviene la compartecipazione stessa (prodotto ultra iniziale) sono stabiliti caso per caso dagli atti di concessione della ferrovia.

L'applicazione delle tasse erariali e di bollo sui trasporti si effettua in ragione dell'8% sui prodotti lordi viaggiatori, bagagli e merci a grande velocità e in ragione del 3% sui prodotti lordi per merci a piccola velocità.

Nell'anno 1927 le tasse erariali e di bollo corrisposte allo Stato dalle Società esercenti sono ammontate a L. 15.011.978 di cui L. 10.296.966 per le ferrovie a scartamento normale, e L. 4.715.012 per le ferrovie a scartamento ridotto.

N. d'ordine	FERROVIE	MOVIMENTO – Coppie di treni viagg. e misti eff. in media nella stag. – Invernale N.	Estivo N.	Treni-km viagg. e misti N.	Treni-km solo merci N.	Totale treni-km N.	Composizione media dei treni – Viaggiatori e misti Tonn.	Solo merci Tonn.	INTROITI ERARIALI – Tasse erariali e di bollo Lire	Prodotto lordo complessivo dell'esercizio	PRODOTTI DELL'ESERCIZIO AL NE… E DI BO… – Viaggiatori	Bagagli	Merci G. V.	Merci P. V.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Torino-Ciriè-Lanzo-Ceres ..	10	11	379.500	—	379.500	125	—	531.415	11.156.044	5.586.629	36.429	17.250	2.642.4
2	Bergamo-S. Giovanni Bianco	6	7	161.960	71.740	233.700	60	150	271.979	5.660.907	2.175.981	61.241	27.374	3.053.7
	S. Martino de' Calvi....	6	7	45.440	6.260	51.700	60	150						
3	Bribano-Agordo...........	3	4	68.672	8.004	76.676	60	60	48.965	1.170.806	334.995	7.779	19.367	667.3
4	Bolzano-Caldaro-S. Antonio	7	9	98.568	10.790	109.358	51	58	78.955	1.487.433	858.916	12.780	11.978	458.8
5	Umbertide-Terni	4	4	375.759	115.663	491.422	105	110	271.863	5.184.859	2.222.852	26.802	452.950	1.808.0
	P. S. Giovanni-Perugia....	11	13											
6	Roma-Ostia	10	15	229.525	27.128	256.653	115	157	427.798	6.181.941	5.127.086	28.217	51.361	383.3
7	Napoli-Pozzuoli-Torregaveta	25	35	320.768	12.000	332.768	93	93	240.985	3.006.339	3.196.935	101.494	736	29.9
	Totale ferr. scart. normale			1.680.192	251.585	1.931.777			1.871.960	34.448.329	19.503.394	264.742	581.016	9.043.7
8	Biella-Balma	10	11	99.851	—	99.851	70	—	64.445	1.182.702	690.252	5.003	9.949	264.2
	Biella-Vallemosso	15	15	183.894	—	183.894	80	—	126.305	2.068.895	1.424.235	9.934	20.475	327.6
9	Pracchia-S.Marc.-Mammiano	6	9	78.750	11.250	90.000	—	—	40.748	997.559	320.399	6.509	27.950	502.7
10	Ferrovia Sangritana	4	4	696.806	—	696.805	30	—	222.606	4.160.359	2.088.167	37.274	146.262	1.351.2
11	Spoleto-Norcia	5	5	191.937	—	191.937	60	—	59.927	1.231.070	533.764	6.913	12.812	511.5
12	Ferrovie Vicinali-Roma ...	5	7	1.256.965	146.127	1.403.092	—	—	430.430	10.156.642	8.143.131	48.725	122.352	1.122.7
13	Agnone-Pescolanciano	3	3	84.007	12.211	96.218	22	32	26.992	589.291	220.924	4.824	11.618	266.7
14	Ferrovia Circumvesuviana .	19	19	372.000	38.600	410.600	83	65	168.372	5.840.748	5.434.210	6.126	—	172.0
		26	26	555.000	23.400	578.400	77	65	230.619	8.004.997	7.447.951	9.190	—	230.1
15	Intra-Premeno	5	9	71.600	—	71.600	54	—	33.344	457.925	412.836	8.846	160	1.2
16	Domodossola-conf. Svizzero.	7	8	168.008	—	168.008	51	—	96.700	1.581.621	4.014.962	18.141	26.883	351.0
17	Bolzano-Collalbo	4	10	63.910	—	63.910	45	—	77.131	1.224.465	890.159	18.551	—	191.0
18	Dermulo-Fondo-Mendola ..	4	7	70.000	—	70.000	49	—	28.494	555.660	298.356	8.154	—	178.2
19	Civita Castellana-Viterbo..	5	5	131.773	35.619	167.392	24	40	55.392	885.351	558.217	13.135	71.560	129.5
20	Castelraimondo-Camerino ..	8	8	67.400	16.850	84.250	12	12	15.742	269.905	165.125	4.559	—	61.7
21	Chieti città-Chieti stazione..	11	11	69.000	15.000	84.000	21	35	46.915	668.599	510.191	15.103	8.993	61.5
23	Ferrovia del Vesuvio	7	11	34.412	—	34.412	—	—	66.458	915.517	829.107	—	551	2.8
23	Napoli-Piedimonte d'Alife .	—	—	540.000	60.000	600.000	—	—	278.069	4.683.910	2.984.660	39.041	52.778	1.065.0
24	Varese-Luino-P.Tresa-Ghirla	14	15	243.000	36.000	279.000	40	40	142.401	2.160.847	1.649.017	15.507	21.560	239.4
				4.978.313	395.057	5.373.370			2.211.089	47.618.063	35.615.663	275.535	533.903	7.031.0
				6.658.505	646.642	7.305.147			4.083.049	82.066.392	55.119.057	540.277	1.114.919	16.074.7

Oltre alle tasse erariali, si sono avute nell'anno 1927 L. 589.179 di partecipazioni dello Stato (compartecipazione ai prodotti lordi e agli utili netti) già versate all'Erario. Inoltre sono ancora in corso di liquidazione alcune altre compartecipazioni.

Gli introiti erariali percepiti nell'anno 1927 ammontavano quindi in totale a L. 15.601.157. A questa somma debbono poi aggiungersi, oltre alle compartecipazioni ancora da liquidare, le varie tasse corrisposte dalle Società esercenti (tasse e sovratasse fabbricati e terreni, ricchezza mobile sugli utili industriali e sovrimposte relative, tasse di negoziazione delle azioni ed obbligazioni ecc.), tasse che ammontano ad una somma certo considerevole specialmente per le ferrovie a scartamento normale.

Di fronte a questi introiti si ha una somma totale corrisposta dallo Stato nel 1927 per sovvenzioni di costruzione e di esercizio, di L. 73.875.861,08 delle quali L. 17.968.741,06 per le ferrovie a scartamento normale e L. 55.907.120,02 per le ferrovie a scartamento ridotto.

Le ferrovie a scartamento normale nell'anno 1927 hanno dato un introito all'Erario di L. 10.878.358 (10.296.966 di tasse erariali e 581.392 di compartecipazioni allo Stato) di fronte ad una sovvenzione annua governativa di L. 17.968.741,06. Le ferrovie a scartamento ridotto invece hanno dato un introito all'Erario nell'anno 1927 di L. 4.722.799 (4.715.012 di tasse erariali e 7.787 di compartecipazioni allo Stato) di fronte ad una sovvenzione annua governativa di L. 55.907.120,02.

Le linee elettriche hanno dato allo Stato i seguenti introiti per tasse erariali e di bollo (Tab. II, col. 9):

a scartamento normale	L.	1.871.960
» » ridotto	»	2.211.089
Totale	L.	4.083.049

Le sovvenzioni annue dello Stato per queste linee ammontano:

per le ferrovie a scartamento normale a ..	L.	4.302.518,78
» » » » » ridotto a ..	»	12.200.179,34
Totale	L.	16.502.698,12

In complesso per le ferrovie elettrificate a scartamento normale lo Stato ha avuto un esborso di L. 2.330.548,78, per quelle a scartamento ridotto L. 9.989.090,34 e in totale per tutte le linee elettriche di L. 12.419.649,12.

Naturalmente questi dati comprendono anche le sovvenzioni di costruzione delle ferrovie e non si riferiscono alle sole sovvenzioni di elettrificazione che sono assai minori. Non è però stato possibile di isolare quest'ultima poichè sulla statistica le sovvenzioni sono riportate globalmente.

TABELLA II.

...LLE TASSE ERARIALI			SPESE DELL'ESERCIZIO						Coefficiente di esercizio	PERSONALE					
										N. degli agenti			Spesa		
Prodotti vari	Totale	Per km. di linea	Direzione e generali	Manutenzione linea	Materiale e trazione	Servizio traffico	Totale	Per km di linea	Coefficiente di esercizio	di ruolo e in prova N.	avventizi e guarda-barriere N.	Totale N.	complessiva annua Lire	media annua per agente	Percentuale della spesa di personale sulla spesa totale di esercizio
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
341.914	10.624.629	249.510	1.203.761	1.705.133	2.123.891	1.665.630	6.698.415	157.306	63,05	249	153	402	3.843.512	9,561	57,38
80.601	5.388.928	132.582	838.617	1.078.518	1.086.669	1.130.908	4.134.712	101.725	76,73	224	65	289	2.716.022	9,398	65,69
92.355	1.121.841	39.337	181.175	374.970	184.713	243.403	984.261	34.512	87,74	37	33	70	555.638	7,938	56,45
65.943	1.408.478	82.127	353.035	229.380	381.340	249.861	1.213.616	70.765	86,16	29	46	75	632.932	8.144	52,15
402.300	4.912.996	43.600	1,015.949	1.413.707	1.474.980	927.763	4.832.399	42.885	98.36	261	47	308	2.795.724	9.080	57,87
164.114	5.754.143	232.538	763.945	1.043.268	871.071	854.563	3.532.847	142.770	61,40	99	29	128	1.780.030	13.900	50,39
36.202	3.365.354	170.096	550.512	448.340	1.278.762	930.649	3.208.263	162.156	95,53	156	89	245	1.910.856	7.799	59,56
1183.429	32.576.369	113.859	4.906.994	6.293.316	7.401.426	6.002.777	24.604.513	85.996	75,52	1055	462	1517	14.235.714	9.384	57,858
148.785	1.118.257	87.514	379.616	313.750	677.313	450.012	1.820.691	55.433	59,48	88	35	123	1.064.862	8.657	58,49
160.333	1.042.590	96.805													
99.174	956.811	57.751	352.362	119.972	376.226	439.331	1.287.891	77.734	134,60	46	20	66	517.401	7.839	40,17
314.704	3.937.756	26.311	533.679	851.453	907.963	938.738	3.231.833	21.594	82,07	217	98	315	1.567.838	4.977	48,51
88.151	1.153.143	22.635	179.031	135.068	367.874	266.824	948.797	18.624	82,28	56	15	71	513.968	7.239	54,17
289.287	9.726.212	69.724	1.627.051	2.112.254	3.519.015	2.051.018	9.309.338	66.736	95,71	607	9	616	5.844.003	9.487	62,78
58.167	562.299	15.006	123.994	254.365	225.911	108.797	713.067	19.029	126,81	53	14	67	363.418	5.424	51,39
59.960	5.672.376	147.025	2.147.682	1.566.548	3.904.914	3.219.347	10.838.491	157.724	80,60	503	43	546	6.985.343	12.794	64,45
87.077	7.774.378	257.968													
1.459	424.581	31.825	83.996	126.831	150.175	76.101	437.103	32.764	102,95	11	6	17	244.937	14.408	56,04
73.913	1.484.921	46.051	209.422	289.243	391.973	323.700	1.214.338	37.660	81,78	35	37	72	717.465	9.965	59,08
47.546	1.147.334	97.679	178.970	191.164	387.259	173.075	930.468	79.216	81,10	30	31	61	601.505	9.861	64,64
42.410	527.166	22.261	207.200	135.076	286.339	136.864	765.479	32.325	145,22	15	34	49	394,895	8.060	51,59
57.534	829.959	18.600	416.682	237.856	641.585	239.693	1.535.816	34.531	185,05	92	17	109	633.137	5.809	41,22
22.687	254.163	22.013	86.031	44.293	91.205	64.954	286.483	24.812	112,72	20	7	27	156.704	5.804	54,70
25.801	621.684	70.952	122.451	61.963	241.544	154.192	580.150	66.212	93,32	40	5	45	405.843	9.019	69,95
16.566	840.059	110.267	453.903	113.032	160.199	64.169	791.303	102.767	93.20	64	20	84	903.114	10.750	—
264.340	4.405.841	54.301	614.881	1.014.041	2.341.405	1.041.751	5.012.078	61.773	113.76	304	102	406	2.775.472	6.836	55,37
92.916	2.018.446	84.662	473.789	650.750	734.538	574.765	2.433.842	102.791	120,57	134	28	162	1.420.000	17.579	116,73
1930.870	45.386.974	51.673	8.190.740	8.217.659	15.405.438	10.323.331	42.137.168	47.244	92.84	2315	521	2836	25.109.905	92.84	59,590
4134.299	77.983.343	76.200	13.097.734	14.510.975	22.806.864	16.326.108	66.741.681	65.292	85,58	3370	983	4353	39.345.619	85.58	58,952

FERROVIE ELETTRIFICATE DURANTE GLI ANNI 1928 E 1929.

Ferrovie a scartamento normale :

Milano-Bovisa-Saronno .... km 21,149
Bovisa-Meda .... » 19,260
km 40,409

elettrificate a corrente continua a 2700 V sul filo di contatto (3000 V in sottostazione).

Ferrovie a scartamento ridotto :

Calalzo-Cortina d'Ampezzo-Dobbiaco (km 64,913, elettrificata a corrente continua alla tensione di 2700 Volt sul filo di contatto, 3000 V in sottostazione); Ora-Predazzo (km 51,750, elettrificata a corrente continua a 2400 V); Genova-Casella (km 23,595, elettrificata a corrente continua a 2400 V); Penne-Pescara (km 35,836, elettrificata a corrente continua a 2400 V); Atessa Stazione-Atessa Città (km 9,264, elettrificata a corrente continua a 2400 V); in totale km 179,722.

Pertanto le ferrovie esercitate dall'industria privata con trazione elettrica ammontano al 31 dicembre 1929 a km 1.307,239, di cui km 326,519 a scartamento normale e km 980,720 a scartamento ridotto.

Dal punto di vista del sistema di elettrificazione km 66,123 (cioè il 5% della lunghezza totale elettrificata) risultano a corrente continua alla tensione di 550÷600V sul filo di contatto; km 44,189 (cioè il 3,4%) sono a corrente continua alla tensione di 750-800V; km 205,479 (cioè il 15,7%) sono a corrente continua alla tensione di 1200 V; km 139,496 (cioè il 10,7%) sono a corrente continua alla tensione di 1500 V; km 28,519 (cioè il 2,2%) sono a corrente continua alla tensione di 2000 V; km 437,919 (cioè il 33,5%) sono a corrente continua alla tensione di 2400 V; km 105,322 (cioè l'8,2%) sono a corrente continua alla tensione di 2700 V sul filo di contatto; km 42,582 (cioè il 3,2%) sono a corrente continua a 3600 V; km 85,122 (cioè il 6,5%) sono a corrente monofase a 6000 V; km 152,488 (cioè l'11,6%) sono a corrente monofase a 11.000 V.

Il 18% (km 237,610) sono a corrente monofase; l'82% (km 1069,629) sono a corrente continua, con tensione variabile sul filo di contatto, tensione che è andata man mano crescendo dalle prime elettrificazioni a 550÷600 V, alle ultime a 2400÷2700 V, ed eccezionalmente per la Torino-Ceres a 3600 V.

CONSIDERAZIONI SUI DATI TECNICI DI ELETTRIFICAZIONE.

Dal lato tecnico si può con piacere constatare il notevole impulso dato alla elettrificazione ferroviaria negli anni 1925-'27 sia sulle linee di nuova costruzione che su quelle già esistenti.

Infatti su 1022,195 km di linee elettriche, km 393,406, pari al 26,1%, sono state elettrificate in questi tre anni.

Un altro notevole passo in avanti fu fatto negli anni 1928-'29 durante i quali furono elettrificati km 220,131 di ferrovia.

È anche interessante notare le tendenze seguite nei sistemi di elettrificazione. Infatti dal 1924 in avanti non fu più adottata se non la corrente continua, e la preferenza fu data alla ten-

sione di 2000-2600 V con km 140.424: si ebbero solo km 65,371 pei quali fu adottata la tensione di 1000-1500 V che è pur sempre alta tensione.

Unica eccezione va fatta per la linea S. Giovanni-Bianco-S. Martino de' Calvi della lunghezza di km 10,630 per la quale fu adottato il monofase 6000 V, 25 periodi, perchè si trattava di un piccolo tronco di completamento della rete della Valle Brembana già elettrificata fin dal 1906 con tale sistema.

Le linee elettrificate poi nel 1928-29 sono tutte a corrente continua ad alta tensione con un minimo di 2400 V e con un massimo che ora raggiunge i 2700 V anche per lo scartamento ridotto.

Diciamo anzi che per quanto riguarda l'adozione della c. c. ad alta tensione sulle ferrovie secondarie, l'Italia è in testa al mondo, specialmente nel campo dello scartamento ridotto dove la tensione di 3000 V (2700 V filo di contatto) fu per la prima volta adottata nel nostro Paese per le ferrovie delle Dolomiti.

Sempre dal lato tecnico va segnalato la ferrovia Milano-Saronno e diramazione Bovisa-Meda, sulla quale fu adottato per la prima volta il comando multiplo con avviamento automatico su automotrici e rimorchiate a 3000 V.

Va anche segnalato il rapido diffondersi dei raddrizzatori a vapore di mercurio per le sottostazioni di conversione della corrente alternata in continua, i quali sono stati installati su quattro delle ferrovie elettrificate nel 1928-29.

Anche in questo campo l'Italia è alla testa, perchè anche sulla Porto S. Giorgio-Amandola si ebbe la prima applicazione di questi macchinari per tensione di 2600 V.

Due sottostazioni a raddrizzatori sono poi completamente automatiche e hanno dato risultato assai soddisfacente, tanto che questo comando è stato ora prescritto per altre linee attualmente in costruzione. I vantaggi che si sono ottenuti con il progressivo aumento della tensione sono messi in evidenza dalla maggior lunghezza di linea servita per ciascuna sottostazione. Infatti dai 12,256 km alimentati in media con la tensione di 550÷800 V, si passa ai 22,997 km con le tensioni di 2000/2500 V a c. c. con risultati cioè nettamente superiori anche al monofase.

Per quanto riguarda le sottostazioni è degno di esser messo in rilievo come già nel 1927 fossero istallati ben 35,746 kW orari di macchinario, cifra questa certamente notevole per ferrovie secondarie.

Anche per il materiale rotabile il numero dei pezzi in servizio ammontante a 241, con una potenza oraria complessiva di 55,729 kW, è certamente ragguardevole. Ma specialmente va fatto notare il rilevante numero di trattori a scartamento ridotto con potenza da 200 a 300 kW (72) e da 300 a 400 kW (24), che richiedono speciali accorgimenti tecnici per la ristrettezza di spazio disponibile in ispecie nelle automotrici.

Diremo subito che oggi in Italia vi sono le più potenti automotrici europee a scartamento ridotto per tensioni di 2600 e di 3000 V, in servizio sulla rete Sangritana e su quella delle Dolomiti.

Condizioni sui dati di esercizio e sulle opportunità dell'elettrificazone.

Osservando gli introiti di esercizio noi vediamo che le linee elettrificate sia a scartamento normale che ridotto danno un gettito chilometrico (L. 80.292) nettamente superiore a quello delle ferrovie a vapore (L. 59.778).

Questo, quando si osservi che le linee elettrificate erano nel 1927 per la massima parte linee a forte pendenza e quindi linee di montagna, dimostra subito il vantaggio della trazione elettrica in confronto della trazione a vapore di cui erano dotate quasi tutte le linee pianeggianti e cioè quelle che servono le regioni più ricche.

Non bisogna però dedurre come vuole qualche tecnico, che la trazione elettrica sia solo conveniente per le linee di montagna; si deve invece desumere che la trazione elettrica crea un traffico nuovo su tutte le linee, ivi comprese quelle che percorrono le zone meno ricche, quali fra l'altre sono le linee di montagna. Ma la sua convenienza sulle linee di pianura è cosa non meno certa quando non si trascuri un dato fondamentale: l'incremento dei prodotti. Molti trattando quest'argomento si basano invece solo sulla riduzione delle spese, e non tengon conto dell'aumento delle entrate che pur costituisce il più sicuro argomento a favore della trazione elettrica. La miglior conferma è data dalle risultanze di esercizio di molte linee elettrificate che da passive son divenute attive non tanto per le diminuite spese quanto per gli aumentati introiti. Citiamo la ferrovia Sangritana, la Porto S. Giorgio-Amandola (1), le Dolomiti ecc.

Dati più ampi e più precisi si potranno avere quando usciranno le statistiche degli anni 1928 e '29 in modo che, profittando delle accurate indagini dell'Ispettorato, sarà possibile di raffrontare fra loro elementi di anni successivi riguardanti ferrovie elettrificate dopo il 1927.

Tuttavia possiamo renderci conto fin d'ora del perchè la trazione elettrica accresca il traffico specialmente viaggiatori, quando si pensi che questo oggi si può assorbire solo con l'aumentare la velocità dei treni ed accrescerne il numero.

La velocità delle comunicazioni è il mezzo più efficace per tener testa a quella concorrenza automobilistica da tutti tanto deprecata, ma da pochissimi combattuta con mezzi razionali.

Basta infatti guardare la tabella qui sotto riportata per rendersi conto che quasi tutte le ferrovie a vapore deficitarie tengono velocità medie commerciali inferiori a quelle delle automobili.

LINEE	Coefficiente d'esercizio	Velocità media commerciale in km/h
a scartamento normale:		
Vittorio-Conegliano	100,02	28
Bari-Locorotondo e Putignano	101,53	24
Ferrara - Copparo, Ferrara - S. Giovanni, Modena-Decima	103,21	30
Tortona-Castelnuovo	103,58	14
Soresina-Soncino, Soresina-Cremona	107,30	25
Castel Bolognese-Rioli-Bagni	109,11	18
Aquila-Capitignano	113,27	23
Imola-Fontanelice	115,07	22
Reggio Emilia-Boretto	120,74	31
Caprino-Verona, Affi-Garda	194,93	21
Piove-Adria	127,32	30
Ferrovie Salentine	129,55	22
Fano-Famignano	147,41	28
Basaluzzo-Fugarolo	164,92	17
Rocchetti-Tiene	167,90	26,5
Siena-Monte Antico	327,15	30
a scartamento ridotto:		
Arezzo-Fossato	104,14	20
Villasantina-Comeglians	107,96	12,5
Porto S. Giorgio-Amandola	115,28	19
Fossano-Cave	115,65	17,5
Rimini-Mercatino	119,27	20
Cividale-Caporetto	119,43	13,5
Ferrovia delle Dolomti	122,16	18
Schio-Asiago	167,79	17,5
Complementari Sarde (Tirso-Chilvani)	172,60	11,5
Calabro Lucane-(Cosenza-Decollatura)	179,23	17
Meridionali Sarde-(Siliqua-Calasetta)	181,67	24
Siracusa-Ragusa-Vizzini	183,21	24
Ostellato-Porto Garibaldi	191,73	18

(1) F. Mauro e F. Fiorentini: *L'automatismo nell'elettrotrazione e l'elettrificazione della ferrovia Porto S. Giorgio-Fermo-Amandola.*

In più la frequenza delle comunicazioni, dando al pubblico la possibilità di facili spostamenti, crea nuovo traffico nelle regioni servite. Ora l'aumento delle coppie dei treni è possibile con la trazione elettrica in quanto il costo del treno-chilometro è sensibilmente inferiore a quello con trazione a vapore, e cioè L. 9,13 in confronto a L, 17,04, mentre con quest'ultima ogni convenienza è tolta anche dal fatto che gl'introiti non aumentano in proporzione.

Infatti mentre sulle linee elettriche furono effettuate 10 coppie di treni viaggiatori in confronto a 4 coppie effettuate sulle linee a vapore, l'introito per treno-km viaggiatori elettrico è risultato di L. 10,77 in confronto a L. 17,11 per treno-km a vapore.

Analizzando la spesa per treno-chilometro noi vediamo che l'economia conseguita con la trazione elettrica è in gran parte dovuta alla più alta velocità commerciale dei treni, la quale permette una maggior utilizzazione del personale.

Sono infatti 586 agenti ogni milione di treni-chilometro elettrici con una spesa di L. 5,38 per treno-chilometro in confronto a 1037 agenti con L. 8,88 della trazione a vapore. Questa economia è così rilevante che non si può giustificare semplicemente con l'abolizione del fuochista, ma si può solo comprendere quando si tenga conto della maggior velocità. È questo un dato sul quale pochi tecnici si soffermano e che è invece fondamentale, perchè delle 8 Lire circa di minor spesa di treno-chilometro elettrico in confronto a quello a vapore, L. 2,50 circa, ossia oltre il 31%, sono dovute al personale.

Si può quindi concludere che essendo il treno elettrico meno costoso di quello a vapore ed essendo più veloce, la elettrificazione è sempre conveniente là dove si possano con questa accrescere la velocità e il numero dei treni, incrementando così gli introiti senza aumentare in proporzione la spesa.

La miglior riprova è data dal rilevante traffico viaggiatori che in quasi tutte le ferrovie elettriche supera notevolmente quello merci (Tab. II) con una percentuale che è del 66%, il che dimostra come appunto i maggiori introiti siano dovuti ai viaggiatori per le maggiori comodità che questi incontrano.

Molte ferrovie hanno beneficiato dell'elettrificazione subendo un radicale mutamento del proprio bilancio.

Citiamo fra quelle elettrificate dal 1924 al '29 la Sangritana, la Porto S. Giorgio-Amandola, le Dolomiti, tutte con coefficente di esercizio fortemente passivo, diventato attivo dopo la trasformazione.

Si può infine notare come ben poche siano le ferrovie elettriche con bilancio passivo e come per tutte queste vi sia una ben definita ragione che giustifica tale stato di cose.

Infatti esse sono:

L'*Intra-Premeno* (coeff. 102,90). Nel 1927 era appena aperta all'esercizio.

La *Castelraimondo-Camerino* (coeff. 112,72). Linea accidentata che raggiunge il 95 ‰ di pendenza, con aderenza semplice e quindi praticamente inadatta ad un servizio efficace. La velocità dei treni è ridottissima, non raggiungendo i 15 km/h.

La *Napoli-Piedimonte d'Alife* (coeff. 113,76). La linea è elettrificata solo in parte e le risultanze della statistica non separano i dati relativi alla trazione a vapore da quelli della trazione elettrica. Questi ultimi, sono così completamente alterati.

L'*Agnone-Pescolanciano* (coeff. 126,81). È una ferrovia che non serve nessun centro importante e percorre una zona assai povera, come lo dimostra l'introito chilometrico di L. 15,006; inoltre i treni hanno una bassa velocità (18 km/h).

Potrà vivere solo quando sarà completata con la progettata rete del Vastese. Ad ogni modo è da mettere in rilievo la bassa spesa di esercizio (L. 19,029 al km) che sarebbe certamente superata con la trazione a vapore.

La *Pracchia-S. Marcello* (coeff. 134,60). È l'unica linea che non si capisce perchè sia passiva. Modernissima d'impianto (2400 V a c. c.) ha un introito assai elevato (L. 57.751/km) e diviene passiva solamente perchè la spesa chilometrica raggiunge le L. 77.734 con 6 coppie di treni invernali e 9 estivi, con un totale cioè di 90.000 treni-chilometro ed un costo di L. 14,30 per treno-chilometro, ossia quasi doppio del costo medio del treno-chilometro elettrico sulle ferrovie a scartamento ridotto (L. 7,84).

La *Dermulo-Fondo-Mendola*. È una linea a servizio stagionale per una regione essenzialmente turistica. Gli introiti sono quindi limitati (L. 22.261/km), mentre le spese d'esercizio sono elevate (L. 32.325/km) avendo pendenze che raggiungono il 75 ‰.

La *Civita Castellana-Viterbo* (coeff. 185,05). Oltrechè essere monofase 6000 V con motori di potenza insuffcenti per il traffico che devono sopportare ed avere salite assai forti, è una linea innestata su di un tronco tramviario a curve strettissime e pendenze ripidissime. Infatti da Roma a Civita Castellana la linea è in sede stradale, e la deficenza di questo tronco soffoca anche la possibilità di quello ferroviario Civita Castellana-Viterbo.

È tanto vero che oggi l'intera linea si sta trasformando in scartamento normale ed in sede propria con adozione del sistema a 3000 V a c. c.

La *Ghirla-P. Tresa-Luino-Varese*. Ha armamento assai leggero, curve strettissime e salite forti che impediscono la velocità dei treni la quale è di soli 18 km/h. Moltissimo traffico quindi sfugge per la concorrenza automobilistica, trovandosi la linea in una delle regioni più progredite.

Mi sono limitato a brevi cenni per non divagare dallo scopo principale di questo articolo che mira principalmente a mettere a disposizione dell'elettrotecnico dati interessantissimi riguardanti le ferrovie elettriche, traendoli dalla statistica pubblicata dal Ministero delle Comunicazioni, in modo da facilitare il lavoro d'analisi per chi voglia studiare il problema dell'elettrotrazione.

Raffronti più completi si potranno fare quando usciranno le prossime statistiche, relative agli anni 1928-29 con l'aggiunta di notizie ancor più ampie, che, seguendo l'indirizzo del Governo Fascista, il quale ha voluto creare anche nel nostro paese quelle statistiche che sono indispensabili per un reale progresso delle industrie, l'Ispettorato delle ferrovie e tramvie sta preparando.

Noi però dobbiamo essere fin d'ora ben grati per l'esaurientissima opera già compiuta per il 1927, degna certamente dell'oculatezza e della chiaroveggente mentalità con la quale S. E. Ciano e gli alti funzionari dell'Ispettorato Generale, preposti alla sorveglianza delle ferrovie secondarie, ne seguono lo sviluppo ed il perfezionamento.

ING. FELICE FIORENTINI.

ING. GIUSEPPE FINOCCHI

L'energia elettrica e le fabbriche di ghiaccio

Mi è capitato sotto mano un opuscolo stampato dal periodico « L'Industria del Freddo » col quale un gruppo di industriali del freddo, rappresentato dal signor Ernesto Ferrero (Via Palermo, 19 - Milano), lancia un grido di allarme contro l'alto prezzo dell'energia elettrica e propone la sostituzione di quest'ultima con forza motrice prodotta da motori Diesel, in tutte le piccole e medie fabbriche di ghiaccio.

Sul contenuto dell'appello io non avrei in fondo nulla da obbiettare. Una sola cosa non posso far passare sotto silenzio e cioè il semplicismo seguito dal signor Ferrero nel confronto tra il prezzo dell'energia elettrica e quella prodotta con motori a ciclo Diesel. Tale confronto dovrebbe risultare dalla tabellina che riporto qui di seguito.

Tipo di motore	Potenza in HP	Base costo kWh	Costo eserc. HP-h	Costo orario	Costo giornaliero	Costo mensile (600 h)	Guadagno mensile ottenuto col Diesel
			L.	L.	L.	L.	L.
Diesel	40	—	0,102	4,08	81,80	2448	3564
motore elettrico.....	40	0,30	0,2505	10,02	200,4c	6012	—

Credere di poter dimostrare con questa tabella che il motore Diesel costa meno del motore elettrico a me pare un sogno del gruppo promotore che non può illudere i tecnici, ma neppure gli industriali del freddo.

Che i costruttori di motori Diesel abbiano sempre cercato di dimostrare la convenienza dell'uso di questo tipo di motore su quello del motore elettrico, mettendo sotto gli occhi del lettore il costo di un cavallo-ora per motore funzionante a pieno carico, senza menomamente preoccuparsi di quanto avviene nell'industria nella quale il motore deve essere installato, è questa una furberia che si spiega e si giustifica; ma che ci si serva di un così banale confronto per impostarvi nientemeno che la costituzione di una società anonima, che si propone la graduale sostituzione del motore elettrico col motore Diesel in tutte le medie e piccole fabbriche di ghiaccio, mi sembra cosa per lo meno estremamente affrettata.

Se ci si limita a confrontare astrattamente il prezzo del kWh fornito da una Società elettrica e quello del kWh prodotto a mezzo di un Diesel, può darsi che, a tutta prima, il vantaggio sia dalla parte del Diesel. Ma con un tale confronto non si dimostra nulla. Si consideri invece il Diesel e il motore elettrico funzionanti nelle condizioni di lavoro che effettivamente si verificano in una determinata industria, con tutte le variazioni di carico, tenendo conto di tutti i coefficienti che si riferiscono ai due sistemi, con le esigenze e le possibilità dei sistemi stessi, si facciano i conti per un anno intero o per un ciclo completo di lavorazione e si pongano dopo ciò a confronto i risultati. È facile vedere dove va a finire l'effetto sensazionale del puro e semplice paragone del prezzo del kWh.

Innanzi tutto, quel risparmio che la tabella fa risultare in lire 3564 mensili e che è basato su un lavoro di 600 ore, quanti mesi dura?

Per una grossa fabbrica di ghiaccio che arriva ad una produzione di 2000 quintali al giorno come massimo, (il carico massimo assorbito in luglio è di 330 kW), le ore di utilizzazione del carico massimo verificatosi in ogni mese, da gennaio a dicembre, sono proporzionali alle seguenti cifre:

20 - 21 - 21 - 44 - 68 - 70 - 63 - 53 - 44 - 35 - 34 - 31

notando in più che il carico massimo verificatosi in gennaio è stato circa 1/4 di quello di luglio. Per una fabbrica di potenza minore ma pur sempre molto rilevante (carico massimo assorbito circa 230 kW) le utilizzazioni mensili sono proporzionali alle seguenti cifre:

28 - 23 - 28 - 23 - 71 - 98 - 138 - 106 - 82 - 49 - 36 - 27

Si vede dunque come col ridursi della potenza impegnata aumenti il rapporto tra l'utilizzazione massima e quella minima.

Di una piccola fabbrica di ghiaccio che impegna un carico di circa 40 HP in estate, riporto senz'altro i consumi in kWh nei dodici mesi dell'anno, dal gennaio al dicembre:

330-766-449-2039-4356-8700-15862-13501-5583-2357-818-948.

Poichè il carico massimo assorbito è stato di 30 kW, risulta che in luglio questo carico viene utilizzato per 15862/30 = 530 ore, cifra che si avvicina alle 600 ore della tabella, ma si vede pure che la detta utilizzazione scende in gennaio ad appena 330/30 = 11 ore.

Va notato qui che mentre per la prima fabbrica di ghiaccio da me citata il carico in kW dal gennaio è stato circa 1/4 di quello assorbito in luglio, per quest'ultima fabbrica considerata, nella quale è installato un solo compressore, il carico massimc è eguale (trascurando le variazioni della temperatura dell'acque di condensazione) tanto in estate che in inverno.

Questo fatto ha una grande importanza. Innanzitutto essc dice che l'utile che la tabella fa risultare, durerebbe, qualor ci fosse, un mese o due al massimo, mentre quell'aggettiv « mensile » che si legge nell'intestazione dell'ultima colonna dell tabella, può far pensare che l'utile stesso vada moltiplicato pe i 12 mesi dell'anno: secondariamente per ragioni insite nell fabbricazione stessa del ghiaccio, inquanto, nei periodi prece denti e successivi a quelli di maggior produzione, si è obbliga a periodi di marcia a pieno carico seguiti da periodi di marci a carico ridottissimo nei quali sono in moto i soli servizi ausilia (eliche per la circolazione della salamoia nei generatori, comand movimento agitatori d'acqua negli stampi o soffiatori d'ar negli stampi stessi, per ottenere il ghiaccio cristallino, manov del carro ponte per estrazione del ghiaccio, ecc.).

***

Si consideri una fabbrica di ghiaccio che produce 200 quint al giorno nel periodo estivo, lavorando 20 ore al giorno, coı suppone la tabella. Poichè occorrono 120 frigorie per fabbrica un kg di ghiaccio, i 200 quintali richiederanno complessiv mente

$$20.000 \; . \; 120 = 2.400.000 \text{ frigorie giorno}$$

e in un'ora

$$\frac{2.400.000}{20} = 120.000 \text{ frigorie.}$$

Per azionare un compressore di tale potenza occorre un motore di circa 50 HP. Nella stagione fredda i 200 quintali giornalieri si riducono molto, suppongo a 20 quintali, e suppongo altresì che il compressore lavori sempre con lo stesso volume di gas aspirato per ogni cilindrata e cioè con lo stesso numero di valvole. Le frigorie necessarie per produrre i 20 quintali di ghiaccio saranno prodotte in un periodo di

$$20 \frac{\text{ore } 20}{200} = 2 \text{ ore}$$

di funzionamento del compressore.

Questo regime di marcia e quello delle venti ore di piena estate segnano gli estremi entro i quali varierà il lavoro giornaliero nelle altre stagioni. Per mettermi in condizione favorevole considero un lavoro medio di 4 ore giornaliere per i mesi di gennaio, febbraio, marzo, novembre e dicembre e cioè per 130 giorni (esclusi i festivi); considero che il periodo estivo duri 60 giorni e cioè due mesi senza interruzioni di sorta (però con un lavoro medio di 20 ore al giorno, come detto) e infine per i restanti cinque mesi considero un lavoro medio di 10 ore al giorno, intendendo sempre ore di lavoro del compressore e servizi ausiliari e cioè a pieno carico.

Tengo ora conto del macchinario che occorre normalmente in una siffatta fabbrica di ghiaccio:

1) motore per il compressore;

2) motore per la circolazione dell'acqua di raffreddamento nel condensatore;

3) motore per l'agitazione di quest'acqua se si tratta di condensatore ad immersione;

4) motore per l'azionamento dell'elica che fa circolare la salamoia nel bagno;

5) motore per l'agitazione dell'acqua nelle cassette ed eventualmente per l'azionamento del compressorino per il soffiamento dell'aria nelle cassette stesse;

6) motore per il comando del carro-ponte per l'estrazione delle file di cassette.

I motori 1-2-3 lavorano contemporaneamente, perchè se il compressore è fermo, cessa la circolazione dell'acqua nel condensatore. Gli altri motori devono poter continuare a funzionare per periodi più o meno lunghi anche dopo fermato il compressore. Si può ora intravedere il diagramma di carico della fabbrica di ghiaccio che si è presa in esame (fig. 1).

Ecco dunque un primo elemento importantissimo agli effetti della determinazione del costo di esercizio, funzionando col motore Diesel.

Usando energia elettrica tutto va per il meglio. Se non occorre il compressore si ferma il suo motore e quello o quelli relativi al condensatore. Continuano indisturbati il loro lavoro i motori dell'elica per l'agitazione della salamoia e gli altri sopra descritti.

Col Diesel però le cose cambiano molto. Questo motore che nel caso considerato avrà la potenza di circa 60 HP effettivi, deve marciare continuamente, sia che fornisca il suo pieno carico, sia che fornisca i pochi cavalli dei servizi ausiliari, sia magari che azioni la sola dinamo per luce, dato che, bontà loro, i signori promotori intendono spingere la lotta contro le Società elettriche al punto da non volere neppure annoverarsi tra i loro utenti luce.

Così impostato il problema, si può stabilire il costo della forza motrice nei due casi. Esamino però prima un problema che può assurgere a grande importanza nel caso dell'impiego del motore Diesel, quello dell'acqua.

Ammessa l'installazione del motore Diesel, l'acqua occorre nella fabbrica per tre scopi:

1) per la fabbricazione del ghiaccio;

2) per la liquefazione dell'ammoniaca nel condensatore;

3) per il raffreddamento del motore Diesel.

1) D'estate per la produzione supposta di 200 quintali occorreranno: 20.000 litri d'acqua e cioè 20 m³ al giorno.

2) Per la liquefazione dell'ammoniaca o di quell'altro gas impiegato come agente frigorifero, occorre sottrarre al gas un numero di calorie pari alla quantità di calore assorbita in un'ora dall'evaporatore più l'equivalente termico del lavoro fornito al compressore. Nel caso considerato

$$120.000 + 50 \times 637 = 151.850 \text{ calorie}$$

Ammesso uno sbalzo di temperatura dell'acqua da 12° a 25° occorrono

$$\frac{151.850}{13} = 11.680 \text{ litri-ora}$$

e cioè circa 234 m³ in 20 ore di lavoro del compressore.

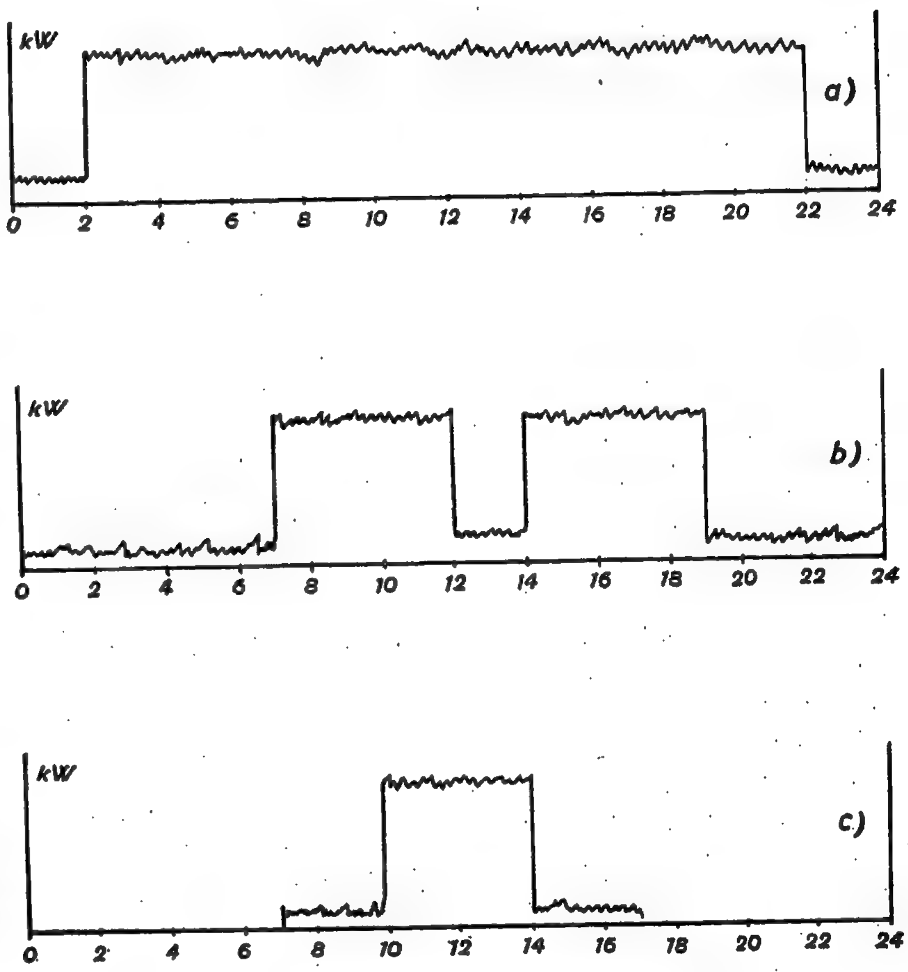


Fig. 1. - Diagrammi giornalieri di carico:
a) giornata estiva
b) » media
c) » invernale.

Questa quantità di acqua molto superiore a quella occorrente per la fabbricazione del ghiaccio, può venire grandemente ridotta, adottando, come si fa sempre quando scarseggia l'acqua, condensatori a pioggia anzichè ad immersione. Si sfrutta allora, non già il calore specifico dell'acqua ma il suo calore di vaporizzazione, e tutto compreso si può ritenere che occorra una quantità di acqua da venti a venticinque volte inferiore e cioè da 12 a 9 m³ al giorno nel nostro caso.

3) Si può ammettere come fabbisogno di acqua per raffreddamento del motore 15 litri per HP-h. Gli HP-h in una giornata estiva essendo approssimativamente 1240, occorrono circa 19 m³ al giorno. Si vede dunque che l'acqua necessaria al raffreddamento del motore eguaglia quasi quella occorrente alla fabbricazione del ghiaccio sicchè il suo approvvigionamento può risultare qualche volta impossibile, ma in ogni caso costoso, dato che bisogna ricorrere o al pompaggio dell'acqua dal sottosuolo o al suo acquisto.

***

Si consideri:

Costo motore da 60 HP effettivi in opera, compreso terreno, fabbricato, trasmissioni, dinamo per luce, tenuto conto di quanto si potrà recuperare dalla vendita dal materiale elettrico (trasformatori e motori già destinati all'azionamento della fabbrica) L. 80.000.

Quota interesse capitale 8%.

Quota ammortamento, manutenzione e personale 15%.

Consumo del motore per HP-h eff. a pieno carico grammi 210 (nafta da 10.700 calorie); coi soli servizi ausiliari grammi 400.

Per quanto riguarda il lubrificante si ha un consumo di 5 grammi per HP-h, tenendo però conto che il consumo di olio è pressochè indipendente dal carico sviluppato e che in cifra tonda il motore consuma perciò 300 grammi di olio per ogni ora di funzionamento.

Tenuto conto dell'orario di lavoro medio ammesso più sopra per ogni stagione e dei consumi di combustibile e di lubrificante che si hanno anche nei periodi dei soli servizi ausiliari, si arriva ad un fabbisogno complessivo annuo di circa 50 t di nafta da 10.700 calorie e di circa 1700 kg di olio lubrificante.

Il prezzo della nafta, resa in fabbrica, si può ritenere di L. 300 per tonnellata e quello dell'olio lubrificante di L. 5 per kg.

Con questi dati si può stabilire il costo annuo di esercizio dell'impianto di forza motrice di quella fabbrica.

Interesse 8% su L. 80.000	L. 6.400
Ammortamento, manutenzione e personale 15% . .	» 12.000
Combustibile: 50 tonnellate di nafta a L. 300....	» 15.000
Olio lubrificante: 1700 kg a L. 5	» 8.500
	L. 41.900

Se si considera che non si è esposta alcuna quota per l'approvvigionamento dell'acqua per raffreddamento del motore e che le percentuali prese per interesse capitale e per manutenzione, ammortamento e personale sono piuttosto inferiori al vero loro valore, si può arrotondare la cifra trovata in

L. 45.000 annue.

Gli HP-h sviluppati dal motore nell'ipotesi di lavoro sopra esposta risultano, in cifra tonda, 210.000. Ne consegue che il costo del HP-h risulta di

$$\frac{45.000}{210.000} = \sim \text{L. } 0{,}214$$

pari a L. 0,29 per kWh e cioè circa quello che la tabella ci dice praticato dalle Società elettriche. E allora dove è la convenienza del Diesel?

Facciamo ora un altro controllo. Ho supposto che le ore di lavoro del compressore siano circa 3020 nell'annata. Lo sviluppo in frigorie risulta allora di

$$3020 \times 120.000 = 362.400.000$$

e siccome per fabbricare un quintale di ghiaccio si è anche supposto un fabbisogno di 12.000 frigorie, saranno

$$\frac{362.400.000}{12.000} = \text{circa } 30.000$$

i quintali di ghiaccio fabbricati nell'anno.

Ora in una fabbrica di ghiaccio ben studiata la richiesta in kWh per quintale non dovrebbe superare i 5 kWh con misura fatta sull'alta tensione. Ne risulterebbero come consumati

$$30.000 \times 5 = 150.000 \text{ kWh}$$

che a L. 0,30 danno appunto le L. 45.000 occorrenti per l'esercizio con il motore Diesel. Ammesso anche però che i 5 kWh per quintale siano superati, ben difficilmente si arriverà ai 7 od 8 indicati nella pubblicazione del signor Ferrero, a meno che non si disponga di una quantità insufficiente di acqua per la condensazione.

Si resterà pertanto sempre entro cifre tali che un piccolo ritocco nel prezzo del kWh, ritocco al quale le aziende elettriche si sono mostrate favorevoli (vedi verbale in data 15 novembre 1930 che ha per oggetto « Concessioni degli industriali elettrici agli industriali del freddo »), basterà a ristabilire il pareggio tra energia elettrica e Diesel.

Concludo. Mi pare di avere dimostrata la nessuna attendibilità della tabella più volte ricordata. Giunto alla parità di spesa potrei dilungarmi a tessere le lodi del motore elettrico in confronto del Diesel. Sarebbe però tempo perso inquanto ormai tutti gli industriali, anche i più piccoli, sanno benissimo che nulla può eguagliare la semplicità e la robustezza del motore elettrico. E la ragione di ciò è del resto evidentissima. Il motore Diesel comprende in se oltre al complesso biella, manovella ed asse motore, anche parte del generatore elettrico che non ha nulla a che vedere con l'utente. Di qui la complicazione dell'esercizio col Diesel e la necessità di personale specializzato presso l'industriale.

Sono appunto la semplicità e la sicurezza del motore elettrico che hanno indotto gli industriali a demolire i loro impianti termici, quando, or sono circa venti anni, essi si sono indotti dietro i risultati inoppugnabili di un confronto economico, a introdurre l'energia elettrica nei loro stabilimenti. Non si può fare oggi il cammino a ritroso. In uno stabilimento che lavora dei mesi consecutivi senza arresti basta un solo motore elettrico ma non basta un solo motore Diesel ed il confronto tra i costi di esercizio si può fare solo a parità di sicurezza di funzionamento. E l'industria del freddo è appunto tra quelle che hanno assoluto bisogno della continuità di lavoro.

Ing. Giuseppe Finocc

Genova, 5 *Febbraio* 1931.

DIRITTO E GIURISPRUDENZA

FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA

Fornitura di energia elettrica - Patto di prelazione.

MASSIMA

Il patto di prelazione nei contratti di fornitura di energia elettrica trova la sua specifica ragione nelle particolari esigenze dell'industria elettrica, ed è pienamente valido.

L'utente che intenda servirsi da altro fornitore deve perciò porre il precedente fornitore nella condizione di esercitare ove lo creda, il diritto di prelazione; ciò col dargli comunicazione delle condizioni offerte dal concorrente e di ogni documentazione atta a comprovare la verità e serietà dell'offerta (1).

Tribunale Ancona, 16 dicembre 1930, Pres. Petretti, Est. Cibelli, in causa UNIONE ESERCIZI ELETTRICI c. PORFIRI.

FATTO

Con atto di citazione 5 luglio 1930 l'Unione Esercizi Elettrici di Milano conveniva in giudizio innanzi a questo Tribunale Porfiri Vincenzo di Sassoferrato assumendo che il convenuto si era reso inadempiente alla clausola di prelazione in regolare contratto di fornitura di energia elettrica contenuta, in forza della quale erasi obbligato a dare la preferenza alla Società stessa su eventuali altri fornitori a parità di condizioni di cui doveva dall'utente essere fatto debitamente constare. Il Porfiri invero, precisavasi, aveva dato all'Unes disdetta del contratto di fornitura per il 30 aprile 1930 e, nonostante le sollecitazioni della Società la quale erasi dichiarata disposta a fargli condizioni eccezionalmente favorevoli per la rinnovazione e continuazione del contratto, aveva cessato di valersi della energia della stessa rivolgendosi ad altro fornitore senza fare constare delle condizioni fattegli da questo a termini e agli effetti della clausola di preferenza. Dal che essendo derivati gravi danni alla istante, questa chiedeva fosse dichiarata l'inadempienza del Porfiri alle obbligazioni contrattuali e condannato al risarcimento dei danni cagionati, danni da liquidarsi in prosieguo di causa o in separata sede.

(*Omissis*).

DIRITTO

(*Omissis*).

Ciò premesso, osserva il Tribunale che in forza dell'art. 2 capitolato generale per la fornitura di energia elettrica della U.E.E. depositato il 28 ottobre 1916 presso il notaio Guasti di Milano, numero 16856 rep. le cui disposizioni sono espressamente richiamate per patto essenziale della convenzione quali condizioni generali del contratto stipulato fra il Porfiri e la Società, con dichiarazione dell'Utente medesimo di conoscerle ed accettarle integralmente in quanto non esplicitamente contemplato o modificato, il Porfiri si obbligava, alla scadenza della fornitura, a dare la preferenza alla Società stessa su eventuali altri fornitori a parità di condizioni di cui dall'utente dovevasi fare debitamente constare.

Sembra ai giudicanti che la validità di un tal patto almeno fino a che non sia positivamente dimostrato che esso non fu coscientemente e liberamente convenuto, nonostante i dubbi affacciati al riguardo specie per la indeterminatezza nel tempo del vincolo con esso costituito, non possa essere seriamente contestata ove si rifletta da una parte che esso, nonchè recar pregiudizio, permette anzi all'utente di avvantaggiarsi di tutti i benefici derivabili in futuro dalla libera concorrenza, mentre dall'altra tende al non biasimevole intento di salvaguardare la Società fornitrice dal pericolo di capricciose volubilità o artificiose sobillazioni del pubblico, pericolo e preoccupazione tanto maggiormente apprezzabili quanto maggiori in questo importante ramo dell'industria sono, anche in relazione alle più moderne esigenze della tecnica, le spese per l'impianto del servizio di produzione e distribuzione dell'energia. Nè lo stesso patrocinio del convenuto Porfiri sembra insistere su questo punto della validità del patto di prelazione già altre volte riconosciuto anche da più elevate magistrature, laddove pretende invece che all'obbligo ivi previsto si sia nella specie dall'utente ottemperato mediante la comunicazione epistolare 29 aprile 1930.

Sta di fatto che con la lettera 29 aprile 1930 cui si accenna, il Porfiri Vincenzo dopo aver fin dal 29 marzo 1930 disdettato senz'altro il contratto di fornitura per la scadenza del 30 aprile allora prossimo di fronte all'invito della Società a rispettare il patto di preferenza documentando le condizioni di fornitura fattegli da altri, dichiarava anzitutto di riservarsi di impugnare la clausola contrattuale per vizio di consenso e illiceità; indi insisteva sulla disdetta spiegando di aver già convenuta la nuova fornitura con l'altra Società Marchigiana Calce e Cementi, sia per favorire una industria locale, sia perchè ritenute per lui più vantaggiose le condizioni da questa fattegli e che enumerava. Affrettavasi l'Unes con lettera 2 maggio 1930 a ribattere le affermazioni avversarie in ordine alla obbligatorietà del patto di preferenza aggiungendo di poter fare eccezionalmente al Porfiri condizioni migliori di quelle proposte dalla Società Marchigiana Calce e Cementi; in conseguenza lo invitava a documentare l'offerta di quest'ultima promettendo di comunicare immediatamente le proprie nuove più favorevoli condizioni. A tale lettera il Porfiri non diede altra risposta che col tagliare i fili e introdurre nel suo impianto la energia della Società concorrente.

La semplice esposizione dei fatti sembra al Collegio sufficiente a stabilire, insieme col proposito deliberato del Porfiri di non rispettare il patto di prelazione, l'effettiva manifesta inadempienza di lui al patto medesimo. In verità egli vi aveva già contravvenuto allorchè con la cartolina 29 marzo 1930 dichiarava di voler cessare dal contratto di fornitura senza comunicare in alcun modo quanto gli incombeva a termini dell'articolo 2 del capitolato generale.

Fu solo in seguito al richiamo dell'altro contraente che il Porfiri decidevasi dopo lunga attesa e in limite alla scadenza contrattuale a comunicare le pretese nuove e migliori condizioni fattegli dalla Società concorrente, ma non già allo scopo di porre la prima fornitrice in condizioni di esercitare il diritto di prelazione, chè anzi lo contestava, bensì solo per riconfermare che a motivo di esse oltre che della particolare considerazione dovuta alla industria locale egli intendeva fornirsi presso altra Società.

Lo spirito e la forma di tale comunicazione avrebbe dunque autorizzato l'Unes a ritenere fin da allora inadempiente il Porfiri all'obbligazione assunta; ma al contrario essa, insistendo nel suo punto di vista, volle permettergli ancora di riparare, accettando per buona la espressione della di lui mala volontà contrattuale e solo invitandolo a documentare in conformità dell'articolo 2 più volte citato l'offerta della Società Calce e Cementi. Sostiene oggi la difesa del convenuto che nessun obbligo di documentazione in tali sensi poteva a lui far carico alla stregua della formula contrattuale, tanto più che le condizioni generali di fornitura della Società Marchigiana Calce e Cementi sarebbero state consacrate in un capitolato generale di pubblico dominio, come quello che si troverebbe depositato presso un notaio Bruno di cui non si precisa neanche la residenza. Osserva il Tribunale che anche sotto questo riflesso sussiste pienamente dimostrabile l'inadempienza del convenuto. Vero è infatti che l'articolo 2 del nostro Capitolato non usa

espressamente la parola documentare come non usa neanche l'altra comunicare; la clausola si esprime nel senso che le nuove condizioni devono essere fatte dall'utente alla Società debitamente constare. Il termine nella sua relativa indeterminatezza pone l'obbligo dello utente sopra un terreno intermedio conforme alle leggi dell'equità e allo spirito della clausola che è quello di impedire facili infingimenti o manovre dell'utente per ottenere ingiustificati ribassi; in altri termini significa che l'utente deve secondo i casi fornire gli elementi necessari per convincere l'altra parte della reale esistenza e serietà dell'offerta della Ditta concorrente.

Così mentre in un caso l'utente sarà costretto a produrre le prove dell'offerta, in altri, in cui realmente questa trovasi concretata in atti ricevuti da un pubblico ufficiale o comunque resi di pubblico dominio, basterà che si richiami agli atti medesimi o faccia menzione delle altre circostanze da cui quella generale conoscenza promana. Che cosa fece per contro nella fattispecie il Porfiri? All'invito della Società Unes non solo non documentò, come si chiedeva, l'offerta, ma neanche ritenne suo dovere far richiamo al preteso atto di deposito presso notaio; di cui neanche in questa sede vengono forniti gli estremi, manifestazione e riprova dello spirito anticontrattuale con cui era stata fatta la gratuita effimera comunicazione e del deliberato proposito di porre in non cale l'obbligazione di cui all'art. 2 del capitolato generale di fornitura.

In tali condizioni non resta che dichiarare la inadempienza del convenuto al patto contrattuale in questione e pronunciarne la condanna generica, come chiedesi, al relativo risarcimento dei danni salvo liquidazione in separata sede. Le spese seguono la soccombenza.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) La sentenza del Tribunale di Ancona viene ad arricchire la già abbondante giurisprudenza in merito al patto di prelazione, che in essa ha costantemente trovato pieno riconoscimento. Si vedano in proposito i numerosi giudicati pubblicati *sparsim* in questa Rivista.

La citata sentenza non fa che ribadire il concetto che il patto di prelazione non vincola l'obbligato ad una prestazione continuativa, ma lo sottopone semplicemente a un obbligo condizionale, il quale diviene operativo soltanto nel caso che egli voglia stipulare un nuovo contratto sulla cosa che è oggetto del patto, e contiene la promessa di contrattare con taluno piuttosto che con altri a parità di condizioni. Questo punto è stato dal Tribunale di Ancona, chiarito nel senso che esso ha specificato gli obblighi che all'utente incombono quando esso voglia sottrarsi all'obbligo nascente dal patto di prelazione, stabilendo che l'utente ha il dovere di portare a diretta conoscenza del fornitore, l'eventuale offerta di fornitura che gli sia fatta da terzi, e inoltre di documentare l'offerta stessa in modo da convincere della sua reale esistenza e serietà, non essendo all'uopo sufficiente la semplice notizia dell'offerta del terzo e il fatto che le condizioni di fornitura offertegli siano contemplate in atti di pubblico dominio.

G.A.M.

Noleggio di impianti telefonici - Fallimento.

MASSIMA

Il creditore per noleggio di impianto telefonico ha diritto di essere ammesso al passivo del fallimento dell'utente per l'ammontare di tutti i canoni fino alla normale scadenza contrattuale, se apposita clausola del contratto per telefonia interna commina a carico dell'utente insolvente l'obbligo di pagare detti canoni a titolo di indennizzo. (1)

Il deposito di garanzia effettuato dall'abbonato, costituendo un deposito o pegno irregolare a garanzia del pagamento, può essere, in caso di fallimento dell'abbonato stesso, incamerato dalla Società alla quale è stato a suo tempo versato, a parziale compensazione del suo credito, restando alla Società il diritto di insinuarsi al passivo per il restante suo credito non coperto dal deposito. (2)

Tribunale Torino, Sezione 1ª, 30 ottobre-10 novembre 1930. Pres. Danza, Est. Ripa di Meana, in causa SOCIETÀ AN. TELEFONIA INTERNA SPECIALE S.A.T.I.S. (Avv. Vuillermin) c. FALLIMENTO F.A.E.T. (Avv. Sola).

DIRITTO

(*Omissis*).

Altra contestazione si è quella relativa al credito della S.A.T.I.S.: questa in data 5 maggio 1927 aveva stipulato con la F.A.E.T. contratto per servizio telefonico della durata di anni 15 oltre a quello dell'eseguito impianto, e quindi con scadenza nel 1942, per l'annuo canone di L. 2600, versandosi dalla F.A.E.T. per espresso patto di polizza ed all'atto della firma di questa, un deposito di garanzia di L. 3828.

La S.A.T.I.S. in seguito al fallimento della F.A.E.T. ha chiesto di essere ammessa al passivo in via chirografaria per L. 16.000 ammontare dei canoni dovuti fino alla scadenza del contratto, e la curatela mentre non fa eccezione in quanto al patto di pagamento del canone per gli anni per cui il contratto è stato stipulato chiede che l'ammissione si faccia per L. 19.828, senza cioè la deduzione delle L. 3828 a mani della S.A.T.I.S., della quale somma fa riserva di chiedere la restituzione o di operare la compensazione colla percentuale dovuta.

La pretesa del fallimento devesi respingere giacchè trattasi nella specie di deposito o pegno irregolare di denaro, del quale il creditore può liberamente disporre in difetto di contraria pattuizione, ed il previsto e verificatosi mancato pagamento a garanzia del quale è stata consegnata la somma autorizza la S.A.T.I.S. ad incamerare la cauzione o deposito.

Nel caso presente la data del versamento delle L. 3828, anteriore alla data di cessazione dei pagamenti, esclude che si possa revocare neppure a sensi dell'art. 709 n. 1 Codice di Commercio, onde l'ammessione al passivo chirografario della S.A.T.I.S. devesi fare per le proposte L. 16.000 esclusa ogni riserva per le L. 3828 acquisite alla S.A.T.I.S. stessa.

NOTA

(1-2) La sentenza del magistrato torinese che applica ad un caso particolare un principio già affermato altre volte in tema di risoluzione anticipata per causa di fallimento di contratti a tratto continuativo, recanti clausola penale, va segnalata sopratutto per quanto concerne la seconda delle massime sovra riportate.

Si tratta infatti di un caso che frequentemente si presenta alle aziende elettriche, ogni qual volta debbano, in una proposizione fallimentare di credito, denunziare l'esistenza di un anticipo incamerato.

L'importanza della pronunzia sta non tanto nella affermazione che l'anticipo costituisce un pegno irregolare, e che esso possa incamerarsi a compensazione dei crediti scaduti insoluti, quanto e sopratutto nella affermazione della legittimità di tale compensazione anche a copertura del credito derivante da anticipata risoluzione del contratto per fatto e causa del fallimento.

Fornitura di energia elettrica - Fallimento - Privilegio del credito per rimborso tasse.

MASSIMA

Il diritto di rivalsa che compete al produttore di energia elettrica per le tasse pagate in vece dell'utente (art. 14 D. M. 8 luglio 1924) *implica la surrogazione del produttore nella posizione e nei diritti dell'originario creditore* (Stato e Comune), *e il corrispettivo credito è quindi privilegiato.*

Detto privilegio data la particolare natura dell'oggetto della fornitura si estende alla totalità dei mobili del debitore. (1)

I - Tribunale Genova, 26 novembre 1930. Pres. Forneris, Est. Assandri, in causa OFFICINE ELETTRICHE GENOVESI contro FALLIMENTO HUBER.

II - Tribunale Genova, 12 gennaio 1931. Pres. Accampora, Est. Chiarini, in causa OFFICINE ELETTRICHE GENOVESI contro FALLIMENTO TEMPESTI.

I°

FATTO

Con atto 11 aprile 1930 la Soc. An. Officine Elettriche Genovesi chiedeva di essere ammessa al passivo fallimentare del fallimento Huber & C. per un credito di L. 50,60 in via chirografaria, quale prezzo di energia elettrica fornita al fallito, nonchè di L. 64,05 in via privilegiata a titolo di rimborso imposta governativa e comunale sul consumo dell'energia elettrica.

Il curatore del fallimento, Dott. Stronello, pur non contestando il credito per se stesso, ne contestava il privilegio.

Con citazione 1° ottobre u. s. la Società conveniva il detto curatore avanti questo Tribunale per sentirsi ammettere al passivo fallimentare per la somma di lire sessantaquattro e cent. cinque in via privilegiata.

In giudizio si costituivano entrambe le parti le quali all'udienza del 10 corrente novembre concludevano così e come in rubrica.

DIRITTO

La questione del riconoscimento del privilegio per quanto riflette la somma relativa alla tassa erariale di consumo e al dazio comunale è stata già prospettata a questo Tribunale e risolta nel senso che nessun privilegio possa spettare alla Società produttrice e distributrice dell'energia nei confronti dell'utente caduto in istato di fallimento.

Questo Collegio però oggi, meglio esaminata la questione, ritiene di dover andare in diverso avviso.

Al fine di rettamente giudicare, occorre accertare la natura dell'imposta e vedere se la stessa incida sulla produzione, distribuzione o sul consumo dell'energia elettrica.

La legge approvata con decreto ministeriale 8 luglio 1924 all'art. 1° recita: L'imposta sul consumo del gas e dell'energia è stabilita nella misura.....

La dizione usata rende manifesto che l'imposta riguarda e colpisce il consumo dell'energia, il che vuol dire che essa dovrebbe venire pagata dal consumatore.

È bensì vero che l'Erario la percepisce, in base al disposto del successivo art. 14 della legge, dal fabbricante, ma ciò nulla significa perchè la norma evidentemente è stata dettata dal legislatore per rendere più sicura, più facile la percezione della imposta.

La percezione dai contribuenti avrebbe certamente dato luogo a maggiori difficoltà, stante il gran numero di essi; a spese non indifferenti, a possibili mancate esazioni, con nocumento dell'Erario il quale invece deve sempre essere posto in condizione di poter riscuotere le imposte per quei motivi che sono noti e che hanno un'assoluta importanza sociale.

Urge ora esaminare se l'ente, la società produttrice o distributrice dell'energia, possa a sua volta rifarsi del pagamento, da essa effettuato, della imposta, verso il consumatore. Di ciò non può essere dubbio.

Il solo fatto sopra accennato che la imposta colpisce il consumo, e che esclusivamente per comodità di percezione l'Erario la riscuote dal fabbricante, stà a far logicamente ritenere per un senso di equità e giustizia che il fabbricante possa rifarsi sul consumatore.

Ma precise disposizioni di legge confortano il Collegio in questa opinione.

Per il combinato disposto degli articoli 1251 e 1253 del Codice Civile, non può dubitarsi che il fabbricante e distributore dell'energia elettrica sia di diritto surrogato all'Erario in quanto appunto egli ha pagato un debito del consumatore in luogo e vece di lui, in quanto per legge obbligato esso pure e direttamente, al pagamento al quale non potrebbe assolutamente ed in niun modo sottrarsi.

Senonchè, e di più a rafforzare simile opinione ed a convincere senz'altro del diritto di rivalsa da parte del fabbricante, sta il disposto dell'art. 14 succitato della Legge, articolo che inequivocabilmente lo stabilisce dicendo: L'Imposta è pagata dal fabbricante direttamente in Tesoreria con diritto di rivalsa sui consumatori.

Dopo siffatta disposizione niun dubbio più può permanere. Tuttociò costituisce un primo argomento per ritenere che anche il credito del fabbricante verso il consumatore, costituisca un credito privilegiato.

Infatti che a favore dello Stato esista il privilegio non si discute e del resto non potrebbe discutersi in quanto indubbiamente il credito rientra in quelli previsti e disciplinati dal numero uno dell'articolo 1958 Cod. Civ. che riguarda precisamente e dazi e tributi indiretti sopra i mobili che ne furono l'oggetto.

Ora, quando si consideri che col diritto di surroga colui che ha pagato ha diritto di vedersi surrogato nel credito secondo la natura speciale di questo e così e come e con le stesse particolarità e gli stessi diritti del creditore originario, se ne deve pritrarre la logica e giuridica conseguenza che, se il credito è privilegiato, colui che viene ad essere surrogato deve poter chiedere ed ottenere anche il riconoscimento del privilegio che in fin dei conti può dirsi un accessorio del credito medesimo ed è insito alla natura del credito.

Senonchè si osserva, ed è questo si può dire il motivo assolutamente principale su cui si nega il riconoscimento del privilegio, che appunto per essere il privilegio spettante nel caso quello dell'art. 1958, n. 1 Cod. Civ. non è più possibile riconoscere, in via di rivalsa, al fabbricante l'esercizio del privilegio medesimo. Si fa infatti presente che la surripetuta disposizione, col dire che il privilegio cade sopra i mobili che ne furono oggetto, torna inapplicabile ogni qualvolta l'oggetto sul cui cadeva più non esista.

Il rilievo, per quanto acuto e di non trascurabile importanza, non può però avere nella fattispecie valore affatto decisivo perchè esso condurrebbe all'assurdo.

Se l'argomento può avere un riconoscimento trattandosi di altri oggetti di specie diversa da quello di cui trattasi, di oggetti di natura e specie comuni, perchè, essendo questi consumati, non possono conseguenzialmente più costituire garanzia di un credito qualsiasi, esso non può agire nella fattispecie, nella quale ci troviamo di fronte ad oggetto di natura del tutto speciale, sui generis, così fatta che il riconoscimento dell'argomento porterebbe di necessità alla impossibilità assoluta di percepire dal consumatore quanto per legge egli è tenuto a pagare.

È necessario tener presente che l'energia elettrica è un che di impalpabile, che essa si consuma nello stesso momento in cui è data, è usata.

Come allora e quanto si potrebbe esercitare il privilegio quando si consideri che nemmeno riescirebbe possibile accertare prima dell'effettivo consumo la quantità dell'energia sulla quale l'imposta deve cadere, dato che l'imposta medesima colpisce appunto il consumo?

Si avrebbe evidentemente l'assurdo di un privilegio inesercitabile nei confronti di colui che è l'oggetto dell'imposta, di colui che la tassa vuole in realtà colpire, e la legge avrebbe accordato al fabbricante un diritto di surroga, di rivalsa nella realtà inesercitabile per una parte, sotto un certo profilo, togliendogli in molti casi la possibilità persino di percepire la imposta perchè l'ammissione in semplice via chirografaria nel maggior numero dei casi nulla darebbe, o ben poco, al fabbricante, sebbene egli sia e sia sempre stato soggetto al pagamento dell'imposta in forma privilegiata, e di un'imposta che non dovrebbe far carico a lui, perchè creata nei confronti del consumatore, sicchè il privilegio pure deve ritenersi statuito nei costui confronti e mentre costui potrebbe, proprio quando meno lo merita, sottrarsi od al pagamento totale e parziale della tassa od almeno al privilegio verso di lui stabilito.

Le conseguenze appaiono per sè stesse così assurde, così contrarie allo spirito beninteso della legge, che il rilievo in base al quale si disconosce il diritto al privilegio non può essere accolto.

E non sarà senza utilità, senza importanza, osservare come, allorchè il Codice Civile venne formato, il legislatore non poteva avere e tenere presenti, e prevedere nemmeno, i grandiosi sviluppi che la energia elettrica avrebbe in avvenire assunti, sicchè egli non poteva certamente dare norme precise in proposito per modo che all'interprete spetta, non già correggere la legge od aggiungere ad essa, ma bensì e solamente adattarla alle nuove manifestazioni della vita umana, alle nuove necessità dello sviluppo delle industrie, del commercio. E nemmeno si dica che il legislatore avrebbe potuto provvedere nella legge di cui sopra si è detto, perchè ciò è stato fatto col riconoscere esplicitamente al fabbricante quel diritto di rivalsa che del resto già scaturiva dal Cod. Civ. ed in base al quale il fabbricante doveva ritenersi surrogato in tutti i diritti dell'Erario e quindi anche nell'esercizio del privilegio.

Ed ancora non vale osservare che, trattandosi di materia eccezionale quale è quella dei privilegi, era necessario che fosse espressamente stabilito il diritto di surroga anche per quanto ha tratto al privilegio e ciò sia per quanto sopra si è detto riguardo al diritto di surroga, sia, specialmente, perchè qui si deve tener presente che la imposta non è imposta gravante sul fabbricante, dal quale l'erario la percepisce solo per le ragioni sovra accennate, ma bensì imposta che colpisce il consumatore, sicchè il relativo privilegio deve intendersi creato non tanto nei confronti del fabbricante, quanto in quelli del consumatore per cui non vi era la necessità di stabilire nella surroga in modo espresso anche quella riflettente il privilegio in modo particolare.

In quanto alle spese, osserva il Collegio come equità e giustizia impongano una compensazione dato che trattasi di questione nella quale il Tribunale stesso era andato prima d'ora in contrario avviso, sicchè un'opposizione da parte del curatore poteva anche essere giustificata e mentre poi qui il curatore si è rimesso al giudizio del Tribunale.

P. Q. M. (*omissis*).

II°

DIRITTO

(*Omissis*).

In merito il Collegio osserva che per la legge approvata con Dec. Min. 8 luglio 1924 le imposte erariali e comunali, colpiscono il *consumo* dell'energia elettrica e pertanto esse dovrebbero essere pagate dal consumaore.

Ben è vero che l'Erario percepisce l'imposta dal fabbricante, in base al disposto dello art. 14 della predetta legge ma tale congegno è diretto solo a semplificare ed assicurare la esazione da parte dello Stato e dei Comuni, che avrebbe sicuramente dato luogo a maggiore difficoltà dato il gran numero di contribuenti, e le rilevanti spese; in realtà però il fabbricante l'energia elettrica non è che un intermediario fra l'ente creditore dell'imposta ed il contribuente, ma il rapporto fondamentale è sempre quello per il quale il vero debitore dell'imposta è il contribuente.

Da tale premessa deriva come conseguenza logica che il fabbricante possa rivalersi sul consumatore della tassa per lui pagata all'Erario ed al Comune. Tale diritto di rivalsa trova il suo giusto fondamento non tanto nel combinato disposto degli articoli 1251 e 1253 Cod. Civ. per cui dovrebbe ritenersi il fabbricante e distributore dell'energia elettrica surrogato di pieno diritto allo Erario avendo egli pagato un debito del consumatore in luogo e vece di lui, quanto nella precisa disposizione dell'art. 14 della succitata legge, il quale stabilisce che l'imposta è pagata dal fabbricante direttamente in tesoreria con diritto di rivalsa sui consumatori. Poichè non è dubbio che il credito dello Stato sia privilegiato rientrando in quelli previsti e disciplinati dall'art. 1958, n. 1 Cod. Civ. che riguarda i dazi e tributi indiretti sopra i mobili che ne furono l'oggetto, privilegiato dovrà essere ugualmente il credito del fabbricante l'energia elettrica, il quale viene ad essere surrogato, dovendo il privilegio considerarsi come un accessorio del credito cui si riferisce.

Similmente avviene nei casi degli appaltatori daziari (art. 71, R. D. 20 settembre 1923, n. 2030) dai quali i fabbricanti di energia elettrica differiscono solo, relativamente alle imposte speciali di cui trattasi, perchè la loro opera essendo considerata come un accessorio della loro industria, non è retribuita.

Il curatore nell'interesse del fallimento, pur non negando alle Officine il diritto di surroga nel privilegio di cui trattasi, osserva che appunto per tale surroga esse non possono vantare un privilegio maggiore di quello concesso per legge al Comune ed allo Stato e che esse esercitano in via surrogatoria, privilegio che cadendo sui mobili che ne formano oggetto (art. 1958, n. 1 Cod. Civ.) non può dalle Officine essere esercitato altro che su quella *energia elettrica che fu fornita all'utente* e che è il solo oggetto del tributo, e non su tutti i mobili del fallimento come esse pretendono. L'eccezione, che sarebbe giusta e fondata se si trattasse di oggetti mobili comuni, non sembra potersi accogliere nel caso in esame in cui la *natura* speciale dell'oggetto che si consuma nello stesso momento in cui è usata renderebbe impossibile di poter percepire dal consumatore quanto egli è tenuto a pagare, e si arriverebbe a questo assurdo, già rilevato giustamente dal Tribunale in precedenti sentenze, che la legge avrebbe accordato al fabbricante un diritto di surroga e di rivalsa, togliendogli poi la possibilità di esercitarlo in molti casi, giacchè l'ammissione al passivo del fallimento in via chirografaria, come pretende il curatore, ben poco darebbe nella maggior parte dei casi, al fabbricante che nel pagamento della imposta è sottoposto all'onere del privilegio.

Non può obiettarsi che il legislatore avrebbe potuto provvedere con la legge succitata, alla mancanza di precise disposizioni nel Cod. Civ., creato quando non si poteva prevedere i grandiosi sviluppi che l'energia elettrica avrebbe assunto nell'avvenire: invero il legislatore ha espressamente riconosciuto al fabbricante il diritto di rivalsa in base al quale il fabbricante doveva ritenersi surrogato in tutti i diritti dell'Erario, e quindi anche nello esercizio del privilegio — nè sembra potersi neppur validamente rilevare che avrebbe dovuto stabilirsi dalla legge in maniera esplicita il diritto di surroga, anche per quanto riguarda il privilegio, considerandosi che se l'imposta colpisce, come sopra esaminammo, il consumatore, il relativo privilegio non può intendersi creato solo nei confronti del fabbricante ma anche in quello del consumatore, e pertanto non vi era la necessità di stabilire col diritto di surroga, anche il diritto di privilegio in modo particolare.

Conseguentemente la sentenza impugnata deve essere riformata, ammettendosi le officine al passivo del fallimento per L. 204,10 in via privilegiata, e per L. 266,50 in via chirografaria.

Ritenuto che nei rapporti delle spese sembra opportuno al Collegio che oltre quelle di primo giudizio siano poste a carico del fallimento anche quelle del giudizio d'appello giacchè specialmente dopo la recentissima sentenza di questo Tribunale in materia, non avrebbe dovuto il Curatore resistere in questo grado alla domanda di ammissione in via privilegiata al passivo del fallimento avanzata dalle Officine.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) Le due sentenze annotate, confermano una massima già prevalentemente affermata dalla nostra giurisprudenza. Si vedano, ad esempio le sentenze: 2 marzo 1917 della Corte d'Appello di Torino (*Giurisprudenza Italiana*, 1917, I, 2, pag. 193) e 28 giugno 1918 della Cassazione di Torino (*ibidem*, 1918, I, 1, pag. 1192).

Ma è notevole il fatto che con esse il Tribunale di Genova cambia la propria giurisprudenza, aderendo a quella prevalente. Si veda infatti, in senso contrario alla massima annotata, la sentenza 20 dicembre 1926 dello stesso Tribunale, in causa Soc. An. Officine Elettriche Genovesi contro Soc. An. Traverso (*Temi Genovese*, 1927, pag. 199).

Alle considerazioni di carattere generale, ai richiami che le sentenze annotate fanno opportunamente, tanto ai principii generali del diritto, quanto alle leggi speciali, torna opportuno aggiungere un solo rilievo: che cioè un nuovo argomento in favore di detta tesi ha recentemente fornito il R. D. L. 28 luglio 1930, n. 1011 in tema di tassa scambio. Detta tassa, gravante anche sulla energia elettrica (art. 60) è dovuta, salvo rivalsa, dal fornitore fatturante, il quale (art. 43) per la rivalsa verso l'altro contraente gode dello stesso privilegio competente allo Stato a norma dell'art. 109, e cioè del privilegio sulla generalità dei mobili.

In questo caso particolare la legge ha dunque stabilito tassativamente quanto già la giurisprudenza aveva affermato in base ai principii che regolano il pagamento per surrogazione.

Fornitura di energia elettrica. - Inadempienza. - Prova della contrattazione.

MASSIMA

L'utente inadempiente ad un contratto di fornitura di energia elettrica non è ammesso a provare per testimoni che la sua firma al contratto sia stata apposta per errore nè che l'errore sia stato ad arte provocato, quando dal tenore della scrittura, dalla sua intestazione e dalle sue clausole più appariscenti se ne rilevi chiaramente l'oggetto, in forma tale da non potere non essere apparso al sottoscrittore. (1)

E neppure è ammissibile l'indagine per accertare se la firma sia stata apposta dall'utente o dalla moglie sua, quando risulti che il contratto fu poi volontariamente eseguito, e conseguentemente ratificato, dall'utente. (2).

La sottoscrizione di un modulo di contratto in bianco (per quanto riguarda le parti da completarsi a mano) obbliga il sottoscrittore al rispetto di tutte le clausole a stampa già esistenti all'atto della sottoscrizione. (3)

Tribunale Pallanza, 20-31 dicembre 1930, Pres. Bonelli, Est Groppa, in causa Società Anonima Idroelettrica dell'Ossola (avv. Pirola) contro Cipioni (avv. Nobili).

Fatto

Con atto del 2 ottobre 1929, la Società Idroelettrica del l'Ossola, in persona del Direttore Capo Ing. Agostino Pederzin conveniva davanti al Pretore di Pallanza il Sig. Cipioni Gio vanni, da Vogogna, e, premesso tra essa istante ed il convenut era pendente un contratto di fornitura di energia elettrica, scopo di illuminazione, di cui alla polizza 1° marzo 1929, che il convenuto aveva ritenuto di poter risolvere il detto co tratto e di assumere energia presso altra Ditta, rifiutando pagare le bollette scadute e provocando danni all'istant concludeva:

Dichiararsi aver valore e doversi mantenere il contratto *de q* sino al 28 febbraio 1934, con la condanna del convenuto al p gamento del canone di abbonamento a partire dal 1° magg 1929, in base al minimo fissato per bimestre, in L. 40, nonc al risarcimento dei danni, già verificatisi in L. 2000, e sal i maggiori da determinarsi da perito eligendo, il tutto oltre a spese e con sentenza provvisoriamente eseguibile.

Comparso in giudizio, il convenuto resisteva alla doman attrice ed impugnava di falso il contratto scritto invocato prodotto in causa della attrice, che egli interpellava a se dell'art. 298 Cod. Civ. se intendeva o meno servirsi del do mento impugnato.

Alla risposta affermativa dell'interpellata, il convenuto, n tando il suo sistema difensivo, non più procedeva ad avanz la minacciata querela di falso, e si limitava al puro e sempl disconoscimento della propria firma, solo in subordine in cando l'ammissione di una prova per testi diretta a dimostr che il 16 gennaio 1929, un impiegato della Società attr adottando un sistema fraudolento, già usato con altri, si portato nella casa di esso convenuto, ed aveva indotto la co moglie, a firmare, col nome del marito assente, un foglio bianco, senza lasciarne prendere visione, e senza alluder

contratto alcuno, anzi, dando ad intendere che il foglio si riferiva al versamento, che occorreva fare in anticipo, di una bimestralità di canone, versamento che dava diritto all'utente di disdire l'utenza di bimestre in bimestre. L'attrice, affermando inveritiero e disdetto dalle risultanze documentali di causa l'assunto avversario, si opponeva all'ammissione della prova ed insisteva per l'accoglimento della propria domanda.

Con sentenza dell'8 marzo 1930 il Pretore di Pallanza ammetteva la prova testimoniale dedotta dal convenuto.

Da tale sentenza si appellava l'attrice davanti a questo Tribunale, per veder riformata la sentenza medesima ed accolte senz'altro le proprie conclusioni spiegate in prime cure.

Appellava incidentalmente anche il convenuto per non aver il Pretore fatto carico all'attrice della procedura di verifica circa l'autenticità della firma apposta alla polizza in contesto.

All'udienza di spedizione, in cui la causa veniva assegnata a sentenza, le parti concludevano quindi come in epigrafe, in base agli atti e documenti del primo giudizio.

Diritto

L'appello dell'attrice è fondato.

Il Pretore non ha tenuto presente lo scopo e la portata essenziali della prova ammessa, che mirava a dimostrare la consumazione di un raggiro, da parte di un impiegato della Società attrice, raggiro in virtù del quale la moglie del convenuto si sarebbe indotta ad apporre la costui firma nel foglio parzialmente in bianco che le sarebbe stato sottoposto dall'impiegato medesimo, colla convinzione di firmare non già un contratto ma un semplice foglio di deposito.

Dalla motivazione della sentenza impugnata risulta infatti che il Pretore ha ammesso la prova nella convinzione che essa valesse a dimostrare la esistenza di condizioni contrattuali diverse da quelle consacrate nella polizza di abbonamento in contesto, ciò che invece non era nel fine sostanziale della prova stessa.

E con determinazione contradditoria questa venne ammessa, dopo che il Pretore aveva giustamente affermata la inattendibilità, in base alle risultanze documentali di causa, del disconoscimento del contratto da parte del convenuto.

La società sostiene la inammissibilità della prova perchè contraddetta dai documenti di causa, perchè irrilevante e perchè inammissibile in legge.

Sotto quest'ultimo aspetto, il Collegio opina diversamente. È canone fondamentale di diritto che nei rapporti giuridici si debba aver riguardo alla volontà effettiva dei contraenti e che la volontà stessa non debba subire deviazioni di sorta per errore, violenza o dolo.

La materialità di un atto (nel caso l'apposizione della firma alla polizza di abbonamento) non può, ai lumi dei canoni fondamentali del diritto, spiegare alcuna efficacia giuridica, se ad essa non corrispondono la coscienza e la volontà delle sue dirette, immediate conseguenze giuridiche. Nè la falsa determinazione di volontà, per fatto dell'altro contraente, può subire limitazioni di sorta circa la natura della prova relativa.

Nessuno ha mai revocato in dubbio che possa essere suscettibile di prova per testi la determinazione di volontà a seguito di violenza.

E le stesse considerazioni che valgono a legittimare un tal principio, giustificano in sostanza il principio stesso nei riguardi della volontà viziata da dolo.

Invece il Collegio ritiene inverosimile l'assunto dedotto a prova, non per quanto riguarda la non autenticità della firma apposta al contratto, ma per quanto concerne la mancanza di coscienza e volontà, a seguito del preteso subito raggiro, di firmare un contratto. *Ictu oculi*, anche a persona di deficiente attenzione e di eccessiva buona fede, non poteva sfuggire la natura del foglio che si faceva sottoscrivere.

La qualifica del foglio quale « Polizza di abbonamento » che si legge, a caratteri veramente cubitali, nel mezzo della facciata, e l'insieme delle numerose altre indicazioni che, a carattere anche rimarchevole, si leggono nell'ultima facciata e che si riferiscono a condizioni contrattuali, non si può ammettere potessero sfuggire al firmatario, specie, poi, la indicazione relativa alla « durata del contratto » e quella riguardante le « condizioni generali » indicazioni che non potevano non cadere sotto gli occhi del sottoscrittore, precedendo di poco spazio il punto dove la firma venne apposta, ed il cui significato non poteva non richiamare l'idea di un contratto. Ma a parte ciò, altre considerazioni valgono a far apparire inveritiero l'assunto di prova.

Le risultanze documentali di causa dimostrano inoppugnabilmente la esistenza di un contratto di fornitura di energia elettrica fra la Società attrice ed il Cipioni.

Se tale contratto non corrisponde a quello, di cui alla polizza impugnata, non si sa in che cosa debba ricercarsi, dal momento che il Cipioni non dimostra, anzi non richiama neanche altro precedente o contemporaneo o susseguente contratto, della cui sussistenza sarebbe stato facile di dare la prova, imponendo la legge fiscale l'obbligo della redazione scritta di simili contratti.

Giustamente poi rileva, la difesa della Società che il sottoscrittore della Polizza non poteva non considerare come le ricevute si rilasciano da chi riceve il deposito a chi lo eseguisce, e non viceversa, per cui non può ammettersi che il sottoscrittore medesimo potesse prestar fede alle pretese chiacchiere dell'impiegato della Società allorquando questi gli sottopose la polizza di abbonamento per la firma.

Infine è da rilevarsi la speciale importanza di un'altra circostanza, che è questa: il documento relativo al deposito cauzionale esiste effettivamente, ed è ben differente dalla polizza di abbonamento.

Dunque è a ritenersi che il sottoscrittore di quest'ultima firmò sapendo di firmare un contratto. E qui sorge l'altra questione, dibattuta fra le parti, se a firmare sia stato proprio il Cipioni, o, come questi vuole, la di lui moglie, in sua vece.

Ad un esame attento e dal confronto fra la firma apposta al contratto e le altre del Cipioni, risultanti dalle lettere 5 aprile e 1º luglio 1929 e dalla bolletta di pagamento relativa al bimestre maggio-giugno 1929, risulta la identità fra la prima e le altre. Nè risponde a verità quanto afferma il Cipioni, che la Società abbia ammesso essere di pugno della moglie del Cipioni la sottoscrizione della polizza.

La Società non ha ammesso ciò, ma ha cercato di dimostrare che anche nel presupposto che la firma fosse della moglie del Cipioni, le conseguenze giuridiche, non cambierebbero, per l'intervenuto riconoscimento e la libera esecuzione del contratto da parte del Cipioni.

È nelle note di udienza la Società ha ben chiarito il suo pensiero in ordine alla autenticità della sottoscrizione.

Del resto, sia del Cipioni, sia della di lui moglie la firma, il Collegio ritiene irrilevante la cosa, d'accordo in ciò con la difesa della Società, e parzialmente, anche con la sentenza appellata.

Se non si vuol ritenere che la moglie abbia firmato per mandato espresso o tacito del marito, si deve ritenere al certo che sia intervenuta ratifica da parte di costui, avendo egli eseguito la obbligazione che dal contratto gli derivava, contratto che non può essere se non quello che sarebbe stato firmato dalla moglie, dal momento che il Cipioni non ne richiama in guisa alcuna un altro. La sentenza appellata, dopo aver ammesso, in base alle risultanze dei documenti di causa, il riconoscimento del contratto da parte del Cipioni, osserva però che questi non può che ritenersi obbligato nei limiti in cui ha agito nel suo interesse la moglie, e non oltre il vincolo assunto da costei, e per la dimostrazione della portata di un tal vincolo ha creduto di poter ammettere la prova dedotta dal convenuto, la quale, come si è già visto, ha uno scopo ed una portata ben differenti.

È vero che il Cipioni nella sua prova deduce quasi per incidenza anche una circostanza che può servire ad invalidare alcune delle condizioni contrattuali, quali risultano dalla polizza di abbonamento, e cioè la circostanza che al momento della sottoscrizione il foglio era in bianco (per la parte, si intende, risultante ora riempita a penna).

E che fosse in bianco è ben attendibile, attendibilità dimostrata da una circostanza di particolare rilievo, la distanza, cioè, fra la data del deposito cauzionale e la data figurante nella polizza di abbonamento quale preteso inizio del contratto.

La logica induce a ritenere che questo sia stato stipulato, se non prima, contemporaneamente al rilascio della quitanza predetta, e che la esecuzione dovesse aver inizio, se non dalla data della sua stipulazione, molto probabilmente al principio del mese susseguente alla stipulazione medesima.

Non si ravvisa alcuna ragione logica o di pratica opportunità perchè in un contratto del genere si debba avere voluto che la stipulazione avesse luogo con rimarchevole anticipo sulla esecuzione.

Posto che la polizza di abbonamento fosse, come ritiene il Collegio, sia pure in via di semplice presunzione, in bianco, al momento della sottoscrizione, negli spazii poi riempiti a penna, vi è da esaminare quali siano in tal caso le conseguenze giuridiche in rapporto alla durata del contratto ed alla sua decorrenza, non potendo cadere contestazione sulle altre condizioni relative alla quantità di energia fornita, al prezzo relativo ecc., condizioni le quali trovano riscontro anche nella quitanza di deposito, corrispondente al prezzo dovuto per un bimestre e nella bolletta maggio giugno 1929.

Una delle condizioni a stampa della polizza statuisce che, salvo diversi accordi per una durata minore o maggiore, la fornitura si intende impegnativa per l'utente per la durata di almeno due anni e la fornitura si intenderà prorogata d'anno

in anno ed alle stesse condizioni, non intervenendo disdetta tre mesi prima della scadenza originaria o prorogata.

Non è da dubitarsi della piena validità di simili condizioni a stampa, che il sottoscrittore dimostra di accettare appunto col firmarle.

Se quindi si ritiene, che al momento della sottoscrizione, la polizza era in bianco, deve valere la predetta clausola a stampa, in mancanza di altra contraria pattuizione.

Nè contraria pattuizione si può ritenere al certo la pretesa affermazione, che sarebbe stata fatta al momento della sottoscrizione della polizza, da un semplice impiegato della società attrice, secondo la quale il Cipione avrebbe potuto disdire di bimestre in bimestre il contratto di fornitura della energia elettrica.

In quanto alla data di decorrenza del contratto mancano elementi per determinarlo con precisione, se quella ora risultante dalla polizza la si ritenga apposta posteriormente alla sottoscrizione della polizza medesima, e con arbitrio da parte della Società attrice.

Ma in via di grande probabilità si può ammettere che la data di decorrenza corrispondesse, come si è avuto modo di rilevare in precedenza, al primo del mese susseguente a quello, in cui ebbe luogo la stipulazione del contratto, stipulazione corrispondente quasi certamente alla data del rilascio della quietanza di deposito, e cioè al 16 gennaio 1929.

Ed allora, tenuta presente la surrichiamata condizione di cui all'art. 2 delle condizioni generali a stampa, la scadenza del contratto viene a verificarsi al 31 gennaio 1931.

Ed in tali limiti deve essere contenuta la domanda attrice, non potendo disconoscersi che la disdetta data dal Cipioni, non valevole per la data, per cui venne fatta, abbia invece efficacia per la successiva scadenza determinabile in correlazione al precennato art. 2.

La tesi del Collegio parte dal presupposto, ritenuto vero in base a sole presunzioni, che la polizza fosse stata sottoscritta in bianco.

Ma la difesa della Società attrice ritiene che nè le presunzioni, nè la prova testimoniale possano all'uopo essere fatte valere, occorrendo la querela di falso pel disposto dell'art. 1320 Cod. Civ. Essa sostiene inoltre, anche in resistenza all'appello incidentale interposto dal convenuto che, avendo costui dato inizio alla procedura di falso incidentale, con l'avere in sulle prime impugnato di falso il contenuto della polizza-contratto e con l'aver rivolto all'avversario l'interpello voluto dall'art. 288 Cod. Proc. Civ., non poteva più cambiare il proprio sistema di difesa, di fronte alla risposta dell'attrice di volersi valere del documento impugnato, e limitarsi al semplice disconoscimento di questo.

Il Collegio ritiene che non sia applicabile alla fattispecie l'art. 1320 Cod. Civ. il quale ha per presupposto che sia stata avversariamente riconosciuta la scrittura privata, mentre nel caso il Cipioni, ha impugnato nell'estrinseco e nell'intrinseco il documento prodotto ed invocato dall'attrice.

E non è esatto neanche che il convenuto, una volta dato inizio alla procedura di falso, non potesse più limitarsi al semplice disconoscimento del documento predetto.

L'adagio giuridico *electa una via non datur recursus ad alteram*, non fa al caso.

La vera procedura di falso, se pure deve essere necessariamente preceduta dalla impugnativa di falso del documento, dall'interpello, di cui al precitato art. 298 Cod. Proc. Civ. e conseguente risposta, di cui al successivo art. 299, si inizia veramente con la querela di falso.

La procedura preliminare importa una semplice minaccia di ricorso al grave mezzo della querela di falso; ma il quasi contratto giudiziale nella procedura di falso incidentale si stabilisce solo con la querela di falso.

Piuttosto il Collegio ritiene che le presunzioni, in base alle quali si ritiene attendibile la circostanza di essere stata la polizza firmata in bianco, non presentino i requisiti voluti dall'art. 1354 Cod. Civ., per cui necessario si renderebbe, *stricto iure*, ammettere, la prova per testi per quanto riflette la sola circostanza della firma in bianco, prova ammissibile in legge, nonostante l'esistenza dell'atto scritto, versandosi in materia commerciale (art. 44 Cod. Commerciale).

Ma poichè l'attrice invoca, per quanto in via di subordine, la riforma immediata dell'impugnata sentenza, pur se ciò debba avvenire col sacrificio che per lei importerebbe il riconoscimento della validità del contratto entro i soli limiti legittimati dall'art. 2 delle condizioni generali, riconoscimento che renderebbe superflua la prova sull'apposizione della firma in bianco, così il Collegio ritiene che si possa, con criterio di opportunità, prescindere dall'ammissione della prova predetta.

In tal modo viene superata la questione, oggetto dell'appello incidentale, inutile rendendosi la disamina sul se l'onere della prova incomba all'uno anzichè all'altro dei contendenti, data la superfluità di essa.

In quanto al giudizio di merito per la parte che riflette i danni richiesti dall'attrice, essi, se non gli interessi sui canoni già scaduti e non pagati, non si sa in che cosa possano consistere.

Che se poi la Società vuol riferirsi ai danni a lei eventualmente derivati dal fatto di non avere il convenuto, pel suo ulteriore fabbisogno di energia elettrica, data a lei la preferenza di fronte ad altri fornitori, preferenza stabilita dall'art. 2 delle condizioni generali dalla polizza-contratto, è da osservarsi che una tale preferenza doveva aver luogo solo in caso di parità di condizioni, parità che l'attrice non ha dimostrato abbia avuto luogo non avendo anzi dimostrato nemmeno che il convenuto abbia con altri contrattato una nuova fornitura di energia elettrica.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1-2-3). La sentenza annotata, con commendevole diligenza, ha sviscerato tutte le questioni inerenti alle contestazioni di sostanza e di forma che possano muoversi contro un contratto di fornitura di energia elettrica; contestazioni non nuove, che molte volte le imprese si sono viste opporre da contraenti inadempienti.

Non si può che consentire *toto corde* con le due prime massime epigrafate. Quanto alla terza, forse il Tribunale avrebbe potuto arrivare più in là, affrontando, come non fece, la specifica questione in ordine alla validità delle clausole, anche se posteriormente apposte, di un contratto firmato in bianco. La nostra giurisprudenza ha sempre ammesso la validità del biancosegno.

La Cassazione del Regno (13 novembre 1926, in *Giurisprudenza Italiana*, 1927, I, 1, pag. 51) affermò che «un foglio in bianco, tosto che sia riempito, non differisce dalla scrittura privata, anche se la dichiarazione in esso contenuta, sia stata scritta da persona diversa dal sottoscrittore» ed ancora in sentenza 1-26 giugno 1928 (in *La Corte di Cassazione*, 1928, I, 735) riaffermò essere applicabile al biancosegno, una volta riempito, il disposto dell'art. 1320 Cod. Civ.; avere esso cioè valore di atto pubblico rispetto ai sottoscrittori; ed aggiunse «Se chi lo rilascia subisce eventualmente degli abusi, non può che imputarne sè stesso».

Fornitura di energia elettrica
Azione possessoria.

MASSIMA

La energia elettrica costituisce una «cosa» *in senso giuridic*
e può quindi essere oggetto di possesso, ai sensi dell'art. 68
Cod. Civ. (1).

Di tale possesso fruisce l'utente che abbia il proprio impian
collegato con la rete distributrice; e perciò, se ne venga spoglia
mediante il taglio dei fili da parte del fornitore, può farsi reint
grare nel possesso mediante la azione possessoria competente (2

Pretore Abbiategrasso, 13-24 gennaio 1930, in causa PRE
TONI contro SOC. AN. FORZA E LUCE.

FATTO

Il sig. Preatoni Camillo con esposto 17 novembre 1929-VI
ricorreva a questo Pretore lamentando di essere da più di
anno al godimento della energia eletrica fornitagli dalla S
An. Luce e Forza di Parabiago per illuminazione della prop
casa di abitazione, dello stabilimento per tessitura meccan
esercitato in S. Stefano Ticino, quando improvvisamente
senza alcun motivo in data 31 ottobre 1929 i dirigenti d
Soc. An. Luce e Forza di Parabiago inviarono nello stabile,
ricorrente i loro dipendenti, i quali malgrado le vivaci prote
procedevano nell'interno del cortile, al taglio dei fili condut
dell'energia elettrica, spossessando così violentemente il ri
rente dall'uso dell'illuminazione sia per abitazione che per
cina; chiedeva pertanto l'accesso in luogo per le constataz
del caso.

In ottemperanza al decreto 17 novembre 1929, il Pret
assistito come per legge, si recava sul posto accertando la
tura dei fili entro il cortile del ricorrente e avanti la finestr
abitazione; ordinava il ripristino allo stato anteriore allo spo
Portata indi la lite alla udienza del 29 novembre 192
causa veniva posta a sentenza, concludendo le parti; il r
rente, perchè fosse ordinato alla Soc. An. Forza e Luce di
rabiago, di reintegrare immediatamente il sig. Preatoni

mulo di S. Stefano Ticino nel possesso della energia elettrica per illuminazione della casa di abitazione e dello stabilimento di tessitura meccanica; la convenuta società eccepiva che non si potesse far luogo ad esercizio di azione possessoria.

DIRITTO

La questione, che viene prospettata al giudicante è controversa fortemente, sopratutto perchè il codice patrio, nonostante la sua infinita sapienza rispecchia il momento storico, che lo ha partorito. Da quel tempo che sembra ormai così lontano, tante cose sia nella società, che nell'evoluzione si sono innovate, sono sorte nuove possibilità di diritti, nuove relazioni di fatti, cagionate dalle scoperte meravigliose che nessun secolo passato aveva mai visto l'eguale.

In parte tutta una legislazione particolare è intervenuta opportunamente a disciplinare i nuovi rapporti; ma la legge generale, sotto il cui impero devono rientrare i molteplici fatti giuridici, è rimasta la stessa. Di qui lo sforzo degli interpreti e della giurisprudenza per risolvere una questione, che trascende dai principi acquisiti. Si è perciò disputato della energia elettrica, se sia una cosa; e la questione è della massima importanza, non solo nel campo patrimoniale, per i suoi vari aspetti e combinazioni, quanto in quello stesso penale. Ma non sembra dubitarsi che la energia elettrica debba essere considerata «cosa» nel senso giuridico della parola. Il concetto di «cosa» non è conforme all'uso volgare; che per un lato è più esteso e per l'altro meno comprensivo di quello giuridico. Nè va limitato a quell'oggetto della natura esterna, che cade sotto un senso o l'altro.

È piuttosto un ente della stessa natura, all'infuori della persona che può essere oggetto di diritto. Già nemmeno gli antichi dubitavano di comprendere nelle *res* tanto l'*aer* che l'acqua corrente e il mare, che pure non sono che parzialmente possili di occupazione; anzi addirittura per il *coleum* le fonti parlano di *mensura coeli* e sostengono l'opinione comune che esso subisca la stessa condizione giuridica dal suolo, su cui cade. Tutto questo insinua nel concetto di «cosa» anche ciò che dai sensi è indirettamente appreso, come esistente; e questa interpretazione è conforme al progresso e suscettibile di comprendere le combinazioni che i nuovi rapporti creano. Poichè i concetti, come le idee, riflettono la costruzione e lo stato sociale del momento (*omissis*).

Ora non pare dubbio che in base a quanto esposto, l'energia elettrica debba considerarsi «cosa» oggetto di diritto, oggetto di possesso e quindi tutelabile per mezzo delle azioni possessorie e colla sanzione penale. La giurisprudenza ha oscillato nell'ammettere il primo esercizio, è rimasta immutabile nell'affermare applicabile la seconda. L'energia elettrica, quale che sia la sua essenza — l'essenza di tutte le cose sfugge pur sempre, nonchè ai sensi, all'intelletto — si manifesta indubbiamente ai sensi, costretta dalla volontà dell'uomo e piegata ai suoi servizi. Anzi la sua utilità è divenuta così importante, che ha invaso per gran parte l'economia dei popoli.

Perciò è un bene, ed un bene patrimoniale, suscettibile di dominio; quindi *res*, quindi contenuto di diritto reale.

Ne consegue che, allorchè l'energia elettrica si trova compresa in quello stato di fatto, che la legge presume conforme a diritto e perciò protegge, non può sembrare inammissibile la tutela di questo per mezzo delle azioni possessorie. Ciò risponde alla moderna teoria del possesso, che nella sua difesa, vede oltre che assicurata la pace sociale, favorita la utilizzazione delle cose. Ma sopratutto l'importanza assunta dall'energia elettrica impone la necessità di tale disciplina corretta. Non bisogna dimenticare che la produzione dell'energia elettrica sia industriale che domestica ha assunto la posizione di monopolio; e il privato che non può scegliere si troverebbe troppo esposto al capriccio e alle pretese del produttore.

Malamente potrebbe soccorrergli l'ordinaria azione d'inadempimento: la cui lentezza con le probabili complicazioni, lo lascierebbe privo senza rimedio, per lungo tempo di quel bene, necessario al par di ogni altro bene di prima necessità. D'altronde il possesso deve essere perfetto nei suoi estremi e requisiti, e le condizioni particolari coloriranno il contenuto giuridico di esso.

Ciò valga in ispecie per il rapporto fisico di dipendenza coll'avente diritto. Questo potere fisico può mutare nelle sue varie relazioni, ma il contenuto deve potersi assommare sempre allo stesso modo. A tale uopo va debitamente esaminato lo stato di fatto, se induca a riscontrarsi quel richiesto elemento materiale.

Nel caso specifico appunto dall'accesso in luogo è risultato che l'energia elettrica era stata portata direttamente sia nell'abitazione che nello stabilimento dell'attore: la somministrazione era continua. La società la distribuiva ininterrottamente.

Ma un bel giorno, senza un plausibile motivo, la stessa società faceva interrompere la somministrazione, mediante un atto violento ed illegittimo; faceva tagliare i fili nello stesso cortile dell'abitazione del Preatoni, obbligandolo a sospendere il lavoro nello stabilimento e a rimanere al buio la sera. Ora tutto ciò costituisce quello spoglio violento, che la legge vieta, perchè ingiusto, perchè tradisce il carattere di una provocazione, di un sopruso; ed è capace di compromettere l'ordine pubblico, e di eccitare rappresaglie. Infatti nessuna giustificazione ha saputo addurre la convenuta circa il suo riprovevole modo di agire: la sua azione violenta commessa sotto gli occhi stessi del Preatoni, nella sua stessa abitazione, pare non ne abbia. Pertanto si debbono accogliere le conclusioni dell'attore.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1-2) È già stata pubblicata in questa Rivista (fascicolo di agosto 1930, pag. 730) la più recente sentenza 18 marzo 1930 del Pretore di Ancona in causa Jori contro U.N.E.S., che ha deciso la questione controversa in senso totalmente opposto alla massima sopra riportata (si veda anche la nota di commento, ivi).

A nostro avviso la massima del Pretore di Ancona resiste ad ogni critica, mentre non può trovare consensi la tesi del Pretore di Abbiategrasso.

Questi infatti ha affrontato la questione senza proporsene i termini veri.

Si può anche consentire con la sentenza annotata per quanto concerne la prima massima. La questione trovò un tempo largo dibattito nella dottrina, in ispecie per ciò che concerne le norme relative al possesso; poichè non è dubbio che la energia elettrica, anche se possa considerarsi una «cosa», sia comunque una cosa *incorporea*. Onde si è discusso circa la possibilità del possesso di cosa di tale natura, sopratutto nella considerazione che il possesso ha sempre una base *de facto*, la materiale detenzione, quella che è tutelata dalla più immediata delle azioni possessorie, la *actio spolii*.

La giurisprudenza prima, la legislazione poi, nella preoccupazione di dare una pratica tutela giuridica ai diritti privati anche in tale campo, hanno dato una spinta alla elaborazione dottrinale in tal senso. Già in materia penale, la nostra giurisprudenza, affermando e punendo il furto della energia elettrica, ammetteva implicitamente ma necessariamente (e qualche volta la questione fu anche *expressis verbis* proposta e risolta) che la energia costituisse «cosa mobile» e che fosse possibile «impossessarsi» della stessa; ciò in relazione alla definizione tassativa del furto appunto quale impossessamento di cosa mobile, contenuta nell'art. 402 Cod. Pen.

Il nuovo Codice Penale poi, di cui è prossima la entrata in vigore, aggiornando la legislazione in conformità di quanto già affermato dalla giurisprudenza, aggiunge (art. 624), sempre in tema di furto, che «si considera cosa mobile anche l'energia elettrica», pur con la riserva restrittiva che tanto viene sancito «agli effetti della legge penale».

Si ammetta dunque, in ipotesi, che possa accettarsi senz'altro il principio premesso dalla sentenza annotata: essere cioè la energia elettrica una «cosa mobile» passibile di materiale possesso.

A questo punto, avrebbe dovuto il Magistrato proporsi il problema successivo: in quale momento sorga e quando sussista nell'utente il possesso da tutelare. È la questione che bene aveva prospettato e risolto il Pretore di Ancona nella sentenza sopra ricordata.

Egli osservò quanto era, in proposito, decisivo: essere cioè la energia elettrica un fluido che viene fornito all'utente mediante la immissione nei fili; talchè la immissione in possesso è continuata e successiva di mano in mano che la energia viene nei fili stessi introdotta. Col passare della energia nelle condutture, il possesso sorge, si estingue, si rinnova.

Talchè quando, in seguito al taglio dei fili, la energia cessi di essere immessa nell'impianto dell'utente, è chiaro che nulla viene a quest'ultimo ritolto, che già sia pervenuto nella sfera della sua disponibilità.

La energia già fornitagli non può evidentemente essere richiamata; il solo effetto della interruzione è quello di sospendere la fornitura successiva.

Ed allora, dove è mai il *possesso* leso dal taglio dei fili? Per la energia fornita fino a quel momento, vi fu, è vero, il possesso, ma questo non è stato in alcun modo turbato. Per quella futura, da fornirsi successivamente, appunto perchè non ancora fornita, non vi può essere violazione di un possesso che non ha potuto ancora sorgere.

Tagliando i fili, il fornitore nulla ritoglie che abbia già dato; si limita a interrompere il corso di una fornitura a consegne continuatamente successive.

È chiaro che, in simile condizione di fatto, non può darsi adito ad una azione possessoria, mancando alla stessa il necessario presupposto del possesso da tutelare.

Nè a diversa conclusione si giunge ove si faccia ricorso ai principii generali del diritto.

Lo scopo delle azioni possessorie, è infatti quello di tutelare lo stato di fatto esistente, di impedire lo esercizio antigiuridico delle private ragioni, di lasciare immutate le situazioni di fatto, sino a che esse non siano state conosciute dal Magistrato e da esso risolte le controversie di diritto alle stesse inerenti.

Nella ipotesi che ci interessa, la azione possessoria raggiungerebbe fini ben più larghi ed inammissibili.

Poichè in sostanza l'utente, reintegrato nel preteso possesso della energia, non otterrebbe soltanto di rimanere allo *stato quo ante*, ma prolungherebbe il godimento della fornitura, aumentando il suo debito, aggravando, a suo esclusivo favore, la situazione del fornitore, tenuto a continuare la fornitura fino a che siano risolte le questioni di merito.

Gli inconvenienti pratici, le incongruenze giuridiche di una tale soluzione sono palesi.

Nella annotata sentenza il Magistrato, forse per un momento intuendole, si è fatto carico di dire che, nella specie, il taglio dei fili appariva ingiustificato.

Rimedio, questo, insufficiente del tutto; poichè è risaputo che, una volta aperto l'adito alla azione possessoria, questa, per la sua stessa natura, non consente la indagine di merito circa la legittimità della turbativa; ed anzi la legge vieta espressamente ogni decisione sul merito fino a che non sia risolta la azione possessoria (art. 445 Cod. Proc. Civ.).

Onde ne risulterebbe questo assurdo evidente: che il fornitore dell'energia, di fronte all'utente inadempiente (per esempio per insolvenza) non potrebbe valersi del primo rimedio concesso a tutti i venditori, autorizzato dalla legge (*inadimplenti inadimplendum*), quello cioè della sospensione della fornitura. Egli dovrebbe chiedere in via petitoria la risoluzione del contratto e nelle more del giudizio aggravare sempre più la sua esposizione, il suo credito insoluto, col continuare la fornitura, in misura per di più completamente rimessa *ad libitum* dell'utente inadempiente.

Vi è in ciò un palese capovolgimento della situazione.

L'onere di esperire la azione petitoria, se mai, dovrebbe incombere sull'utente, *ad petendam rem*, ove egli intenda ottenere la fornitura a cui ritenga di avere diritto; non può farsene carico al fornitore ad uno scopo meramente negativo, cioè per esimersi dal fornire quanto è già a sue mani, e su cui può esercitare il molto più semplice diritto di ritenzione.

Ognuno vede, d'altro canto, i danni enormi che deriverebbero alla industria elettrica e, attraverso questa, alla economia nazionale, ove dovesse prevalere siffatto principio.

Ove gli utenti insolventi non potessero più essere colpiti dalla pratica ed immediata sanzione della sospensione della fornitura, sarebbe per essi il vero « bazza a chi tocca ! ». La energia infatti dovrebbe essere fornita ancora, quasi a titolo di premio, anche agli insolventi, per mesi e mesi, e cioè sino alla definizione di un giudizio in contraddittorio.

Il fornitore di fronte all'insolvente, non solo dovrebbe subire il danno della energia già gratuitamente fornita, ma anche di tutta quella da fornirsi in futuro; ed infine anche il danno delle spese di un giudizio, che sarebbe costretto a promuovere (anche con la certezza di non ricavarne un soldo) unicamente per ottenere una sentenza che lo autorizzi a non prolungare la fornitura all'infinito, come sarebbe costretto a fare, in omaggio all'asserito..... possesso.

La tesi annotata, priva di precedenti nella patria giurisprudenza, (almeno per quanto ci consta) non può quindi trovare ulteriore fortuna innanzi ai nostri Magistrati.

AVV. ALESSANDRO PATRUCCO.

PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazioni di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali etc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP. La ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicate per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice.

147 — *Opposizioni in sede istruttoria - Irrilevanza delle eccezioni che obbiettano l'ineseguibilità economica di una parte dell'impianto prescelto per la concessione.*

Non è efficace e ammissibile una eccezione di antieconomicità di una parte dell'impianto in istruttoria, (nella specie un invaso), quando il progetto, nel suo complesso, rappresenta la migliore e più vasta utilizzazione del bacino imbrifero.

D. R. 25 giugno 1926. Derivazione dallo Sturla (Genova). Consorzio idroelettrico Monte Aiona. Parere Cons. Sup. N. 497 del 29 marzo 1923 (*Boll. Min. LL. PP*, 1926, p. 3869.

148 — *Salvezza delle Utenze legittime precedenti alla derivazione - Si comprendono anche quelle del precedente Regime ex austriaco.*

La disposizione dell'art. 35 della legge 1919-27 che impone il rispetto delle utenze legittimamente esistenti sul corso d'acqua investito da una concessione di derivazione idroelettrica, comprende, per le nuove Provincie, anche le precedenti utenze accordate dai Capitanati distrettuali nelle Nuove Provincie ex Austriache.

D. R. 28 luglio 1930. Derivazione dal Torrente Talvera (Prov. di Bolzano) alla Soc. An. Cotonifici di Bolzano. Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 2021 del 29 luglio 1927 e 544 del 29 febbraio 1928. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, p. 323).

149 — *Opere di sistemazione della presa nell'interesse di vari utenti, oltre che del concessionario della utilizzazione - Riparto della spesa.*

Quando, in occasione di una derivazione idroelettrica si imponga l'esecuzione di opere di sistemazione della presa a norma degli art. 31 e 32 del D. L. 9 ottobre 1919, n. 2161, il disciplinare può riservare all'Amministrazione la facoltà di stabilire le quote di spesa per tale opera di sistemazione a carico degl utenti a valle che siano avvantaggiati dall'esecuzione.

(Come al N. precedente, *Boll. Min. LL. PP.*, 1931, p. 323)

150 — *Concessioni idroelettriche nelle nuove Provincie - Decorrenza del sessantennio a datare dal decreto legge* N. 216 *del* 1919.

Per le concessioni idroelettriche accordate per i corsi d'acqu nelle nuove Provincie, la decorrenza del termine massimo d sessantennio, viene fissata dal 20 maggio 1923 data in cu per le Provincie stesse, venne esteso il D. L. 9 ottobre 191

(Come al N. precedente, *Boll. Min. LL. PP.*, 1931, p. 324

151 — *Utenze legittime a valle della concessione idroelettrica Clausole di salvezza per l'agibilità inerente.*

Fra le clausole speciali di una concessione di derivazione scopo di produzione di energia elettrica può esservi la seguent « La Ditta concessionaria dovrà sempre governare il propr impianto in modo da rendere possibile il regolare e costan esercizio delle esistenti utenze legittimamente costituite de acque del torrente ...., a valle del proprio impian in modo che le utenze stesse possano venire regolarmente ese citate entro i limiti e nei modi corrispondenti ai relativi tit e diritti ».

(Come al N. precedente, *Boll. Min. LL. PP.*, 1931, p. 32

152 — *Riserve d'acqua a favore di Opere pubbliche - Nella specie Consorzio di regolazione di un lago.*

Un Consorzio per la costruzione e l'esercizio dell'opera regolatrice di un lago (nella specie Lago Maggiore) che interessa un Consorzio fluviale (nella specie del Ticino, istituito con D. L. 14 giugno 1928, N. 1595 convertito nella legge 20 dicembre 1928, N. 3228) può chiedere ed ottenere la riserva (in concreto quadriennale) della utilizzazione delle acque che si renderanno disponibili mediante le opere di regolazione e ciò in applicazione dell'art. 38 del D. L. 9 ottobre 1919, N. 2161, sempre che il Consorzio abbia, nel proprio statuto di fondazione, facoltà di chiedere concessioni inerenti alla migliore e integrale utilizzazione delle acque nell'interesse dei consorziati o a vantaggio dell'agricoltura e dell'industria. Nella specie la riserva può essere subordinata alla compatibilità con altra concessione richiesta e prevista da altra istituzione statale (Canali demaniali Cavour).

D. M. 17 gennaio 1931 in *Boll. Min. LL. PP.*, 1931, p. 381.

153 — *Concessioni idroelettriche nel Mezzogiorno - Validità delle leggi speciali di esonero temporaneo dal canone.*

Sono tuttora in vigore e in applicazione (almeno fino al luglio 1926) le disposizioni dell'art. 88 della legge 25 giugno 1906, N. 255 (pubblicata il 27 giugno), la quale accordava per un ventennio l'esonero dal canone per le derivazioni idroelettriche da tutti i corsi di acqua pubblica della Calabria sotto determinate condizioni contemplate dall'art. 88 della legge precitata. Può ritenersi che il vigore di tal legge sia riportato al fatto che, prima della scadenza del ventennio, era stata presentata istanza di concessione. L'esonero è però riportato alla legge del 1884, vigente nel 1906, quando il limite normale massimo delle concessioni di derivazione era un triennio.

D. R. 9 luglio 1926. Derivazione dalla fiumara dello Stilaro (Prov. Cosenza). Società Immobiliare Calabra. Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 74 del 15 gennaio 1926. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1926, p. 4041).

154 — *Istruttoria di concessione idroelettrica - Facoltà nel Cons. Sup. dei LL. PP. di imporre a vari interessati istanti di collegarsi in unico progetto e in unico Ente per la presentazione di progetto modificato.*

In sede istruttoria di un progetto di concessione idroelettrica, il Consiglio Superiore ha facoltà di imporre a più progettisti di collegarsi in unico Ente e di presentare un nuovo progetto modificato secondo i criteri del Consiglio stesso, e ciò entro un termine prefisso (nella specie sei mesi) a datare dalla notifica dell'ingiunzione (art. 13 D. L. 9 ottobre 1919).

L'esaurimento di tale condizione di avvera anche costituendo una nuova Società cui vengono conferiti i diritti dei progettisti cui si riferiva l'ingiunzione e che adempie agli obblighi della medesima.

D. R. 17 maggio 1928. Derivazione dal Brembo (Prov. di Bergamo). Concessione alla Società Forze Idrauliche Alto Brembo. Parere Cons. Sup. LL. PP., N. 1629 del 15 giugno 1927. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1928, p. 3423).

154 — *Istruttoria di concessione idroelettrica - Irrilevanza di opposizione generica per temuti danni.*

In sede di istruttoria di una domanda di derivazione idroelettrica, non è rilevante e rilevabile una generica opposizione per *temuti danni* che potrebbero derivare dalla esecuzione delle opere di derivazione potendosi comunque provvedere al riguardo colle leggi in vigore.

(Come al N. precedente, *Boll. Min. LL. PP.* 1928, pag. 3428).

155 — *Istruttoria di derivazione idroelettrica - Irrilevanza di progetti presentati ai fini della concorrenza eccezionale di cui all'art. 11 del D. L. 9 ottobre 1919, N. 2161.*

Perchè un progetto di derivazione idroelettrica possa vantare titolo alla ammissione in istruttoria, specie in concorrenza eccezionale ai sensi dell'art. 11 del D. L. N. 2161 del 1919 è anzitutto necessario che tale domanda sia documentata a sensi di legge.

È anche necessario che si fondi sulle portate effettive del corso d'acqua, senza artificiose amplificazioni.

D. R. 15 marzo 1928. Derivazione dal Mezzofiumino (Prov. di Cosenza) alla Ditta Cordasco. Parere Cons. Sup. LL. PP., N. 683 del 1° marzo 1927 e 544 del 15 febbraio 1927. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1927, p. 2724).

156 — *Progetti di derivazione idroelettrica - Migliore utilizzazione - Esame e giudizio normalmente limitato al corso d'acqua in contestazione, senza aggiunta di altri corsi d'acqua confluenti o adiacenti.*

La migliore utilizzazione di che all'art. 11 del D. Legge N. 2161 del 1919 è, in linea normale, esaminata e stabilita in relazione al corso d'acqua in esame, nè, ai fini della presenza, può valere normalmente il fatto che a detto corso d'acqua siano aggiunti progetti di opere relative ad altri corsi d'acqua confluenti o adiacenti, specie quando la migliore utilizzazione si ottiene col tenere distinte le derivazioni dei due o più corsi d'acqua.

(Come al N. precedente, *Boll. Min. LL. PP.*, 1928, pag. 2726.

NOTE E RIASSUNTI

CONDOTTE FORZATE PER IMPIANTI IDROELETTRICI

Bulletin Escher Wyss, luglio-settembre 1930. – H. J. KLEIN.

Come si è già avuto occasione di accennare in una recente nota sul progresso delle condotte forzate (*L'E. E.* 1930, fasc. XII) l'utilizzazione di salti e portate ognor crescenti, da un lato, e il perfezionamento della tecnica delle saldature dall'altro, (saldature a gas d'acqua in un primo tempo e ad arco elettrico più tardi) determinarono sin dal 1906 il graduale sopravvento delle condotte saldate su quelle chiodate.

I progressi realizzati in questo campo, specialmente dal 1915 in poi, sono chiaramente sintetizzati negli esempi illustrati dalla nota in esame, la quale, pur riguardando la produzione di una sola casa costruttrice, riporta dati e notizie di interesse generale.

L'A. premette anzitutto alcune considerazioni sui vantaggi che le tubazioni saldate presentano rispetto a quelle chiodate.

Per medi spessori il rendimento della saldatura può raggiungere il 90 % ed è quindi possibile adottare lamiere più sottili che nel caso della giunzione mediante chiodi, il cui rendimento si mantiene tra il 60 e l'80 %.

Con l'aumentare degli spessori le chiodature presentano difficoltà d'esecuzione sempre maggiori ed efficienza dubbia, tanto che si impongono le due soluzioni: lamiera saldata per sovrapposizione dei lembi oppure tubi cerchiati con camicia in lamiera saldata quando occorrono spessori maggiori.

Anche per piccoli spessori, al di sopra però degli 8 mm, i tubi saldati presentano, rispetto alla comodità d'esecuzione, sicurezza e tenuta, caratteristiche almeno eguali a quelle dei tubi chiodati. Le perdite di carico in una condotta chiodata di diametro medio sono superiori a quelle presentate da una tubazione saldata d'egual diametro a causa della sovrapposizione delle parti chiodate ed alla diminuzione di sezione utile prodotta dalle teste dei chiodi.

Diamo un cenno sulle principali caratteristiche delle installazioni descritte nell'articolo:

a) *Impianto di Run.* Condotta chiodata. Anno di costruzione 1915. Diametro da 2000 a 1800 mm. Pressione statica da 52,2 a 142 m. Lamiera in acciaio fuso Siemens-Martin con spessore variante da 12 e 28 mm, resistenza alla trazione 34-42 kg/cm², allungam. 25 % su 200 mm. Doppio ordine di chiodi nella parte superiore, triplo nella inferiore. Una parte della condotta, della lunghezza di circa 45 m, attraversa un piccolo corso d'acqua a guisa di ponte, con appoggio intermedio sopra un pilone di muratura; in questo tratto la tubazione è rinforzata mediante corniere esterne e coprigiunti interni a triplo ordine di chiodi. Per ridurre al minimo l'attrito sulla pila del ponte la condotta, in corrispondenza di questa, è appoggiata su rulli. Le piastre d'appoggio sono in acciaio fuso, i rulli in acciaio Siemens Martin. Ogni tronco della tubazione è munito di giunto di dilatazione.

Impianto di Barberine. Condotta chiodata e saldata. Anno di posa 1921. Pressione statica massima 65 m nella parte superiore, 763 m nel distributore. Spessore delle lamiere da 10 a 47 mm. Diametro della condotta, nel primo tratto (di $\sim$ 150 m), in galleria, 1700 mm; diametro delle 2 condotte adiacenti (a valle della camera delle valvole): da 1200 a 950 mm. La parte superiore della condotta è eseguita in lamiera chiodata: il resto in lamiera saldata a gas d'acqua. Il calcolo dello spessore delle lamiere è stato basato sulla pressione statica aumentata del 10 % e su una sollecitazione ammissibile di 1050 kg/cm² lungo la chiodatura dei tubi chiodati e di 900 kg/cm² lungo le saldature dei tubi saldati, ciò che, ammesso un rendimento della saldatura dell'85÷90 %, corrisponde ad una sollecitazione teorica di 1060÷1000 kg/cm² sulla saldatura.

Gli spessori calcolati sono stati aumentati di 2 mm per tener conto dell'azione della ruggine.

Raccordi tra i diversi elementi: chiodature circolari per la parte in lamiera chiodata e manicotti conici chiodati per i tubi saldati.

I gomiti con attacchi, esterni agli ammarraggi, i giunti d'espansione e i premi stoppa son stati muniti di flange riportate; però, ove si dovettero fare attacchi o raccordi nell'interno dei blocchi d'ammarraggio si usò il tipo a manicotto chiodato per evitare gli attacchi a flangia annegati nel calcestruzzo.

Ogni tronco di tubazione è stato munito, immediatamente a valle dell'ancoraggio superiore, di un giunto di espansione del tipo illustrato nella fig. 1; i lunghi tiranti filettati che collegano la flangia del tubo ancorato con quella del tubo esterno del giunto (rigidamente collegato, questo, alla tubazione sottostante mediante flangia bollonata) permettono, all'occorrenza, di cambiare in modo molto semplice le guarnizioni di tenuta delle flange o addirittura di sostituire qualche tubo avariato. A tale scopo, si serrano a fondo i tiranti suddetti durante le ore più calde del giorno (a tubazione dilatata) e si libera subito dopo la

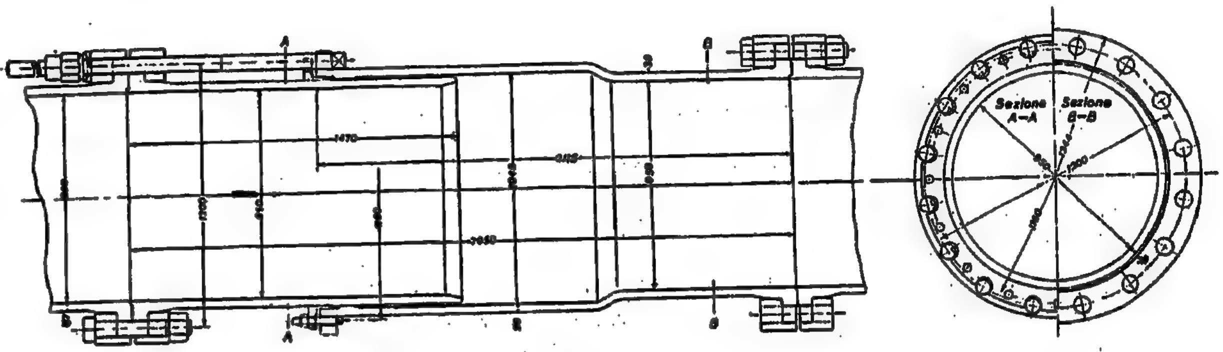


Fig. 1.

flangia o la giunzione interessata, in modo che la separazione delle due parti contigue possa avvenire per effetto del successivo accorciamento della tubazione (ormai sospesa all'ancoraggio superiore) dovuto al raffreddamento della notte.

Degni di nota sono i collegamenti trasversali a tre ordini di chiodi per le lamiere di 47 mm e con chiodi da 34 mm di diametro (fig. 2). Questo diametro di chiodi è infatti il massimo che possa venire adottato per chiodature a mano, con martelli pneumatici. Il collaudo della condotta fu effettuato per tronchi. All'uopo fu montato, in corrispondenza dell'ancoraggio inferiore di ciascun tratto di tubazione considerato, un diaframma munito di by-pass, di rubinetto di scarico e di boccola d'attacco per il manometro.

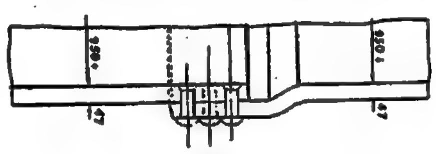


Fig. 2.

Per la prova veniva riempita la parte di condotta limitata inferiormente dal diaframma suddetto, fino a ottenere la metà della pressione statica normale nella parte superiore al diaframma; dopo di che veniva chiuso il by-pass e aumentata la pressione fino ad ottenere un valore eguale a 1,5 volte quello normale.

Durante il collaudo delle turbine si determinò anche la perdita di carico tra la camera delle valvole e il collettore; la perdita totale, che si era stabilito non dovesse superare i 20 m per una portata di 3,5 m³/sec, fu di m 14,9 per la portata di 3,63 m³/sec. Dalla formula $h_r = \lambda \frac{L}{D} \frac{C^2}{2g}$ risulta pertanto un valore di $\lambda = 0{,}0113$.

Impianto di Rio Cala. Tubazioni saldate in parte elettricamente e in parte a gas d'acqua. Anno di posa 1926. Diametri da 2250 mm a 1800 mm, pressione statica 92 m. Il primo tronco di condotta (spessore 8-10 mm) dovette, per condizioni speciali del terreno, esser annegato nel calcestruzzo in galleria. Gli elementi di questa parte della tubazione, lunghi m 2,50 ciascuno sono congiunti mediante manicotti conici di tipo brevettato per tubi saldati (fig. 3). Non essendo accessibile

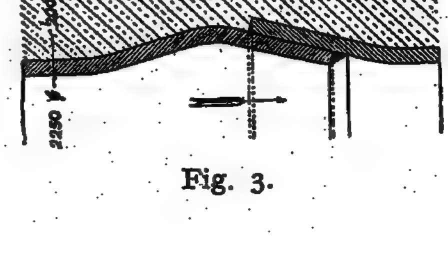


Fig. 3.

la parte esterna fu adottata per la prima volta la saldatura elettrica interna, con pieno successo.

La seconda parte della tubazione si svolgeva all'aperto e fu quindi possibile eseguire le saldature all'interno ed all'esterno.

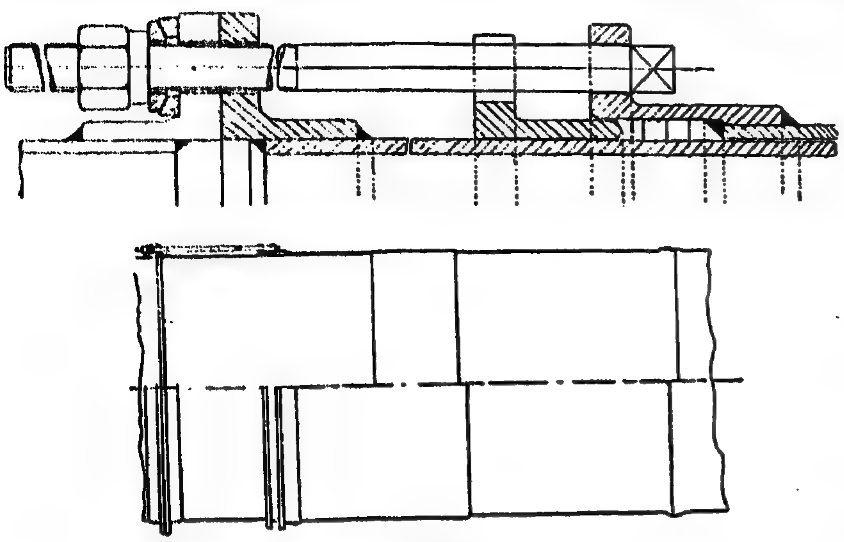


Fig. 4.

Essa è costituita da elementi lunghi m 6,45 formati da tre parti di egual lunghezza unite mediante saldature circolari.

I gomiti son composti di elementi saldati per accostamento (a cuneo) e i giunti di dilatazione sono pure eseguiti in pezzi

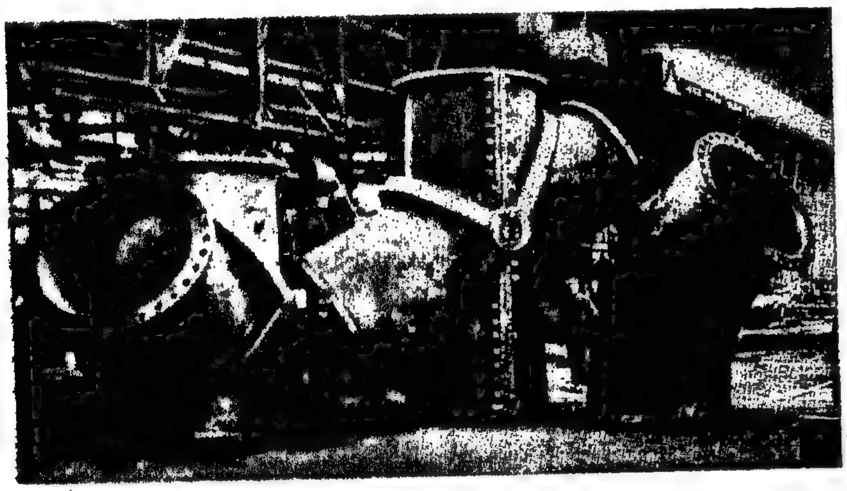


Fig. 5.

saldati (fig. 4). Dopo il primo ancoraggio la condotta si biforca. Il tubo di biforcazione venne eseguito in officina in due parti simmetriche, le quali furono poi unite sul posto mediante chiodatura.

Successivamente venne saldata la flangia a monte (del diametro di 2500 mm) e il tubo venne rinforzato mediante apposite nervature, pure saldate in posto. La terza parte della tubazione è formata da elementi saldati al gas d'acqua: $\Phi = 1700 - 1600$ mm, spessori 12-20 mm; pressione statica fino a 190 m. I collegamenti vennero eseguiti come nella condotta della Barberine.

Gli elementi di raccordo (a gomito e a croce) del collettore (fig. 5) sono in acciaio fuso; le altre parti in tubi saldati.

Tutto il distributore è semplicemente appoggiato sopra un piano orizzontale in modo

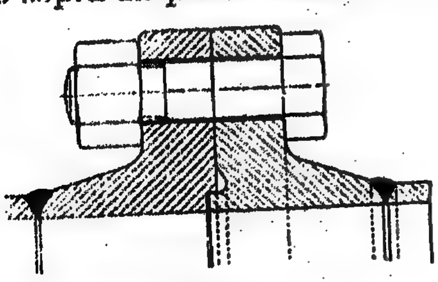


Fig. 6.

che può subire liberamente gli eventuali spostamenti dovuti alle variazioni di temperatura o di pressione.

Impianto di Madingusha. Diametro 2500/2300/2200 mm, spessore lamiera 10-19 mm; lunghezza 325 m. Pressione statica max 110 m circa. Questa condotta è costituita da tubazioni completamente saldate all'arco elettrico.

Ogni elemento, della lunghezza di 10 m, è costituito da 4 tubi da m 2,50 riuniti mediante saldatura. I successivi tronchi elementari sono invece congiunti fra loro mediante flange (fig. 6) saldate ai tubi per accostamento.

Anche i raccordi a croce del collettore sono stati eseguiti mediante saldatura elettrica (fig. 7).

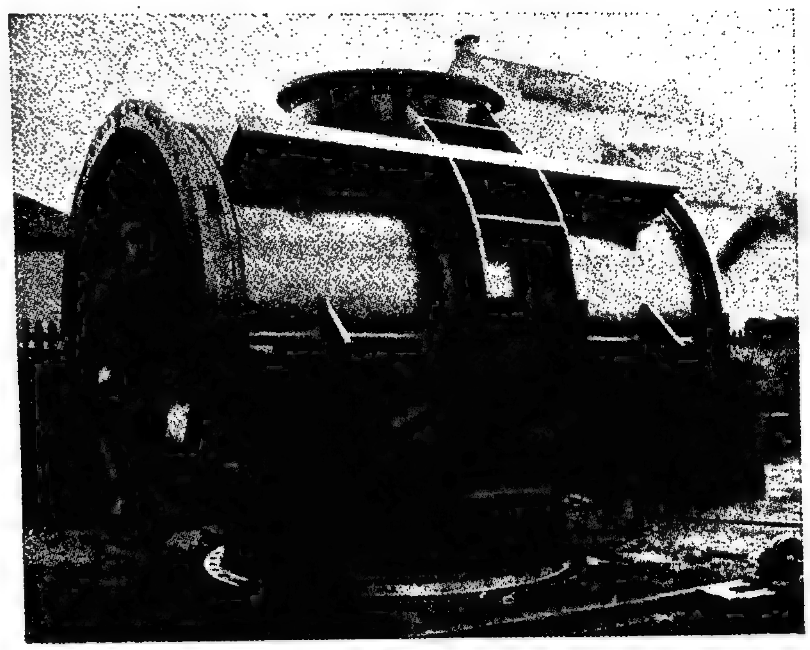


Fig. 7.

Impianto di Sernf. Condotta saldata elettricamente. Anno di posa 1930; diametro 1600-1300 mm, spessore 10-20 mm calcolato tenendo conto della pressione statica aumentata del 10% ed ammettendo una sollecitazione di 850 kg/cm². Gli elementi rettilinei normali son formati da 4 tubi della lunghezza di 3 m ciascuno, saldati per accostamento (a cuneo); gli elementi contigui sono collegati fra loro mediante flange saldate. Nei tronchi a gomito i tubi sono collegati fra loro mediante coprigiunti ad anello ripiegati e saldati (fig. 8).

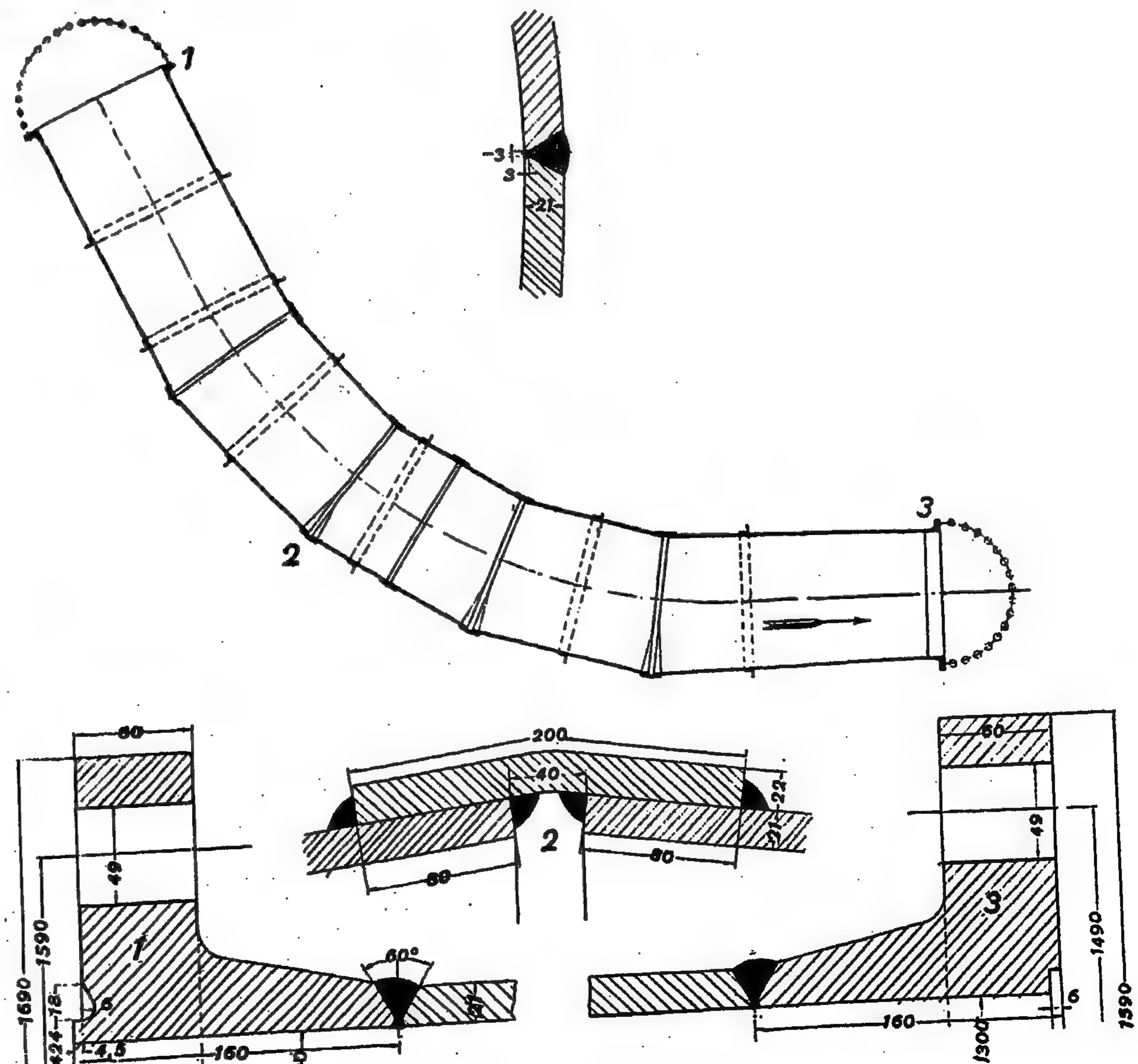


Fig. 8.

Rivestimento in lamiera del pozzo blindato della Centrale di Achensee. Anno di costruzione 1925-26. Diametro 2300 mm, pressione statica da 42,7 a 405 m.

Si era pensato in un primo tempo di adottare un rivestimento con tubi di lamiera saldata al gas d'acqua e muniti di giunti trasversali chiodati; a tale scopo occorreva scavare (come fu fatto per il primo tronco) un pozzo del diametro di 3,6 m. In seguito fu però deciso di adottare per le giunzioni tra i tubi i manicotti conici a saldatura interna (per apporto di materiale) e si potè pertanto ridurre il diametro della galleria a soli m 2,7.

La sollecitazione (data la buona qualità della roccia calcarea) è stata fissata tra 1400 e 2000 kg/cm^2 e lo spessore della condotta è stato calcolato come nel caso dei tubi liberi e sottoposti alla pressione statica aumentata del 15 %. Gli spessori adottati variano da 12 a 35 mm essendo fissato lo spessore minimo di 12 mm per ragioni costruttive.

Per il trasporto dei tubi fu costruita una funicolare sul fianco della montagna; i diversi tronchi venivano trasportati sino alla finestra superiore più prossima al luogo di montaggio e poi calati nell'interno per mezzo di un'argano installato nella camera degli apparecchi; la discesa del tubo veniva agevolata da due rotaie fissate alla platea mediante blocchi di calcestruzzo e sulle quali l'elemento della tubazione poteva scivolare appoggiandosi su aggetti all'uopo costruiti (fig. 9).

Con questo mezzo la centratura del tubo avveniva in modo molto semplice richiedendo qualche aggiustaggio, mediante cunei di acciaio, solamente in pochi punti ove le rotaie presentavano qualche irregolarità.

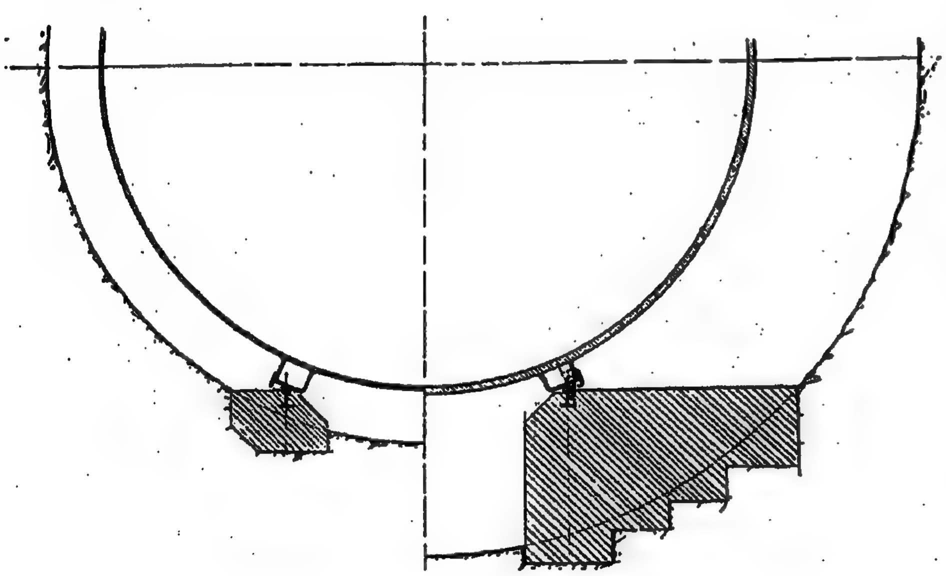


Fig. 9.

Le operazioni di montaggio procedettero con quest'ordine: assicurazione dei vari elementi mediante coppiglie coniche, riempimento con calcestruzzo del vano tra lamiera e roccia, saldatura dei tubi (dall'interno).

Fu poi fatta una accurata verifica mediante percussione su tutta la superficie del tubo; ove il suono accusava dei vuoti tra lamiera e calcestruzzo furono fatte iniezioni di cemento sotto pressione.

Il riempimento e la prova a pressione non hanno rivelato

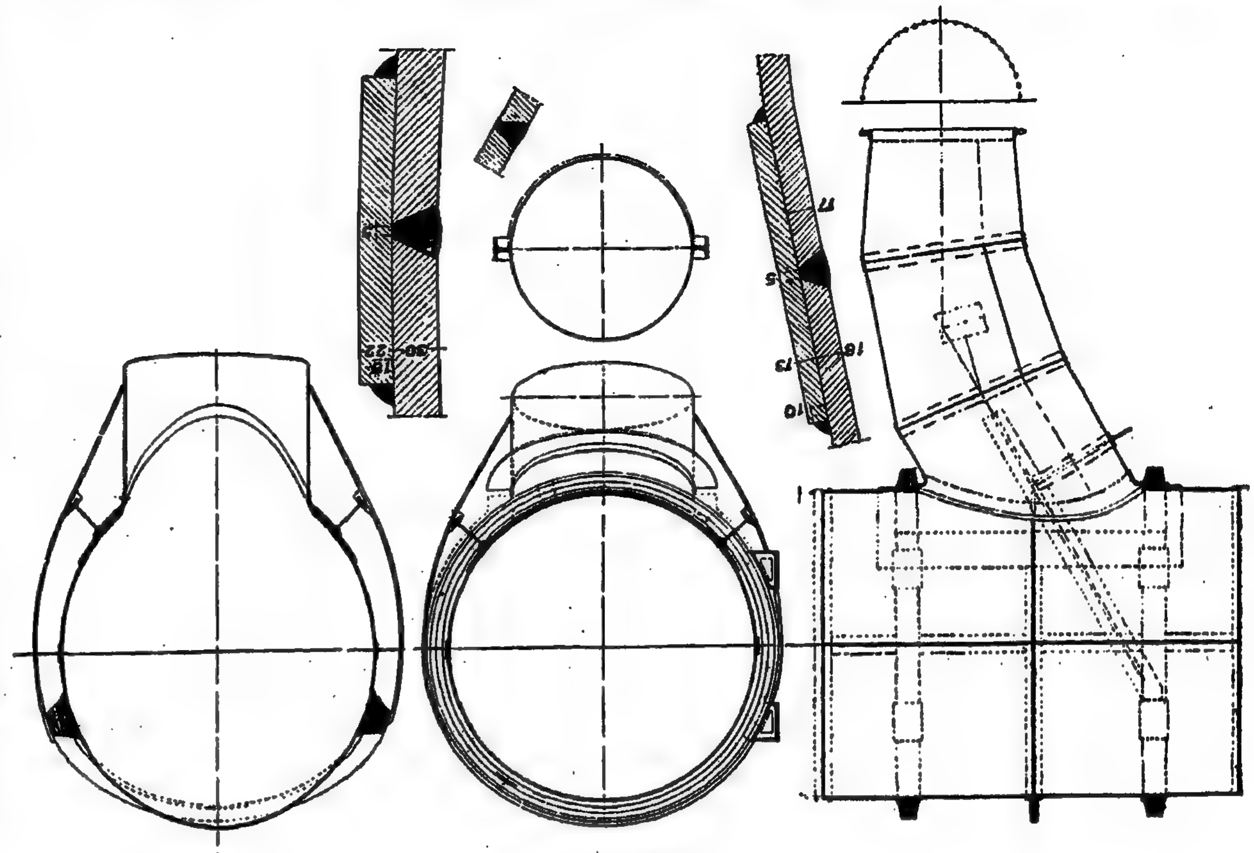


Fig. 10.

perdite d'acqua. Le misure di tensione hanno mostrato che la sollecitazione della parete non oltrepassa i 520-680 kg/cm^2.

Impianto di Burguillo. Rivestimento di una galleria e costruzione del collettore mediante lamiere saldate elettricamente. Anno di costruzione 1929-30. Diametro 4000 mm. Gli spessori (10-28 mm) furono calcolati tenendo conto della pressione statica aumentata del 30 %. Nella parte superiore, ove è forte lo spessore della roccia, la sollecitazione ammessa per la lamiera raggiunge i 2000 kg/cm^2; nella parte inferiore, montata liberamente, è di 800 kg/cm^2.

Dato il diametro considerevole della tubazione i tubi furono costruiti in sei parti staccate e montati sul posto mediante saldature longitudinali e trasversali. La posa dei diversi tronchi si fece cominciando dall'alto; anche in questa installazione si usarono rotaie per il trascinamento del tubo in galleria.

Le diramazioni (del diametro di mm 2350 e formanti, con l'asse della condotta principale, un angolo di 60°) hanno offerto particolari difficoltà. Tutte le parti sollecitate da grandi sforzi orizzontali furono rinforzate mediante coprigiunti in lamiera e anelli composti di 5 strati avvolti a caldo e la cui base venne fissata mediante saldatura elettrica, prima che avvenisse il raffreddamento (fig. 10).

Si son poi rinforzate le parti comprese tra gli anelli mediante ferri profilati saldati da una parte alla condotta od alla diramazione e dall'altra agli anelli di rinforzo. Le prove, eseguite con una pressione pari a 1,95 volte la pressione statica per la parte superiore e a 1,62 per il distributore, diedero risultati soddisfacenti sia agli effetti della tenuta che per riguardo al comportamento statico.

C. Ma.

RASSEGNA TECNICA

1) DISPOSITIVI DI PROTEZIONE CONTRO IL GELO NEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI

N.E.L.A. Rapporto N. 082, agosto 1930, dell'« Hydraulic Power Committee », (cfr. anche: « Wasserkraft u. Wasserwirtschaft » 1931 N. 3).

L'esercizio degli impianti idroelettrici nelle regioni settentrionali dell'America e dell'Europa, come pure nei bacini alpini più elevati, presenta spesso serie difficoltà durante l'inverno, a causa della formazione di potenti strati di ghiaccio che impediscono il regolare funzionamento delle paratoie e degli organi di regolazione e di scarico delle dighe, delle opere di presa e dei canali.

I dispositivi di protezione e gli accorgimenti costruttivi escogitati per ovviare a tali inconvenienti sono numerosi. Nel rapporto in esame la Commissione per gli impianti idroelettrici della N.E.L.A. passa in rassegna i principali sistemi che hanno dato buoni risultati in America, e riporta alcuni dati e norme che riteniamo utile riassumere brevemente.

PARATOIE.

Per proteggere le paratoie (piane con o senza carrelli) contro l'insidia del gelo si usa generalmente riscaldarne il corpo di ritenuta, i bordi a contatto della muratura e gli stivi, mediante resistenze elettriche opportunamente allogate in appositi tubi, pozzi e camere (V. figure 1 e 2) oppure mediante soffiamento d'aria calda sotto pressione nell'acqua a contatto con le paratoie stesse.

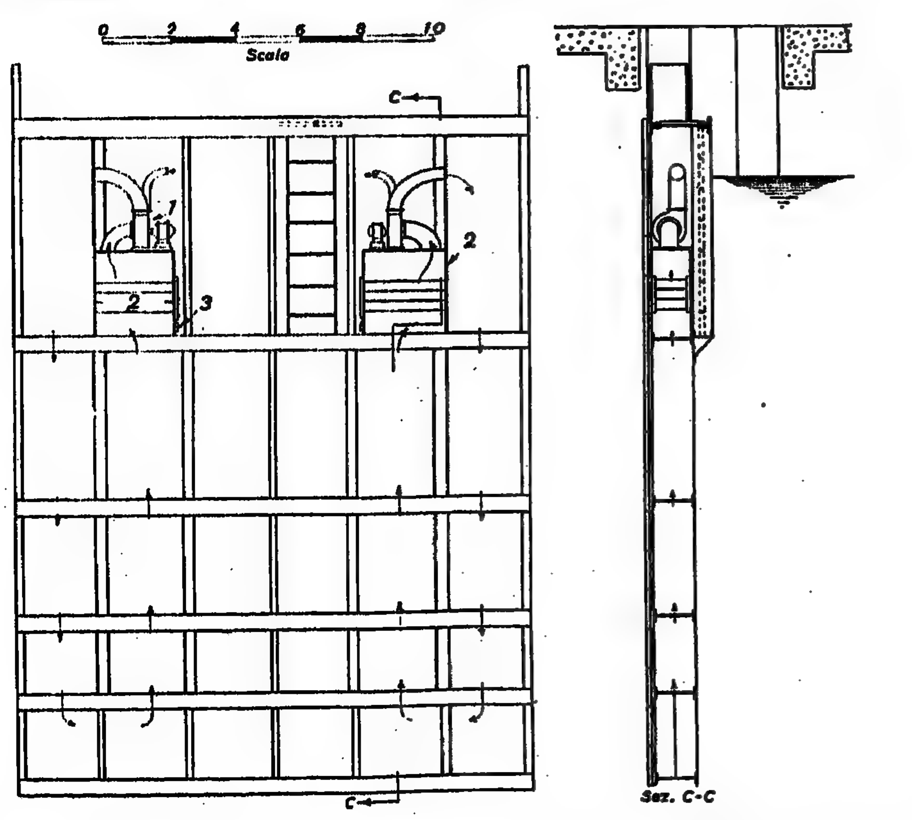


Fig. 1. - Dispositivo di riscaldamento e di ventilazione per paratoie piane (a doppia parete).

1 - Ventilatori,
2 - Caloriferi elettrici,
3 - Valvola d'entrata dell'aria.

In molti casi si può ricorrere simultaneamente ad entrambi questi sistemi l'efficacia dei quali è sicuramente garantita quando si tengano presenti le seguenti norme:

1. È opportuno che le paratoie destinate ad essere riscaldate siano accuratamente rivestite con tavole di legno verso valle ed eventualmente isolate dalla stessa parte con mezzi anche più efficaci, onde evitare notevoli dispersioni di calore.

2. Allo scopo di risparmiare energia è necessario inoltre attivare nella camera interna delle paratoie (a doppia parete) una corrente d'aria che distribuisca uniformemente il calore sviluppato dagli appositi elementi ivi collocati.

3. L'impiego di un semplice impianto ad aria compressa non è in generale sufficiente per garantire il funzionamento di una paratoia se non quando vengano riscaldati almeno bordi e gli stivi della medesima.

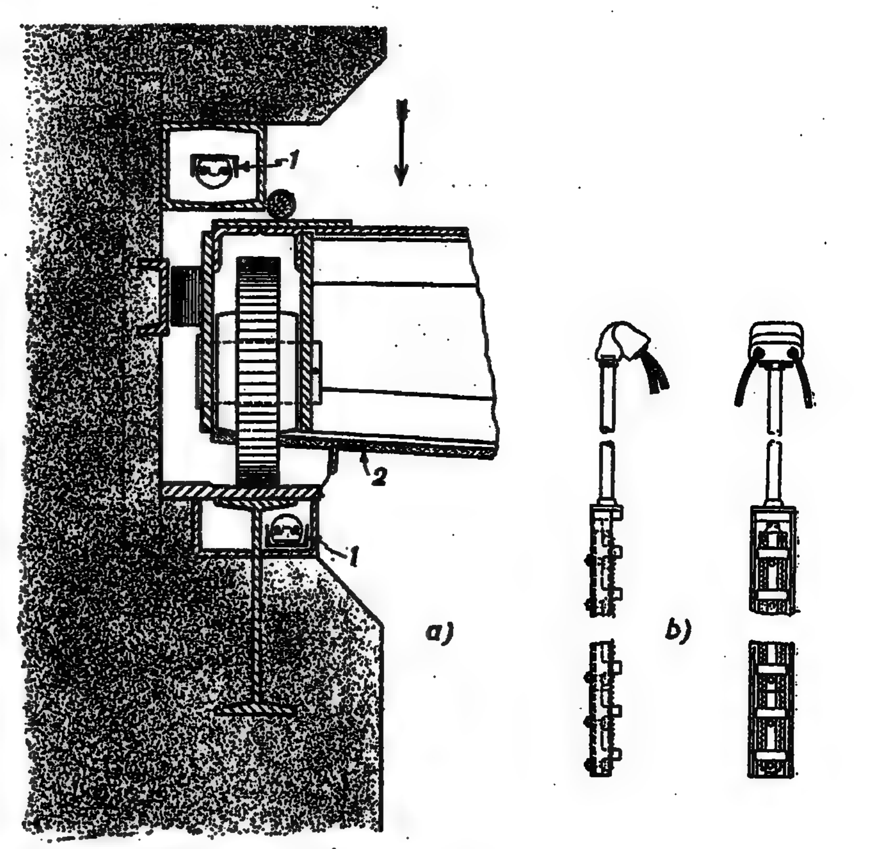


Fig. 2 *a*), *b*).

1 - Calorifero elettrico,
2 - Rivestimento isolante della paratoia (verso valle).

a) Dispositivi di riscaldamento dagli stivi,
b) Particolari dei caloriferi elettrici.

Negli impianti più razionali (con circolazione d'aria nell'interno delle paratoie) l'energia occorrente per riscaldare un m² di superficie di paratoia può scendere sino a 180 W.

In media, però, detto consumo d'energia si aggira sui 500 W (per m²) e può salire talvolta anche a 1800 W.

Nel caso di paratoie a ventola (o a una sola parete), si possono ottenere risultati soddisfacenti adottando i seguenti provvedimenti (v. schizzo della fig. 3):

1. Taglio della crosta di ghiaccio in prossimità della paratoia (mediante sega a mano o a getto di vapore)

2. Immissione di aria sotto pressione in corrispondenza degli strati più profondi dell'acqua ritenuta a monte. Quest'aria determina una circolazione dell'acqua dal basso verso l'alto portando alla superficie l'acqua più calda (4° C).

3. Riscaldamento della superficie dell'acqua mediante stufe o lampade elettriche con riflettori (v. fig. 3).

Per ogni cento metri di sviluppo della paratoia, l'energia occorrente con un impianto di questo genere si aggira in media sui valori seguenti:

15÷20 kW per il riscaldamento
2 » » l'aria compressa.

Valori massimi:

50 kW per riscaldamento
10 » » aria compressa.

GRIGLIE.

I disturbi arrecati alle griglie sono in generale ancor più gravi di quelli relativi alle paratoie, specialmente quando si è in presenza non già di lastre superficiali e continue di ghiaccio, bensì

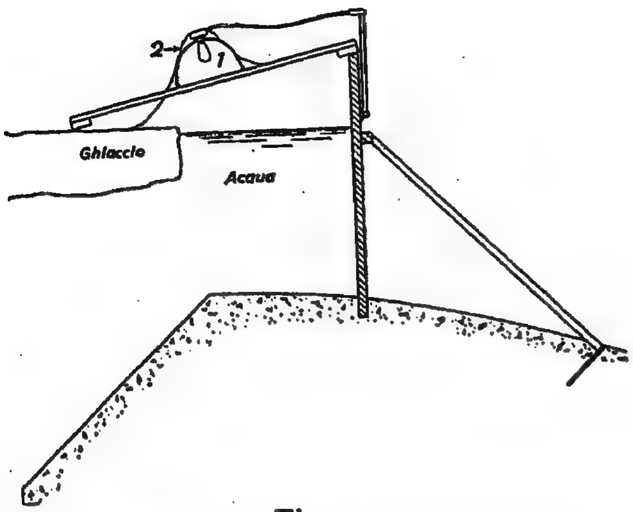


Fig. 3.
1 Lampada o stufa elettrica a riflettore,
2 - Tela o carta catramata.

di frammenti e di blocchi trasportati alla rinfusa dall'acqua del fiume o del canale di presa. Perciò le griglie vengono generalmente riscaldate direttamente inserendole, a gruppi di elementi (in parallelo), nel circuito secondario di un trasformatore a

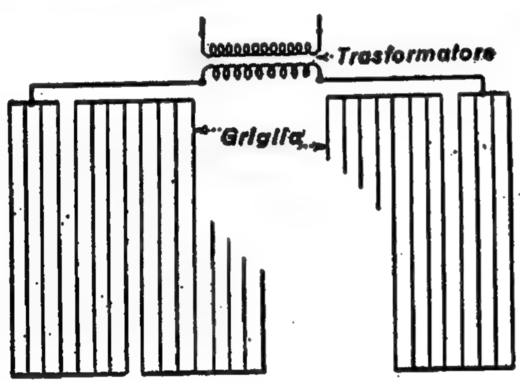


Fig. 4.

bassa tensione e a grande intensità di corrente (v. schema della fig. 4).

La relazione in esame riporta al riguardo i dati relativi a due grandi impianti.

L'energia occorrente per l'accennato sistema di riscaldamento varierebbe (nei due casi citati) fra l'1 % e il 2,7 % dell'energia prodotta nelle rispettive centrali. Nel primo caso la quantità d'energia riferita alla portata fluente attraverso le griglie corrisponderebbe a 4,3 kW per m³/sec. Naturalmente, il dispositivo di riscaldamento in oggetto rende necessario un accurato isolamento delle griglie rispetto ai propri appoggi (mediante interposizione di legno o di altro materiale isolante e di sufficiente resistenza).

Nei casi illustrati dalla relazione, le spese di impianto dei dispositivi di riscaldamento sarebbero state largamente compensate dall'energia ricuperata in un sol mese di funzionamento invernale.

CONDOTTE FORZATE.

Stando ai risultati di alcune indagini recenti, sarebbe da escludere che le grandi condotte forzate possano subire, durante l'esercizio, gravi danni o inconvenienti per effetto del congelamento dell'acqua fluente, poichè la formazione del ghiaccio si limiterebbe in generale ad una semplice crosta di spessore variabile con la temperatura esterna e con la velocità dell'acqua. Tale crosta, pur riducendo sensibilmente la luce netta della condotta, si comporterebbe come un manicotto isolante, preservando dal gelo la rimanente acqua in moto.

Naturalmente, però, nei periodi in cui le turbine sono ferme è assolutamente necessario mantenere vuota la condotta.

Qualche disturbo si può avere nel caso che il ghiaccio si stacchi dalle pareti della condotta e venga trasportato sino all'ingresso della turbina. Sembra tuttavia che tale inconveniente non richieda rimedi speciali, salvo in rari casi.

POZZI PIEZOMETRICI.

Questi sono soggetti all'azione del gelo in modo particolare, sia per effetto della continua esposizione, all'aria, della superficie libera dell'acqua, sia per la relativa tranquillità di questa.

E poichè il loro buon funzionamento sarebbe seriamente pregiudicato dalla formazione di uno spesso strato di ghiaccio, è buona norma provvedere ad un opportuno riscaldamento dell'acqua.

A tale scopo, in un pozzo piezometrico differenziale dell'altezza di 12 m con un diametro massimo di 24 m, vennero sommersi tre elettrodi collegati ad un circuito trifase a 15.000 V; il dispositivo, che assorbiva circa 100 kW, ha dato risultati soddisfacenti.

TURBINE.

In alcuni impianti si sono riscontrati inconvenienti dovuti alla formazione di ghiaccio fra le palette del distributore e i dispositivi di comando controllati dal regolatore. Ciò si verifica, specialmente, nel caso di impianti a bassa caduta nei quali l'acqua viene prelevata dagli strati superficiali più freddi, oppure nelle turbine alimentate da condotte molto brevi.

Talvolta si è rimediato agli inconvenienti di questo genere immettendo a intervalli del vapore o dell'acqua calda nell'interno delle turbine stesse, oppure munendone le parti più delicate di avvolgimenti speciali per riscaldamento elettrico (ad induzione).

A. T.

BIBLIOGRAFIA.

BOWMAN J. S.: « Ice Troubles at Spillways ». *Power*, 4 novembre 1924.
Compressed Air Magazine: « Compressed Air Prevents Formation of Ice Along Spillway », pag. 2645, gennaio 1929.
Electric News: « Compressed Air Solves Ice Problems », 15 ottobre 1923.
Electrical World: « Installing Apparatus to Protect Dams from Heavy Ice », 13 aprile 1918.
Empire State Gas & Electric Association (Hydraulic Power Committee « Report on Ice Formation in Surge Tanks », 1928.
Engineering Progress: Machines for Cleaning Gratings of Water Power Works », gennaio 1927.
Journal of Engineering: « Institute of Canadà - Electric Heating c Rack Bars in Hydro Plants », aprile 1928.
HOGG T. H.: « Ice Problems at Hydro-Electric Plants ». *Electric News*, 1 febbraio 1925.
PURCELL J. M.: « Ice in Hydro-Electric Plants », *Power*, dicemb 1918.
FREYTAG: « Eisschwierigkeiten bei Wasserkraftanlagen und dere Abwehr », *Wasserkraftjahrbuch*, 1927-28.
KARLSSON U. WERNER: « Eisbeseitigung bei Kanälen und Sta werken », *Wasserkraftjahrbuch*, 1927-28.
HUBER: « Zur Frage der Eisabführung bei Wehren », *Wasserkraft Wasserwirtschaft*, 1930-6.
SUNDBLAD: « Eisverhältnisse bei schwedischen Wasserkraftwerken *Wasserkraft u. Wasserwirtschaft*, 1928/17.
HETZEL: « Eisbildung und Eisbekampfung im Donaukachlet b Passau », *Wasserkraft u. Wasserwirtschaft*, 1929/13, 14.
RATZ: « Eisverhältnisse an der Mainstufe Viereth bei Bamberg *Wasserkraft u. Wasserwirtschaft*, 1930/3.
MÜLLER: « Elektrische Heizung bei Wasserkraftwerken », *Schweizerische Wasserwirtschaft*, 1928/6.
Proc. of. the Amer. Soc. of. Civil Engin.: « Gli effetti del gelo sull'esercizio degli impianti idroelettrici », aprile 1930.
HÄRRY: « Die Eisverhältnisse bei den Kraftwerken an Aare u Rhein, im Februar-März 1929 », *Schweizerische Wasserwirtschaft*, 1930/9,10.

DIGA DEL DIABLO NEGLI STATI UNITI

Génie Civil, 2° sem. 1930 - N. 3.

La diga del Diablo sul Skagit River, è posta a circa 160 km NE di Seattle (Washington) e fa parte di un piano di sistemazione del fiume a scopo di produzione d'energia elettrica. Il ser toio, alimentato da un bacino imbrifero di 2850 km², ha capacità di 108 milioni di m³ ed è stato creato sbarrando stretta gola mediante una diga a volta unica alta metri (fig. 1).

La conformazione del terreno si prestava ottimamente impostazione della diga; la gola rocciosa è, al livello del co d'acqua, larga m 40 ed è limitata da due pareti pressochè ve cali per un'altezza di circa 60 m.

Il terreno di fondazione è formato da granito a grana fina e gneiss granitoide di grande resistenza (1800-2000 kg/cm^2) ricoperto da una coltre alluvionale compatta che in qualche punto raggiunge lo spessore di 15 metri.

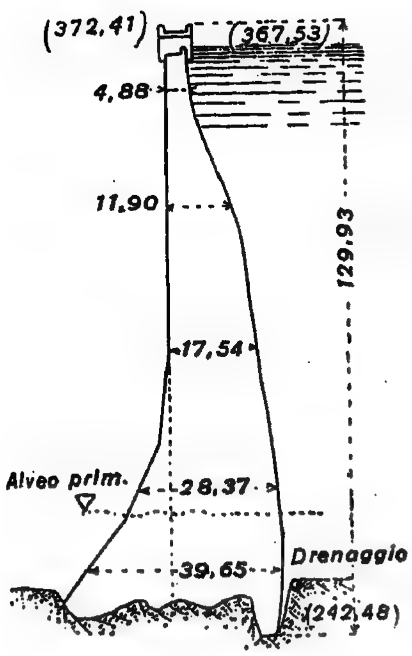


Fig. 1.

La diga comprende (figura 2) una parte centrale a volta con raggio di curvatura di m 100 e sviluppo del ciglio di m 160, e due spalle laterali a gravità in fregio alle quali sono praticate 20 luci di scarico (13 a destra e 7 a sinistra) chiudibili mediante paratoie. L'altezza di ritenuta è di m. 125,05 al di sopra del punto più basso della fondazione. Sul ciglio della diga passa una strada rotabile. Il piano stradale sovrastante le spalle è sostenuto da travi rettilinee, quello sovrastante la diga a volta è sostenuto da archi della portata di m. 9,15.

La galleria di presa dell'impianto è lunga m. 700 e del diametro di m. 6,10; è ricavata nel granito in sponda destra e fa capo, in vicinanza della centrale, ad un pozzo piezometrico.

Per la costruzione della diga, le acque furono deviate mediante una traversa a struttura mista di legno e pietrame (*cribwork*), in una galleria lunga 200 m, del diametro di m 6,10, ricavata in sponda sinistra e che richiese tre mesi di lavoro.

La natura del terreno non permetteva di assicurare la tenuta della dighetta di deviazione mediante affondamento di paratie metalliche, e perciò si creò una specie di taglione impermeabile per mezzo di iniezioni di cemento praticate lungo due file, distanti circa 8 m. l'una dall'altra; le perdite per infiltrazione non superarono i 1500 l/sec.

Lo strato alluvionale ricoprente il terreno di fondazione venne asportato per mezzo di escavatori a cucchiaia rovescia (dragline).

L'operazione fu eseguita contemporaneamente alla costruzione della galleria di derivazione utilizzando anche le portate di morbida per facilitare l'asportazione del materiale. Terminata la galleria, lo scoprimento della roccia venne proseguito con l'ausilio di escavatrici a vapore. La durezza e il grado di cementazione del terreno erano tali da rendere necessario il ricambio giornaliero dei denti (in acciaio al manganese) delle benne escavatrici.

Terminata l'asportazione del materiale alluvionale furono fatte numerose iniezioni di cemento in corrispondenza del taglione di impermeabilità. La conformazione del terreno permise la simultanea costruzione delle spalle e della fondazione della parte centrale della diga.

La sabbia e il pietrame venivano ricavati dal letto del fiume, 600 m a valle della diga, per mezzo di escavatori a cucchiaia e

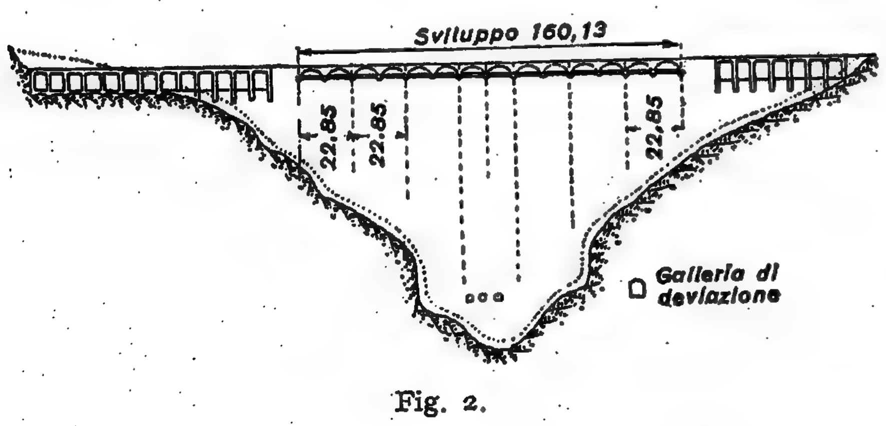


Fig. 2.

inviati mediante trasportatori a cinghia all'impianto di lavaggio e vagliatura. Qui avveniva la separazione degli elementi di dimensioni minori di 10 cm (i quali erano senz'altro usati) da quelli di dimensioni comprese tra 10 e 25 cm che passavano al frantoio giratorio. Gli elementi venivano poi classificati in sabbia, pietrisco fine (6 a 51 mm), pietrisco grosso (51 a 102 mm). Venne migliorata la composizione granulometrica del pietrisco eliminando la maggior parte degli elementi da 6 a 9 mm.

La classificazione degli elementi fatta con tanta cura, permise di ottenere un calcestruzzo con notevole resistenza e compattezza.

I rapporti di miscela (in peso) adottati per il calcestruzzo della diga furono i seguenti: cemento 1, sabbia 2,5, pietrisco fine 3, pietrisco grosso 2. La resistenza media del calcestruzzo a 28 giorni risultò di 278 kg/cm^2. Per uno strato a monte di cm 90 furono adottati i rapporti 1,5:2,5:3:2 per ottenere una maggiore impermeabilità. La resistenza media per questa dosatura risultò di 314 kg/cm^2.

I materiali venivano trasportati mediante Decauville fino ai silos posti alla base della spalla destra.

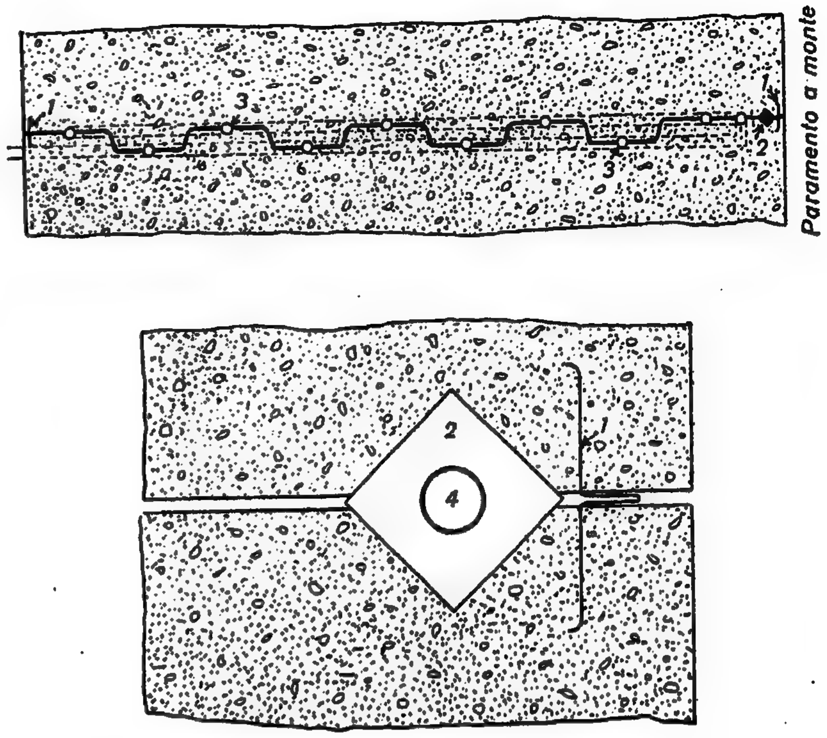


Fig. 3.

1 - Lamiera metallica,
2 - Pozzetti di tenuta con asfalto,
3 - Tubi per iniezioni,
4 - Tubo per adduzione di vapore.

Si notò che l'uniformità di composizione dei materiali (di ogni categoria), veniva alterata durante il versamento nei silos semivuoti perchè gli elementi più grossi, rotolando più velocemente, si portavano verso il fondo. Si rimediò a tale inconveniente per mezzo di un apposito rastrello rimontante il pendio del materiale ammucchiato nel silos. Gli elementi costituenti il calcestruzzo venivano versati in una unica benna nell'ordine

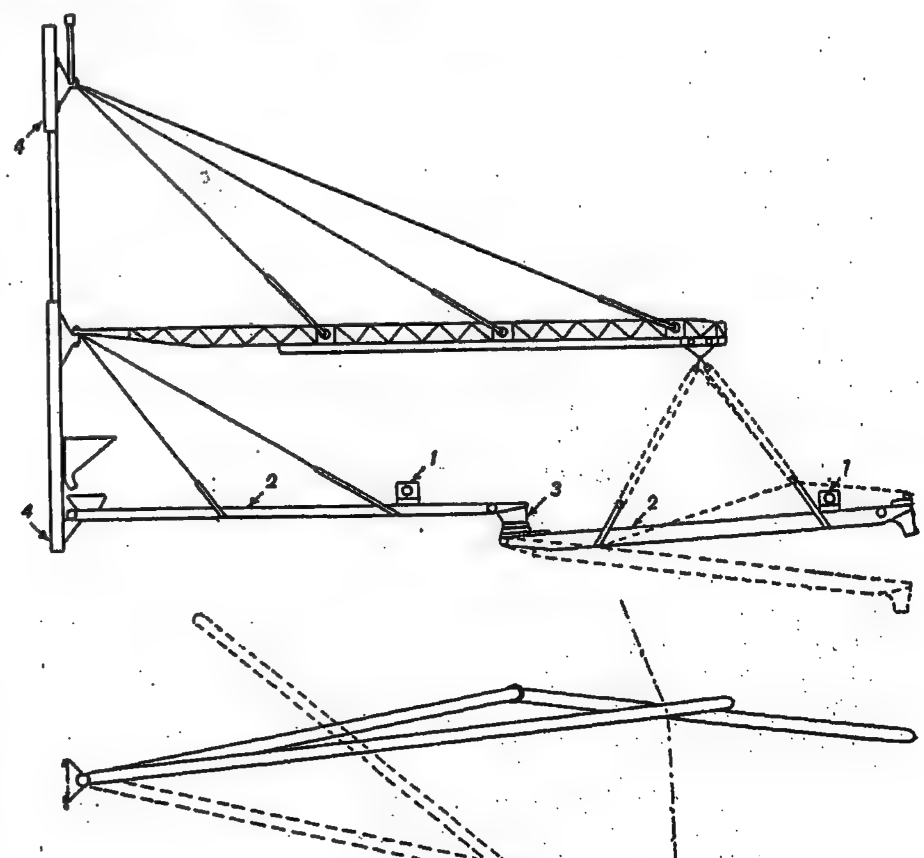


Fig. 4.

1 - Motori,
2 - Nastri trasportatori,
3 - Snodo a doppio imbuto,
4 - Quadri mobili della torre elevatrice.

seguente: pietrisco fine, sabbia, pietrisco grosso, con pesatura ad ogni operazione; e successivamente trasportati ad una betoniera da 1700 litri. L'acqua veniva dosata in ragione del 70% in peso del cemento (comprendendo in questa percentuale anche l'acqua contenuta nella sabbia, che fu valutata al 5% del peso della sabbia).

La volta fu costruita in otto tronchi verticali separati mediante giunti di contrazione a denti (fig. 3). La tenuta dei giunti fu assicurata mediante due lamine metalliche a V inserite in prossimità dei paramenti; dalla parte del paramento a monte, a valle della lamina, era stato ricavato anche un pozzetto, che, a ritiro avvenuto fu riempito di bitume. Per facilitare la fusione di questo, era stato predisposto nel pozzetto un tubo centrale per l'adduzione di vapore. Lungo ogni giunto vennero inoltre lasciati dei tubi da iniezione che permisero in seguito di sigillare completamente i giunti stessi, mediante iniezioni di cemento sotto pressione.

Questa disposizione non permette però la trasmissione degli sforzi orizzontali di tensione; nel calcolo si dovette quindi tener conto anche di tale circostanza.

I dispositivi adottati per la distribuzione del calcestruzzo sono illustrati nella figura 4.

Per la manovra di una torre elevatrice bastavano 2 persone: un meccanico nella cabina e un operaio alla tramoggia. La prestazione media oraria fu di 8,4 m³ e quella mensile raggiunse i 2360 m³.

I casseri venivano tolti dopo 3 giorni e le superfici verticali venivano innaffiate per 7 giorni consecutivi; le superfici orizzontali, ben ripulite dopo la presa, venivano lavate con un potente getto d'acqua prima di riprendere le gettate di calcestruzzo.

C. Ma.

---

c)

L'UTILIZZAZIONE DEI COMBUSTIBILI PESANTI NEI MOTORI A SCOPPIO

La Technique Moderne, 1° gennaio 1931.

Gli scopi principali che si prefigge l'utilizzazione di combustibili pesanti nei motori a scoppio, sono la riduzione del costo di esercizio e la sicurezza di funzionamento specie contro i pericoli di incendio.

L'ing. Marcel Gautier, ingegnere capo del Genio marittimo francese, perseguendo questi scopi, ha studiato l'adattamento dei comuni motori ad essenza al funzionamento con olii e combustibili pesanti. Unica modificazione essenziale è stata la sostituzione del solito carburatore, con altri adatti alla vaporizzazione dello speciale carburante. L'A. dell'articolo si sofferma principalmente sui risultati ottenuti coi diversi tipi di combustibile, prima con un motore marino Standard a 6 cilindri, 220 HP, 450 giri/min, poi con un motore Saurer a 4 cilindri 34 HP, 1200 giri/min.

Il motore Standard era munito di due carburatori Zenith tipo 75 KM, e le prove furono fatte con: benzina, petrolio, gas d'olio, Makhonine.

Il motore Saurer era munito di carburatore Zenith tipo TD, e furono provati con esso: benzina, gas d'olio, essenza di trementina, benzolo, olio di catrame ridistillato, olio di catrame privo di fenoli, Makhonine.

Tali prove hanno mostrato in primo luogo:

1° – la superiorità dei carburanti derivati dalla serie aromatica, che sono più adatti di quelli della serie grassa, a sopportare compressioni elevate;

2° – la superiorità del benzolo sulla benzina;

3° – la superiorità dei carburanti densi della serie aromatica su quelli semidensi della serie grassa;

4° – la difficoltà di utilizzazione di tutti i carburanti densi, in generale, per ciò che concerne le condensazioni sulle pareti, le fughe, ecc., ed inoltre per i carburanti della serie grassa, anche con pressioni moderate, la facilità dei colpi di ritorno;

5° – la sorprendente analogia tra l'olio di catrame privo di fenoli, ed il carburante Makhonine.

L'attento esame dei risultati ottenuti ha permesso all'A. di studiare la propagazione della fiamma e della combustione nei motori a scoppio, allo scopo di dedurre, almeno qualitativamente, quali siano i requisiti per un buon combustibile per tali motori.

Per far ciò l'A. dopo aver fatto rilevare la differenza fra detonazione e combustione viva, ed aver fatto rimarcare che nei motori a scoppio l'accensione dà luogo ad una combustione viva, imposta l'equazione che dà la velocità di combustione in funzione: del numero delle molecole del carburo d'idrogeno di formula C_cH_h, M_{CH} e di quelle di ossigeno, M_0, contenute in un volume di miscela di carburazione eguale al volume molecolare; di una costante A dipendente dalla qualità di combustibile, e in cui X è la quantità di combustibile bruciato nel tempo t. Detta equazione, è la seguente:

$$\frac{dx}{dt} = A\, M_{CH}\, M_0^{\,C+\frac{h}{4}}\; \frac{(1-X)\left[1-\frac{X\, M_{CH}}{M_0}\left(C+\frac{h}{4}\right)\right]^{C+\frac{h}{4}}}{\left[1-X\, M_{CH}\left(\frac{h}{4}-1\right)\right]^{C+\frac{h}{4}+1}}$$

Da essa si deduce:

1° – La velocità di combustione dei carburi di idrogeno, che è massima all'inizio della combustione (per $X = O$) ed ha per valore:

$$V_m = A\, M_{CH}\, M_0^{\,C+h/4}$$

decresce dapprima rapidamente, poi più lentamente. Il suo valore massimo sembra teoricamente il decimo di quello che corrisponde all'idrogeno.

2° – L'aumento di temperatura ha per effetto di diminuire la velocità di combustione.

3° – Allorchè varia il dosaggio, la velocità di combustione passa per un massimo con un rapporto di dosatura dato da:

$$M_{CH\max} = \frac{I}{C+\frac{h}{4}+1}$$

allorchè il dosaggio cioè corrisponde all'equazione chimica.

4° – La presenza di gas inerte diminuisce la velocità di combustione.

5° – L'aumento di pressione aumenta la velocità di combustione.

C. R.

QUANDO È CONVENIENTE L'INSTALLAZIONE DI UN CONDENSATORE SINCRONO?

(d

Elektrotechnik und Maschinenbau, N. 1, 4 gennaio 1931. – H. KUNZE.

Il quesito che si propone di risolvere l'A. è quello di determinare, in modo semplice, in quali condizioni un utente può trovare conveniente l'installazione di un rifasatore sincrono per mantenere il cos φ entro un determinato limite.

In una prima ipotesi il contratto di fornitura impone all'utente il pagamento dell'energia reattiva, che supera quella corrispondente ad un determinato cos φ, ad un prezzo eguale ad una percentuale p% del prezzo dell'energia reattiva. Se B_z esprime l'energia reattiva segnata dal contatore in un anno, W_z l'energia attiva e k il prezzo in L/kWh per quest'ultima, la penale che l'utente deve pagare in un anno sarà espressa da:

$$B_v = \left(B_z - tg\,\varphi\, W_z\right)\frac{p}{100}\,k \text{ L/anno}$$

Questo valore può essere dedotto, come dimostra la fig. 1, da un nomogramma a Z che consente di calcolare, per un dato cos φ (nella figura è cos φ = 0,9), l'energia reattiva G che deve essere pagata alla Società distributrice ed, al tempo stesso, il fattore di potenza medio dell'impianto.

In una seconda ipotesi il contratto prescrive che lo utente paghi alla Società fornitrice l'energia reattiva che supera quella corrispondente al valore del cos φ ammesso, mentre, d'altra parte, la Società si impegna a bonificare l'energia reattiva derivante da un miglioramento del fattore di potenza. Il calcolo della penale o del compenso annuo si conduce come nella prima ipotesi, tenendo presente che G può assumere valori negativi e

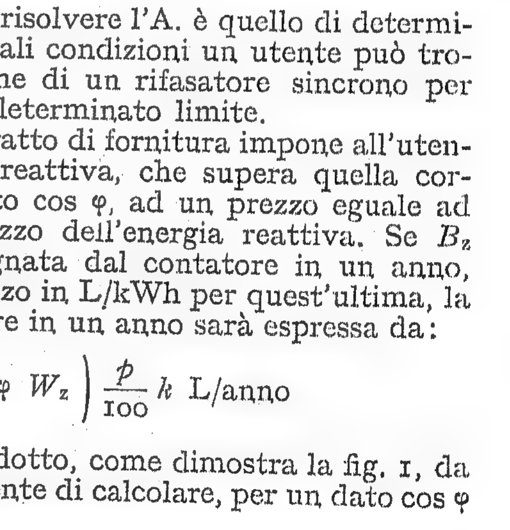


Fig. 1. - Tariffa per l'energia reattiva. Nomogramma per determinare il fattore di potenza e l'energia da pagare.

che il prezzo dell'energia reattiva è in generale diverso a seconda che è pagato dall'utente o dalla Società fornitrice.

Il nomogramma della fig. 2 dà il modo di calcolare G in funzione di B_z e W_z nell'ipotesi che il valore base del cos φ sia 0,8.

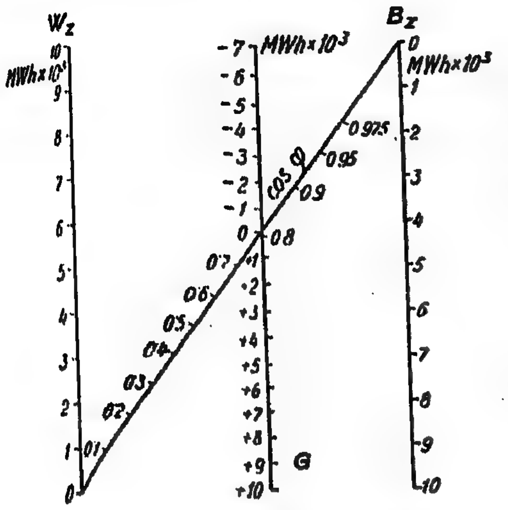


Fig. 2. - Tariffa per l'energia reattiva con compenso per il miglioramento del cos. φ.

Volendo cercare quando è conveniente l'installazione di un condensatore sincrono sovraeccitato, destinato a fornire ai motori asincroni la corrente magnetizzante necessaria, è necessario confrontare il costo per l'esercizio del compensatore col costo dell'energia reattiva.

Le spese annue per l'impianto del rifasatore sincrono si suddividono in spese fisse per interessi, ammortamenti e manutenzione, e spese variabili colla durata del servizio. Le prime si possono esprimere con la formula:

$$K_1 = P \Sigma \frac{q}{100} \text{ L/anno}$$

dove P è il prezzo dell'impianto e $\frac{q}{100}$ le percentuali per interessi ammortamenti e manutenzione. Si ammette, con sufficiente approssimazione che sia $P = a \sqrt{N}$, dove a è un coefficiente numerico eguale a circa 2250 L., e N la potenza passante dal condensatore sincrono in kVA, e che Σq sia in media eguale al 15%. Ne consegue.

$$K_1 = 0{,}15 \;.\; 2250 \sqrt{N} = 337 \sqrt{N} \text{ L/anno}$$

Le spese variabili risultano di un fattore C_1, che tiene calcolo delle perdite e dell'energia d'eccitazione del sincrono, per la potenza N, la durata di utilizzazione in ore ed il prezzo k dell'energia attiva in L/kWh. Si ammette in media $C_1 = 0{,}05$ e si ricava quindi:

$$K = K_1 + K_2 = 337 \sqrt{N} + 0{,}05\, N\, t_0\, k \text{ L/anno}$$

Il costo riferito ad un kWhr diventa:

$$k_b = \frac{K}{N\, t_0} = \frac{337}{t_0 \sqrt{N}} + 0{,}05\, k \text{ L/kWhr}$$

ed in funzione del coefficiente di utilizzazione:

$$d = \frac{t_0 \,.\, 100}{8760} \;\%$$

$$k_b = \frac{3.85}{d \sqrt{N}} + 0{,}05\, k \text{ L/kWhr}$$

Il calcolo di k_b può essere effettuato col nomogramma della fig. 3, dedotto dalla formula testè ricavata. In esso k è espresso in cent/kWh e k_b in cent/kWhr.

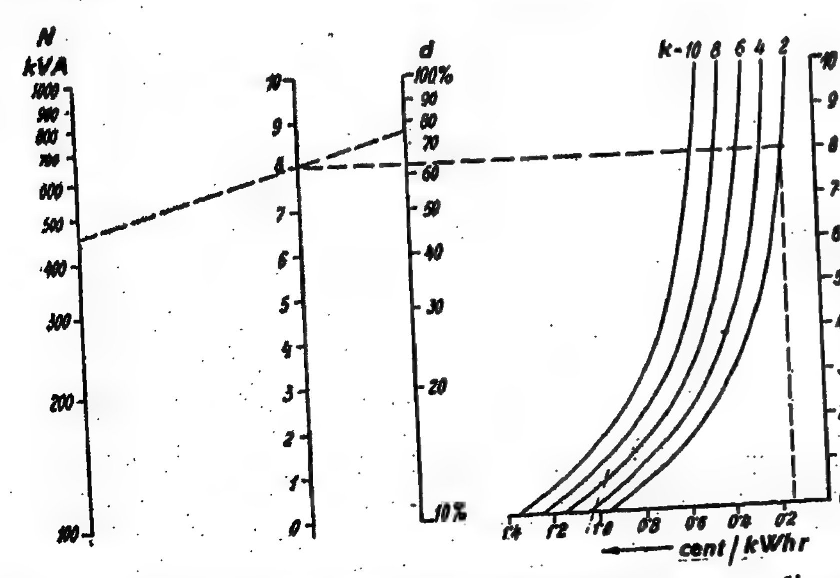


Fig. 3. - Nomogramma per la determinazione del prezzo di un kWhr.

Per calcolare quale deve essere il fabbisogno minimo d'energia reattiva compatibile con una produzione economica della stessa, è necessario porre la condizione che il costo di un kWhr fornito dalla rete non sia inferiore al costo di esercizio del compensatore riferito ad un kWhr $e = c_1 k$, aumentato delle spese fisse riferite ad 1 kWh, $\frac{K_1}{G}$. Ne consegue che dev'essere:

$$b \geqq e + \frac{K_1}{G}$$

ossia

$$G \geqq \frac{K_1}{b-e} \text{ kWh/anno}$$

Se il valore di G ricavato dai precedenti nomogrammi risulta inferiore a $\frac{K_1}{b-e}$ l'installazione di un condensatore sincrono non si presenta conveniente. La convenienza o meno dell'installazione del sincrono dipende anche dalla scelta della potenza della macchina. Si può pertanto calcolare quale deve essere questa potenza limite affinchè il valore di G dedotto dai nomogrammi risulti almeno eguale al valore calcolato.

Con opportune sostituzioni, dall'ultima relazione, si ha che il valore limite di G è:

$$G = \frac{337 \sqrt{N}}{(p - c_1)\, k}$$

da cui il valore della potenza limite:

$$N_g = \left[\frac{(p - c_1)\, k\, G}{337}\right]^2 \text{ kVA}$$

Il nomogramma della fig. 4 permette la determinazione di N_g in funzione di G e di k espresso in cent/kWh, nell'ipotesi che sia $p = 0{,}1$ e $c_1 = 0{,}05$. Se si ammette un coefficiente di utilizzazione d per il sincrono, è ovvio che l'installazione del compensatore presenta un vantaggio economico quando durante tale periodo, l'energia reattiva prodotta non risulta inferiore a G. In altri termini, è necessario che N_g risulti non inferiore a

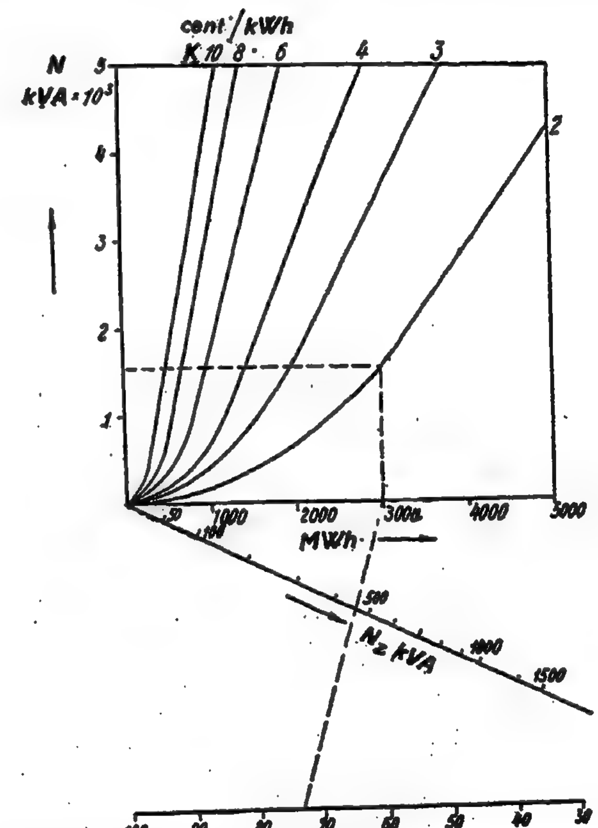


Fig. 4. - Nomogramma per la determinazione della potenza del condensatore sincrono.

$$N_z = \frac{G}{87{,}6\, d}.$$

In queste condizioni, il risparmio annuo si ricava con l'espressione:

$$E = (b - k_b)\, G \text{ L/anno}$$

dove, essendo k_b b fissati ed N_z dedotto in funzione del coefficiente di utilizzazione, a k_b si sostituisce il valore dedotto dal nomogramma della fig. 3.

Si può anche dedurre la minima potenza ammissibile per N_z, ricavando N dal nomogramma della fig. 3, ponendo la condizione $b \leqq k_b$. Se il valore N_k così dedotto risulta inferiore a quello di N_z dianzi ricavato, ne consegue $k_b < b$ e, quindi, l'impianto del rifasatore è conveniente.

L'A. chiarisce il procedimento con un esempio numerico.

d. m.

e) CONDIZIONI DELL'ELETTRIFICAZIONE DELL'AGRICOLTURA TEDESCA NELL'ANNO 1928

Elektrizitätswirtschaft, agosto-settembre 1930. – F. Mörtzsch.

L'aumento della produzione nell'agricoltura tedesca si ritiene dovuta alla diffusione delle applicazioni elettriche nelle campagne, ma tranne alcuni dati circa il numero e la potenza dei motori elettrici installati, avuti da un censimento governativo, non si conoscono dati su l'effettivo sviluppo dell'elettroagricoltura.

Il Comitato agricolo della Unione delle Aziende Elettriche Tedesche (VDEW) stabilì, alla fine del 1926, di eseguire una indagine sulle condizioni dell'elettrificazione dell'agricoltura. Eseguita nel 1927 una inchiesta preliminare interrogando solo 19 aziende elettriche, si compilò il questionario definitivo in maniera anche da poter stabilire in modo sicuro il rapporto fra il numero delle aziende agricole elettrificate e il numero delle aziende agricole esistenti.

Nel gennaio 1930 avvenne l'inchiesta definitiva presso tutti i membri della V.D.E.W., che nella propria zona di distribuzione avevano una quantità degna di nota di utenti agricoli.

Estensione della statistica.

Sono state considerate le aziende agricole che avevano almeno ha 2 di estensione coltivabile utile, nella quale categoria sono compresi i campi, i giardini, i prati, i pascoli, i vigneti e i frutteti, ma non i boschi, le terre incolte e gli specchi d'acqua. Nel censimento industriale del 1925 erano invece comprese anche le proprietà da 0,1 a 50 are e quelle da 0,5 a 2 ha. Vi sono in Germania ancora 1.865.092 aziende da 0,1 a 50 are con in media 20 are di terreno coltivabile e 1.181.211 aziende da 0,5 a 2 ha con un area coltivabile media di ha 0,8, che pertanto si sono trascurate, essendo piccolissime.

Secondo il censimento del 1929 esistono in Germania, Sarre esclusa, 2.069.102 aziende agricole di oltre ha 2 con un totale di ha 24.009.858 di area coltivata, che si dividono per classi a seconda della grandezza (V. Tab. I.).

Tabella I. – *Numero e area coltivabile delle aziende agricole tedesche divise secondo la grandezza.*

TIPO DI AZIENDA	Area coltivabile per azienda ha	Numero aziende	Area coltivabile %	ha	%
Piccoli poderi	2÷5	894 454	43,25	2 924 056	12,2
Medi poderi	5÷20	956 155	46,2	9 158 434	38,1
	20÷50	174 155	8,4	5 076 709	21,1
Grossi poderi	50÷100	25 670	1,25	1 691 920	7,1
Grosse aziende	oltre 100	18 669	0,9	5 158 739	21,5
		2 069 102	100	24 009 858	100

Nelle zone delle aziende elettriche interpellate risultarono esservi 1 525 667 aziende di oltre ha 2, con ha 19 826 000 di area complessiva e cioè il 73,6% del numero e l'82,5% dell'area dell'intera zona agricola tedesca, alla quale pertanto verranno estesi i risultati ottenuti.

Numero delle aziende agricole elettrificate.

Delle 1 525 667 aziende esistenti nelle zone di distribuzione censite, 1 166 000 erano collegate alla rete di distribuzione elettrica ed avevano un'area complessiva di ha 14 104 356.

Il rapporto fra le aziende agricole elettrificate e quelle totali esistenti risulta di

$$\frac{1\,166\,000}{1\,525\,667} = 0{,}765$$

Estendendo tale rapporto riferito a tutte le aziende agricole superiori a ha 2 esistenti in Germania, risulta che il numero totale delle aziende agricole elettrificate è di

$$2\,069\,102 \times 0{,}765 = 1\,587\,000$$

La percentuale di collegamento oscilla fra limiti assai vasti; in alcune zone si arriva quasi al 100% di aziende elettrificate, mentre in altre discende sino al 25%.

Da un rilievo solo parziale si sono potute ricavare le percentuali di aziende elettrificate a seconda della grandezza delle aziende stesse ed i risultati non sono stati diversi da classe a classe. Si è potuto così stabilire la tabella II in base ad una percentuale media.

Tabella II. – *Numero approssimativo aziende agricole tedesche collegate con le linee di distribuzione elettrica, divise secondo la grandezza.*

Area coltivata per azienda ha	Numero aziende esistenti	Numero approssimativo aziende allacciate	Percentuale del consumo annuo totale
2 a 5	894 454	685 500	432
5 a 20	956 155	734 500	462
20 a 50	174 155	133 100	843
50 a 100	25 670	19 600	124
oltre 100	18 668	14 300	093
	2 069 102	1 587 000	10 000

Consumo di energia nelle aziende agricole.

Nell'anno 1928 sono stati erogati kWh 461 736 000 alle 1.166.000 aziende agricole elettrificate e censite, di un'area complessiva di ha 14.104.356, cioè kWh 369 per aziende allacciata e kWh 32,7 per ettaro servito. Riferendosi a tutte le aziende agricole della zona, elettrificate e non elettrificate, risultano kWh 302,5 per azienda e kWh 23,3 pef ettaro.

In base a tali medie risulta che a 1 587 000 aziende elettrificate sono stati erogati nel 1928 circa kWh 629 000 000. Siccome l'erogazione totale dell'industria elettrica in Germania nel 1928 è stata di 12,11 miliardi di kWh, vuol dire che l'agricoltura ne ha assorbito il 5% circa.

A seconda dei vari distretti oscilla tale percentuale: in zone essenzialmente agricole raggiunge spesso il 50% e in qualche caso anche l'80%.

Per quanto riguarda invece la produzione bisogna tener conto che per l'energia agricola si ha un rendimento minore, che si calcola del 0,65 a causa delle maggiori perdite nella distribuzione. L'energia agricola importa perciò una produzione di kWh 968 milioni che rappresentano il 6,7% nella produzione totale del 1928 di 14,47 miliardi di kWh.

Questo consumo dell'agricoltura che sembrerebbe troppo esiguo è invece confermato anche dalle altre statistiche della V.D.E.W., e anche dalle cifre date da Petri nel suo rapporto alla conferenza mondiale dell'energia, tenendo conto delle basi un po' diverse adottate.

Consumo di energia in relazione alla grandezza dell'aziende.

Non essendosi potuto fare il rilievo diretto si è proceduto stabilendo per ogni zona di distribuzione la grandezza media dell'azienda agricola collegata, come pure l'erogazione media per azienda e per ettaro. Si è trovata così una certa dipendenza fra le cifre di consumo e la grandezza media dell'azienda agricola, e si è tracciato il diagramma della fig. 1. Un controllo fatto sulla scorta del numero medio di lampade e di motori per azienda e delle relative ore di utilizzazione ha dato una conferma a tali resultati.

Il consumo per ogni azienda agricola cresce con la sua grandezza, mentre il consumo unitario per ettaro diminuisce.

In Germania il 60% del consumo elettroagricolo si riferisce alle piccole e medie aziende agricole, che prevalgono per numero e per importanza.

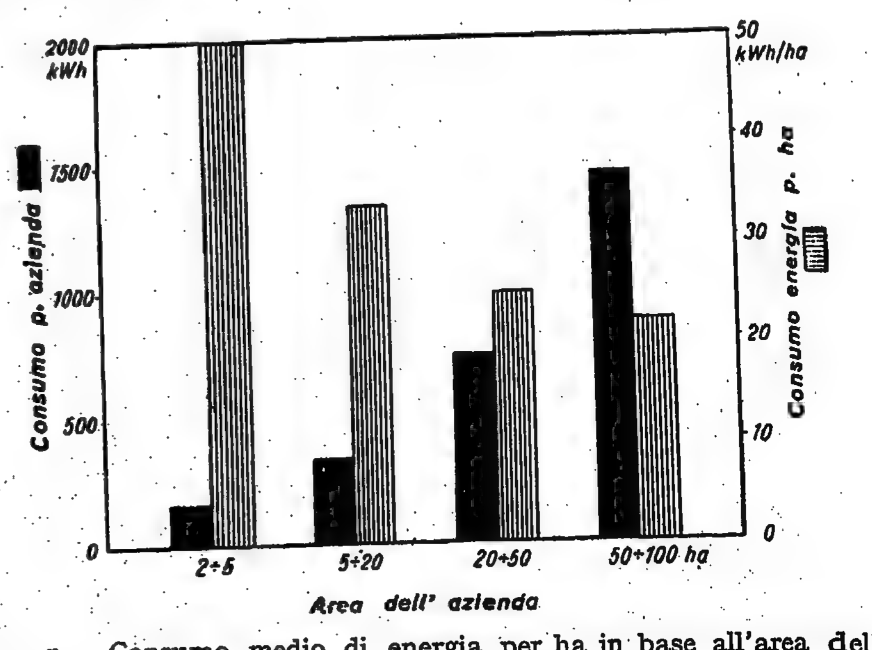


Fig. 1. - Consumo medio di energia per ha in base all'area dell diverse aziende.

CONSUMO DI ENERGIA A SECONDA DELLE VARIE UTILIZZAZIONI.

Tale suddivisione è stata fatta solo da un numero limitato di grandi aziende elettriche, nelle cui zone esistevano 299 000 aziende agricole, di cui 190.000 (e cioè il 65,5%) erano elettrificate. Queste ultime comprendevano ha 3 668 474 di area coltivabile.

TABELLA III. – *Erogazione annuale di corrente secondo la utilizzazione* (*inchiesta parziale*).

	Consumo annuo kWh	Percentuale del consumo annuo totale
Luce e piccoli apparecchi	33.000.000	32,2 %
Forza motrice	65.000.000	63,5 »
Riscaldamento	4.600.000	4,3 »
	102.600.000	100,– %

Un terzo, cioè, del consumo del 1928 fu adoperato per illuminazione e piccoli apparecchi e due terzi per forza motrice, mentre il riscaldamento ebbe una parte secondaria. Oggi le cose devono essere un po' variate a favore del riscaldamento.

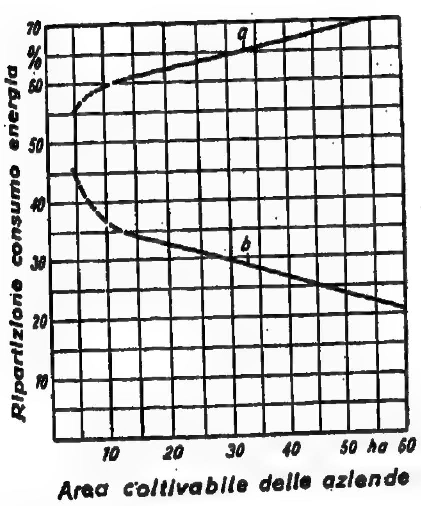


Fig. 2. - Variazione del consumo di energia per forza (curva *a*) e per luce e per piccole applicazioni (curva *b*) in base alle superficie delle aziende.

Nella fig. 2 è segnata la variazione del consumo per luce e per forza a seconda della grandezza media dell'azienda.

Un'idea dallo sviluppo conseguito dall'elettroagricoltura può aversi da un confronto con i resultati conseguiti negli anni passati. Ciò può farsi solo in base alle statistiche della V.D.E.W., riguardanti l'erogazione di energia ai piccoli e medi utenti agricoli.

TABELLA IV. – *Sviluppo del consumo elettroagricolo negli anni dal* 1925 *al* 1928 (*in base alle statistiche di esercizio della V.D.E.W*).

	1925	1927	1928
Erogazione totale, miliardi kWh	9,—	9,35	11,45
Erogazione ai piccoli utenti agricoli, miliardi kWh	0,47	0,54	0,644
Percentuale dell'erogazione agricola sulla totale %	5,2	6,2	5,6
Numero piccoli utenti agricoli..........	1 900 000	2 292 000	2 393 763
Consumo annuo per utente kWh	247	257	270

Gli ultimi tre anni hanno portato un notevole incremento di circa il 25% negli utenti agricoli ed un corrispondente aumento nel consumo complessivo, mentre in misura minore (circa il 10%) è avvenuto l'aumento del consumo unitario per utente.

La percentuale del consumo agricolo rispetto al consumo totale, mostra come nel 1925-1927 il consumo agricolo è cresciuto più fortemente di quello totale, mentre nel 1928 si manifesta un regresso, dovuto evidentemente alla crisi che l'agricoltura tedesca attraversa e che appunto ha cominciato a verificarsi già dal 1928.

APPARECCHI LAMPADE E MOTORI INSTALLATI NELL'AGRICOLTURA TEDESCA.

Raramente le aziende elettriche disponevano di statistiche così minuziose da rendere possibile lo stabilire il numero di lampade, di motori e di apparecchi elettrici che si trovano installati nella relativa zona di distribuzione. Tale statistica è stata eseguita in aziende elettriche comprendenti nelle loro zone di distribuzione N. 1 369 020 aziende agricole di oltre ha 2 e cioè il 66,1% del numero totale esistente in Germania. Di esse erano allacciate alla rete elettrica N. 1.048.991, (si ritrova anche qui la percentuale del 76,5% delle aziende esistenti in totale), e rappresentavano un'area totale di ha 12.880.000.

I dati precedenti si riferiscono a circa 2/3 delle aziende agricole tedesche e la potenza totale installata in esse ammonta a kW 3 254 431.

Ad ogni azienda agricola elettrificata corrisponde così una potenza installata media di kW 3,11, che, confrontata con il consumo medio annuo trovato prima, porta ad una utilizzazione media annua di 127 ore.

TABELLA V. – *Numero e potenza degli apparecchi elettrici nelle zone di distribuzione partecipanti alla nuova statistica.*

TIPO APPARECCHIO	Numero	Potenza totale kW	Potenza unitaria kW	Numero per 100 aziende	Numero per 100 ha	Potenza per 100 aziende	Potenza per 100 ha
Lampade	14115834	480870	0,034	1348,66	110,—	45,8	3,73
Motori	690617	2480748	3,595	66,	5,45	237,	19,3
Caldaie per mangime...	5805	6564	1,133	0,55	0,045	0,62	—
Scaldaacqua ad accum..	1957	1939	0,999	0,18	0,015	0,19	—
Cucine e appar. domest.	635325	275900	0,435	60,	5,	26,4	2,15
Mungitura	2962	3416	1,154	0,28	0,023	0,32	—
Aratura	24	1027	43,2	—	—	—	—
Irrigazione	260	1915	7,36	—	—	—	—
Conservazione mangimi .	89	2042	23,	—			

Estendendo le cifre della statistica a tutta l'agricoltura tedesca, si ottengono come cifre complessive le seguenti:

TABELLA VI. – *Numero approssimativo di lampade, motori e apparecchi nel* 1928, *nelle aziende agricole tedesche.*

Tipo apparecchio	Numero	Potenza installata kW
Lampade	21 350 000	727 000
Motori	1 046 000	3 770 000
Caldaie per mangime	8 780	9 930
Scaldaacqua ad acc.	2 960	2 940
Cucine ed apparecchi domestici.	961 000	417 500
Mungitura	4 480	5 170
Conservazione mangimi	135	3 100
Irrigazione	394	2 900
		4 938 440

Le statistiche d'esercizio della V.D.E.W. darebbero per il 1928 una potenza totale installata di kW 3820000 presso i piccoli utenti agricoli; la divergenza si spiega appunto con la diversa delimitazione data alla speciale statistica elettroagricola.

Un concetto dell'incremento negli ultimi anni si può avere solo esaminando i predetti dati della V.D.E.W.

TABELLA VII. – *Sviluppo della potenza installata e delle ore di utilizzazione degli apparecchi di agricoltura dal* 1925 *al* 1928.

	1925	1927	1928
Potenza installata, 10^6 kW ..	2,96	3,94	3,82
Ore di utilizzazione rispetto alla potenza installata	159	168	168

La potenza ha un incremento graduale, mentre le ore di utilizzazione aumentano solo lievemente. È però da ritenere che, tenendo conto degli scaldaacqua ad accumulazione, dell'irrigazione dei campi, delle caldaie per il mangime, ecc., le ore di utilizzazione siano alquanto superiori, mancano però dati precisi in proposito.

DIFFUSIONE DEI VARI TIPI DI APPARECCHI – LAMPADE.

Dalla statistica appare come per ogni azienda agricola allacciata vi siano 13,5 lampade, con una potenza media di 34 Watt per lampada. Nelle zone ove prevalgono le piccole e medie aziende il numero si mantiene sulle 13 lampade per utente. Nelle zone delle grandi aziende tale media sale sensibilmente e infatti esistono grosse proprietà con 200 e più lampade installate.

La fig. 3 dà un'idea della variazione del numero di lampade per ogni azienda agricola, a seconda della grandezza di questa.

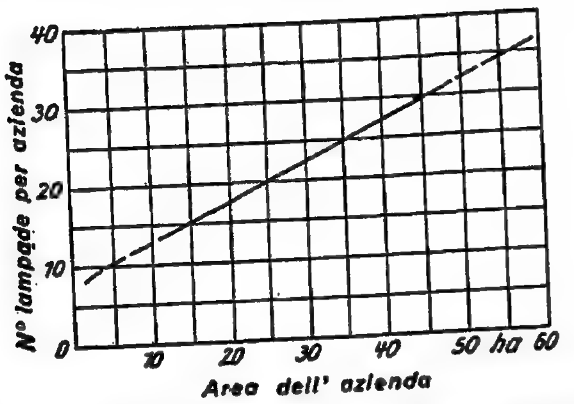


Fig. 3. - Variazione del numero delle lampade installate in base alla superficie delle aziende.

Quanto alle ore di utilizzazione, una parziale indagine ha dato i seguenti risultati:

TABELLA VIII. – *Erogazione annua media per ogni lampada e ore di utilizzazione per lampada.*

Aziende agricole collegate	N.	190.370
Lampade	»	3.044.500
Potenza installata lampade	kW	95.932
Nº. lampade per aziende		16,2
Consumo annuo milioni	kWh	33,19
Consumo annuo per lampada	»	10,9
Ore di utilizzazione		346

Il consumo per lampada installata è perciò in media di kWh 10,9 all'anno e si può dire che l'utilizzazione corrisponda ad un'ora al giorno. Questa cifra potrà essere aumentata con la diffusione della illuminazione delle stalle e dei cortili, dell'allevamento artificiale dei pulcini e simili applicazioni.

MOTORI ELETTRICI.

La statistica elettroagricola del 1928 mostra come nelle aziende agricole tedesche vi siano, in cifra tonda, un milione di motori elettrici. Come media generale vi sono cioè 66 motori ogni 100 aziende agricole fornite di elettricità, e la potenza media di installazione risulta di kW 3,6 per motore. La variazione del numero di motori ogni 100 aziende agricole in relazione alla grandezza media dell'azienda agricola nella zona considerata, si vede nella fig. 4. Il censimento industriale del 1925 aveva dato le seguenti cifre per i motori elettrici:

Il confronto fra la nuova statistica agricola del 1928 ed il censimento del 1925 indica un sensibile incremento nel numero e nella potenza dei motori. Ciò è anche spiegato perchè appunto dopo il 1925 avvenne la costruzione delle reti di alcune importanti distribuzioni provinciali, come quella della Prussia Orientale, ecc.

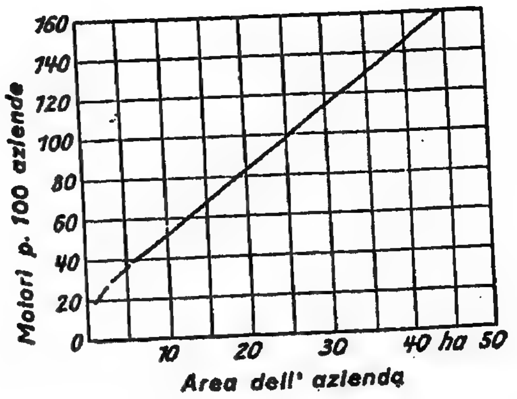


Fig. 4. - Numero dei motori ogni 100 aziende in funzione della superficie delle aziende.

Anche la potenza media unitaria è cresciuta da kW 3,38 a 3,6 per motore.

La tabella IX indica poi che la potenza media per motore cresce naturalmente con la grandezza dell'azienda agricola. Nelle piccole e medie aziende si usa in media un motore di kW 2 a 3. In un terzo delle aziende medie e in due terzi di quelle grosse si trovano invece due motori, mentre le aziende maggiori hanno di regola parecchi motori.

La prevalenza delle aziende con un solo motore appare a tutta prima strana. Ci si aspetterebbe, p. es., che la maggior parte delle centrifughe da latte avessero uno speciale comando elettrico. Dal censimento industriale risulta invece che nelle prime tre classi di aziende agricole, solo il 0,5, l'1 e il 3,5% erano muniti di centrifuga elettrica.

Il risultato della statistica sorprende anche dal punto di vista della potenza dei motori. Si supponevano potenze maggiori per il comando delle trebbiatrici, invece per oltre il 50% si adopera ancora altri comandi. Il resto, nelle piccole aziende, è comandato quasi esclusivamente da motori elettrici, mentre nelle grosse aziende, in egual misura, da motori elettrici e motori d'altri tipi. Da rilievi parziali risultò infatti che, dove erano usate prevalentemente trebbiatrici piccole, il 75% di esse era a comando elettrico.

Dalla tab. IX appare come circa metà del numero totale dei motori e circa metà della loro potenza complessiva appartengano alla categoria delle aziende medie (da 5 a 20 ha).

Le ore medie di utilizzazione dei motori nelle aziende agricole si calcolano in 88 all'anno. Tale utilizzazione è molto bassa ed occorre rimediare subito a questa situazione quasi catastrofica dal punto di vista dell'economia elettrica. Dovrebbe perciò contribuire al miglioramento l'adozione di comandi elettrici che lavorino regolarmente e per lunghi periodi, anche se separati e successivi. Un miglioramento sostanziale del consumo generale dell'agricoltura, può portarlo la diffusione delle cucine elettriche e degli scaldaacqua ad accumulazione.

CALDAIE PER MANGIME.

Esse servono alla cottura del mangime per bestiame, specialmente suino; nel 1928 esistevano 8780 di tali bollitori, il cui numero deve essere ultimamente assai cresciuto; sono in corso ricerche per stabilirne il numero nel 1930.

TABELLA IX. – *Numero e potenza dei motori elettrici nelle aziende agricole, divise secondo la grandezza.*

ESTENSIONE in ha	Numero aziende con motori	Numero motori		Potenza motori		Numero motori per				Potenza media in kW per			
		assoluto	%	assoluta	%	azienda	100 ha aziende esistenti	100 ha aziende collegate	100 aziende collegate	motore	100 ha aziende esistenti	100 ha aziende collegate	100 az. agricole collegate
2 a 5	131.539	133.539	18,28	305.921	12,49	1,01	1,56	5,96	19,4	2,29	10,45	13,65	45
5 a 20	364.601	389.332	53,40	1.162.338	47,14	1,07	7,55	9,87	53,2	2,98	12,70	16,60	159
20 a 50	102.036	133.840	18,33	579.909	23,37	1,31	2,63	3,44	100,2	4,30	11,35	14,82	432
50 a 100	16.678	29.487	4,04	155.751	6,31	1,77	1,74	2,92	154,–	5,27	9,20	12,—	813
oltre 100	12.874	43.447	5,95	263.407	10,69	3,37	0,85	1,09	304,8	6,05	5,10	6,67	1845
Totale	627.728	729.416	100	2.463.326	100	1,16	3,03	3,96	46	3,38	10,25	13,4	156

SCALDAACQUA AD ACCUMULAZIONE.

La statistica ne dà esistenti, nel 1928, 2960 con una potenza media di W 1000 ciascuno e perciò di una capacità media di circa 80 litri. Dai dati forniti dai fabbricanti dovrebbero esservi oggi in uso in Germania circa 30.000 scaldaacqua elettrici ad accumulazione nelle abitazioni tanto cittadine che agricole.

Non occorre insistere sull'importanza di tali apparecchi che, come pure le caldaie per cuocere il mangime, consumano esclusivamente energia notturna.

CUCINE ED APPARECCHI DOMESTICI.

In cifra tonda si contano 1 milione di apparecchi con una potenza media di circa W 500 ciascuno. Tale cifrà è però probabilmente inferiore alla realtà essendovi grande difficoltà di censire in modo completo tutti i piccoli apparecchi come ferri da stiro, scaldaacqua ad immersione, ecc.

MUNGITURA ELETTRICA.

La statistica del 1928 denunzia N. 4480 impianti di mungitura esistenti presso aziende agricole con una potenza di kW 5170. Secondo Fritz vi erano in Germania, nel 1928, 9000 di tali impianti.

La loro progressiva diffusione è mostrata dalle cifre seguenti:

1924	50 impianti
1925	150 »
1926	700 »
1927	3500 »
1928	9000 »

La maggior parte di essi si trova nelle piccole e medie proprietà; difatti, secondo Fritz, l'82% di tali impianti era in stalle sino a 30 vacche e il 18% in stalle più grandi. Un impianto per 20 vacche consuma 580 kWh all'anno ed è fornito di un motore di circa 750 W, che lavora perciò circa 800 ore all'anno. Qualora si riuscisse a decuplicare, come sarebbe possibile il numero di tali impianti, si avrebbe un aumento annuo di consumo di energia di 54 milioni di kWh.

I tipi di mungitrici elettriche posti ultimamente sul mercato costano poco e sono di uso facile e comodo.

IMPIANTI DI CONSERVAZIONE FORAGGI E MANGIMI.

In massima parte si tratta di insilamento elettrico di foraggi.

ARATURA ELETTRICA.

Relativamente al numero degli aratri elettrici, semplici e rotativi, vi è un divario sinora non spiegato fra il censimento industriale del 1925 che ne registra 317 e la statistica del 1928 che ne segna solo 24. Effettivamente oggi in Germania si incontra raramente l'aratura elettrica, ma si sta lavorando per realizzare importanti impianti del genere.

SOLLEVAMENTO CON IMPIANTI ELETTRICI DI ACQUA PER L'IRRIGAZIONE.

Dalla statistica del 1928 risultano 394 impianti, con una potenza media di kW 7,5 ciascuno; tali impianti irrigano normalmente 5000 ettari di terreno.

Il Freckmann per il 1930 afferma che vengono irrigati artificialmente in Germania circa 12000 ettari, ma non dice quale parte di questi impianti sia comandata elettricamente. Uno studio di tariffe adatte può portare ad una diffusione di questa importante applicazione con vantaggio delle aziende elettriche, perchè, per impianti ben condotti, si hanno da 400 a 800, e in alcuni casi anche 1000 ore di utilizzazione annua.

Il censimento industriale, dava le cifre seguenti:

fino a 5 ha	n. 263 impianti
da 5 a 10 ha	» 65 »
da 20 a 50 ha	» 53 »
da 50 a 100 ha	» 135 »

CONCLUSIONE.

La statistica in esame ha mostrato che l'elettricità in agricoltura non è ancora in Germania molto utilizzata benchè il 76,5% delle aziende agricole esistenti siano già allacciate alle reti di distribuzione elettrica.

Occorrerà cercare nuovi utenti e specialmente migliorare le utilizzazioni, con un'opera sistematica di propaganda presso i circoli agricoli. Se nelle piccole aziende è ammissibile l'esistenza di un solo motore, nelle medie aziende si potranno diffondere le centrifughe da latte ed altri simili comandi elettrici. Per migliorare le utilizzazioni vanno diffusi specialmente gli impianti elettrici per le latterie e quelli di irrigazione.

Malgrado tutto ciò non è da aspettarsi una sensibile variazione del consumo dell'elettricità da parte dell'agricoltura. Una importanza assai maggiore potrà avere invece la diffusione delle caldaie per mangime, degli scaldaacqua e, specialmente delle cucine elettriche.

Quando si pensi che, a seconda della composizione della famiglia si deve contare per ogni persona sopra un consumo annuo di 250 a 350 kWh per la cucina, si vede come le generalizzazione in campagna della cucina elettrica, moltiplicherebbe il consumo. Tale diffusione non dovrebbe presentare grandi difficoltà anche perchè le reti di distribuzione essendo calcolate generalmente per i forti carichi di punta della trebbiatura, possono prestarsi senz'altro all'allacciamento delle cucine e degli scaldaacqua.

Ricapitolando le aziende elettriche, oltre che il consumo per luce e per forza motrice, devono rivolgere le loro mire alla diffusione delle cucine elettriche se vogliono raggiungere un miglioramento fondamentale nella vendita di energia presso gli agricoltori.

Pubblicazioni

DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.

ING. DOTT. SCIPIONE TREVES: *Corso di Telefonia. - Parte I.– L'apparecchio telefonico.* – Società Tipografico-Editrice Nazionale, Torino 1931. - Un volume di 290 pagine con 192 figure e 9 tavole, L. 35.

Nell'introduzione a questo volume sono riportati alcuni interessanti dati statistici (che avrebbero potuto anche utilmente servire come conclusione di tutto il Corso) sullo sviluppo telefonico sin qui raggiunto nei varî Paesi e sull'attuale situazione telefonica italiana. Risulta evidente da essi sia l'importanza della questione dei telefoni nel mondo, sia il posto modesto sin qui raggiunto dall'Italia nel campo telefonico, malgrado il notevole progresso di questi ultimi anni.

Lo studio dei problemi telefonici è pertanto destinato a svilupparsi ancora sensibilmente da noi, e il lavoro dell'ing. Treves, oltre che l'interesse della classe cui è più specialmente rivolto — personale tecnico di Società telefoniche e tecnici superiori di Istituti industriali — può suscitare quello di tutti gli italiani pensosi di uno fra i problemi vitali per il nostro Paese.

Il volume ora uscito e che è dedicato all'apparecchio telefonico, sarà completato con altri due, che tratteranno rispettivamente delle linee e reti e delle centrali; per intanto sono studiate le varie parti dell'apparecchio: organi della trasmissione e della ricezione e organi ausiliarii; sono descritti i principali tipi di apparecchi telefonici, con speciale riferimento a quelli più diffusi in Italia, e comprendendo anche gli apparecchi derivati, intercomunicanti e per impianti interni; infine un capitolo è dedicato alla ricerca e riparazione dei guasti negli apparecchi telefonici.

La lettura del libro riesce facile e piana anche per chi non abbia speciali conoscenze in materia, bastando per la comprensione del testo — del resto puramente descrittivo — la conoscenza delle nozioni principali dell'elettrotecnica.

È opportunamente premesso un elenco dei simboli grafici per gli schemi d'impianti telefonici, basato sulle direttive stabilite in proposito dalla C.E.I. e dal C.C.I. e sui simboli usati negli schemi dalle principali Ditte costruttrici.

***

Ing. ALDO POLETTINI: *Compendio di misure elettriche di laboratorio ed industriali.* – Giulio Vannini, Brescia, 1931. Prezzo L. 20.

Il nome dell'ing. Polettini è noto come quello dell'Autore del volume *Impianti elettrici* scritto ad uso dei periti elettricisti e dei tecnici degli impianti elettrici.

Anche in questo volume l'ing. Polettini, che è insegnante nel R. Istituto Industriale di Torino, si è rivolto specialmente al perito tecnico, nell'intento di tracciare una guida pratica alla preparazione e all'esecuzione delle misure elettriche, tanto industriali che di laboratorio. La trattazione è però sufficientemente ampia per riuscir utile anche agli ingegneri elettricisti.

Il lavoro è diviso in due parti: la prima tratta delle misure di laboratorio e descrive gli strumenti e i metodi più importanti per le misure elettriche (f. e. m., d. d. p., intensità di corrente, quantità di elettricità, capacità, induttanza) e magnetiche; la seconda descrive strumenti e metodi di misura industriali con speciale riferimento ai sistemi trifasi.

Nella disposizione della materia e nella scelta dei metodi esposti, l'A. si è attenuto al metodo scolastico tradizionale e da questo lato il libro non presenta dunque un interesse speciale.

Ma doti assai lodevoli del volumetto sono la chiarezza e l'efficacia dell'esposizione, la giusta proporzione fra le diverse parti della materia, la diligenza con la quale sono seguiti e svolti i varii argomenti.

Per le illustrazioni l'A. si è opportunamente valso in modo assai largo di materiale delle Ditte costruttrici, fra cui le principali italiane.

Notiziario

a) **COMITATO PER L'ESAME DELLE INVENZIONI.**

Il 22 novembre in Milano, nei locali dell'Associazione Nazionale per la Prevenzione degli Infortuni sul Lavoro, si è riunito in seduta plenaria il Comitato Autonomo per l'Esame delle Invenzioni, che continua a svolgere la sua opera d'accordo con la Confederazione Generale Fascista dell'Industria Italiana.

Erano presenti il Presidente On. Ing. Bignami, i Vicepresidenti On. Prof. Bruni e comand. Jarach, i Membri Comm. Luigi Brioschi, Ing. Mario Buffa, Ing. Stefano d'Amico, Dott. De Ponti, Dott. Giorgio Finzi, Ing. Locatelli, Prof. Lo Presti, Ing. Mazzini Beduschi, Conte Ing. Monacelli Lattanzi, Comm. Sodini, On. Ing. Somaini, Ing. Tarlarini, Comm. Trolli, Ing. Vanzetti e il segretario Prof. Coppadoro.

Il Presidente riassunse quindi il lavoro compiuto nei primi 10 mesi del 1930, e che si estese all'esame di 138 proposte di invenzione, delle quali 38 pervenute dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Tali invenzioni si riferiscono prevalentemente al campo della meccanica e riguardano specialmente i motori termici, le ferrovie, le automobili e l'elettrotecnica. Appassiona sempre un discreto numero di inventori il problema del moto perpetuo, per la cui soluzione vengono escogitati i sistemi più diversi ed ingegnosi, senza naturalmente, riuscirne a capo.

Di queste invenzioni quelle giudicate favorevolmente vennero, d'accordo con gli inventori stessi, segnalate alle singole industrie interessate e di alcune venne inviata descrizione alla stampa tecnica.

Il Comitato quindi in conformità alla proposta della apposita Commissione precedentemente nominata, deliberò di non assegnare ad alcuna delle proposte presentate nel 1929 il premio di L. 10.000, offerte dalla Federazione Nazionale Fascista dell'Industria Meccanica e Metallurgica, e di destinare la medesima somma, più altre L. 5000 offerte dalla stessa Federazione, a un nuovo premio.

Il nuovo *premio di L. 15.000*, sarà assegnato, a giudizio insindacabile del Comitato, a quell'inventore di nazionalità italiana che abbia inviato in esame al Comitato stesso, dal 1° gennaio 1930 al 30 settembre 1931, una sua invenzione interessante le industrie meccaniche o metallurgiche, rimarchevole per la novità e genialità dell'idea e per la utilità della applicazione, e che sia più delle altre meritevole di particolare segnalazione. Il Comitato si riserva però la facoltà di frazionare eventualmente la somma in diversi premi od anche di assegnarla solo parzialmente.

Il Comitato prese atto dello sviluppo di alcune invenzioni già sottoposte al suo giudizio, e per talune delle quali funziona già qualche Società commerciale all'uopo costituita; e infine passò all'esame di varie proposte di invenzione deliberando anche qualche sussidio ad inventori, limitatamente alle proprie modeste disponibilità.

b) **INSEDIAMENTO DA PARTE DI S. E. BOTTAI, MINISTRO DELLE CORPORAZIONI, DEL CONSIGLIO DIRETTIVO DELL'UNI.**

Il 21 gennaio 1931 ha avuto luogo a Roma, presso la sede della Confederazione Generale Fascista dell'Industria Italiana, la prima riunione del Consiglio Direttivo dell'UNI, con l'intervento di S. E. Bottai, Ministro delle Corporazioni, che ha voluto così dimostrare l'alto interessamento del Governo Fascista a questa istituzione, e con numeroso concorso di autorevoli gerarchie delle organizzazioni industriali confederate, delle altre Confederazioni, nonchè di Enti tecnici e scientifici.

Dopo un discorso dell'On. Olivetti, e dopo un'ampia relazione esposta dal Presidente dell'UNI, ha parlato S. E. Bottai, confermando l'interessamento dello Stato Fascista al movimento di unificazione ed affermando la necessità di ridurre al minimo nella produzione i margini di sperpero e di spreco.

Ritiratosi il Ministro e gli altri invitati, il Consiglio ha proseguito nello svolgimento dell'ordine del giorno, provvedendo alla nomina delle cariche previste dallo Statuto. Sono stati nominati Vicepresidenti dell'UNI i Sigg. Conte Monacelli-Lattanzi Gr. Uff. Ing. Giuseppe (rappresentante, nel Consiglio dell'UNI, dell'Associazione Nazionale Fascista fra gli Industriali Meccanici ed Affini) e Garrone Gr. Uff. Ten. Gen. Renzo (rappresentante, nel Consiglio, del Ministero della Guerra), e membri del Comitato di Presidenza i Sigg. Pirelli Gr. Uff. Dott. Piero (rappresentante, nel Consiglio, della Federazione Industrie varie) e Veroi Gr. Uff. Ing. Gomberto (rappresentante, nel Consiglio, del Ministero delle Corporazioni).

A tesoriere dell'UNI è stato chiamato l'On. Ardissone Gr. Uff. Rag. Vincent (rappresentante nel Consiglio, della Federazione Industrie Meccaniche e Metallurgiche) e a Revisori dei Conti i Sigg. Ing. Cav. Luigi Gabbioneta e Comm. Dott. Emilio Menegozzi.

A Presidente della Commissione Centrale Tecnica dell'UNI è stato nominato il Gr. Uff. Ing. Luigi Greppi, che già aveva tenuto questa carica nell'antico UNIM.

Il Consiglio ha poi preso atto della nomina del Segretario Generale dell'UNI, già fatta in precedenza dal Presidente Generale della Confederazione Generale Fascista dell'Industria Italiana, nella persona del Comm. Ing. Italo Locatelli.

Dopo la nomina delle cariche l'Ing. Greppi ha parlato dello stato dei lavori in corso e del programma futuro, l'Ing. Locatelli ha dato informazioni sulla composizione dell'ufficio di Segreteria.

Il Consiglio Direttivo tornerà a riunirsi, quanto prima, per la definizione di numerose urgenti questioni, dopo una riunione del Comitato di Presidenza, prevista per i primi giorni di febbraio.

CORSI SERALI ALLA SCUOLA SPECIALE DI PERFEZIONAMENTO PER INGEGNERI ELETTRICISTI.

Dopo l'esperimento dello scorso anno, la Direzione della Scuola ha deliberato di tenere anche in questo anno alcuni brevi corsi di lezioni serali particolarmente destinati agli ingegneri che, per le loro occupazioni, non possono seguire i corsi diurni.

Il programma di massima dei corsi serali sarà il seguente:

Nel mese di marzo 1931, il Prof. ERCOLE BOTTANI svilupperà in una serie di 6-8 lezioni il capitolo del suo corso di Complementi di Elettrotecnica, relativo alla

Teoria generale dei circuiti in regime permanente.

Nel mese di aprile, l'Ing. LUIGI EMANUELI terrà un cors monografico sulla

Tecnica delle altissime tensioni

con particolare riguardo alla fabbricazione dei cavi. Anche t corso occuperà dalle 6 alle 8 lezioni.

Infine nel mese di maggio, il Prof. ANGELO BARBAGELA svilupperà, pure in 6-8 lezioni, il capitolo del corso di misu dedicato ai

Metodi fondamentali per le misure di laboratorio.

Ai corsi potranno essere ammessi tutti gli Ingegneri che facciano domanda scritta precisando quali corsi intendono guire. Le iscrizioni si chiuderanno al 10 Marzo. Verrà data municazione agli iscritti della data d'inizio e dell'orario corsi.

Per informazioni ed iscrizioni rivolgersi alla Segreteria d Scuola - Via Ponzio 25 (Città degli Studi).

CORSI SPERIMENTALI ALLA SEZIONE PROFESSIONALE D L'ISTITUTO RADIOTECNICO.

Domenica 1° marzo si riaprirà la « Sezione Professio dell'Istituto Radiotecnico » presso il Regio Istituto Tec Carlo Cattaneo, in Via Cappuccio 2. Detta Sezione professio comprende Corsi di Radiotecnica, Telefonia, Tecnologia Vuoto, Elettrotecnica, Alfabeto Morse, ecc.

Gli insegnamenti, quasi essenzialmente sperimentali c svolgono la sera dei giorni feriali ed il mattino della d nica, tendono alla creazione di montatori radiotecnici, di tecnici ed aiuto ingegneri radiotecnici per l'industria.

I Corsi di Elettrotecnica e di Telefonia sono particolarn consigliabili agli elettrotecnici, nonchè a tutti i dipen delle Aziende telefoniche pubbliche o private.

Impiegati e figli di impiegati dello Stato, Provincia e Co orfani di guerra e dopolavoristi godono speciali facilita Chiedere opuscolo programma in Via Cappuccio, 2.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore*

ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO
Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO

ING. ETTORE CESARI, *Redattore Capo-Resp*

MILANO
1931 - Anno IX

Fascicolo III
Volume VIII

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

Caratteri idrologici dei bacini italiani (1)

PREMESSE.

Il Servizio idrografico italiano ha raccolto, nell'ultimo decennio, un materiale molto abbondante di osservazioni e misure relative ai diversi fattori idrologici comunemente assunti a definire l'insieme di elementi che vengono comprensivamente indicati con la parola « regime » di un bacino idrografico. I dati di cui si dispone riguardano ormai un gruppo così numeroso di bacini imbriferi, distribuiti sull'intera regione italiana, dalla catena alpina alle grandi isole della Sicilia e Sardegna, che tutte le situazioni idrologiche o, più in breve, tutti i regimi verificati nella regione stessa si possono ritenere compiutamente individuati nei riguardi qualitativi, e risultano pure definiti assai bene sotto l'aspetto quantitativo.

Si è giunti così a riconoscere che, nonostante la sua estensione relativamente limitata (poco più di dieci gradi lungo i meridiani, all'incirca otto lungo i paralleli), la regione italiana è sede di situazioni idrologiche molto disparate, da quelle caratteristiche dell'interno dei continenti, a quelle proprie delle regioni marittime. Cionondimeno, l'analisi del materiale raccolto ha permesso di ricondurre i regimi che si presentano per i bacini italiani ad un numero ristretto di tipi, definiti oramai con molta precisione in base a pochi elementi caratteristici.

Come si debba procedere alla definizione dei vari tipi e alla loro classificazione, intendo a quali elementi sia da fare riferimento e come essi debbano essere elaborati, ho avuto occasione di mettere in evidenza in diversi studi che hanno visto la luce nelle pubblicazioni del Servizio idrografiico.

Nella presente memoria, redatta sotto la mia direzione dall'Ing. Alfredo Bandini dell'Ufficio centrale del Servizio idrografico, sono esposti in forma sintetica i metodi seguiti in Italia, dal Servizio idrografico, nell'esame dei dati idrologici disponibili — metodi che il Servizio stesso ha in parte studiato in modo originale — e i risultati ottenuti, i quali dànno adito ad un quadro particolarmente espressivo della situazione di assieme.

Lo studio considera essenzialmente due fattori principali del regime dei vari bacini considerati, cioè: portate defluite alla sezione di misura, e precipitazioni meteoriche sul bacino sotteso dalla sezione medesima. Però, ai fini della chiara interpretazione dei risultati e anche perchè il quadro di assieme riuscisse completo, l'esame dei fattori predetti è preceduto da una sintetica esposizione dei caratteri delle precipitazioni sulle regioni italiane.

Siccome, poi, il Servizio idrografico non deve mai perdere di vista, nello svolgimento delle proprie ricerche, gli aspetti pratici e applicativi dei vari problemi offerti al suo studio, ho ritenuto che la definizione dei vari regimi e la loro classificazione non potessero dirsi complete, se l'esame non fosse stato esteso anche ai problemi di utilizzazione. Lo studio delle opere per la utilizzazione delle acque naturali, sia per forza motrice, sia per irrigazione, dà luogo infatti a problemi tecnico-idrologici che assumono caratteri assai diversi a seconda delle condizioni idrologiche che occorre mettere in conto: e la definizione di questi caratteri agli effetti pratici, presenta un interesse non minore della classificazione dei vari regimi, in quanto ognuno di questi dà luogo a soluzioni particolari.

PROF. ING. GIULIO DE MARCHI

I. — CENNI SULLE PRECIPITAZIONI.

La distribuzione delle precipitazioni sul territorio del Regno si può dire oramai completamente conosciuta; infatti, mentre le prime osservazioni rimontano ad antichissima data, da molti decenni le precipitazioni sono misurate sistematicamente in tutti i principali centri abitati, e da un decennio, per opera del Servizio idrografico, funziona una rete che conta ora più di 4000 stazioni (circa una stazione per 75 *kmq*), fra le più dense che esistano presentemente. Sfuggono tuttora ad ogni osservazione solo le zone più elevate, a quote superiori a 1500-2000 *m* s. m., zone che non hanno estensioni molto rilevanti nella catena appenninica e assumono qualche importanza lungo il crinale della catena alpina, ma comunque nel quadro generale vengono ad occupare un posto minimo.

Il materiale raccolto consente anche di precisare assai bene la distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno, quasi sull'intero Paese, cosicchè si hanno tutti gli elementi per definire in modo assai concreto le precipitazioni, come importante fattore idrologico.

L'esame dei numerosissimi dati porta a ridurre gli svariati andamenti che assume la distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno, ad un numero ristretto di tipi, i quali si presentano in zone abbastanza bene delimitate del territorio italiano.

Questi tipi sostanzialmente si riducono ai tre notissimi: *continentale* od *alpino*, *sublitoraneo*, *marittimo*, ma, naturalmente, accanto a questi tre si verificano tutti gli andamenti intermedi fra l'uno e l'altro (1).

---

(1) Rapporto presentato dall'Ufficio centrale del Servizio idrografico italiano al Congresso di Stoccolma dell'Unione geodetica e geofisica internazionale.

(1) Cfr. F. EREDIA: *Carte quinquennali delle precipitazioni atmosferiche in Italia*. Pubbl. n. 13 del Servizio idrografico. Vol. I. *Quinquennio* 1921-1925. Roma 1928-VI.

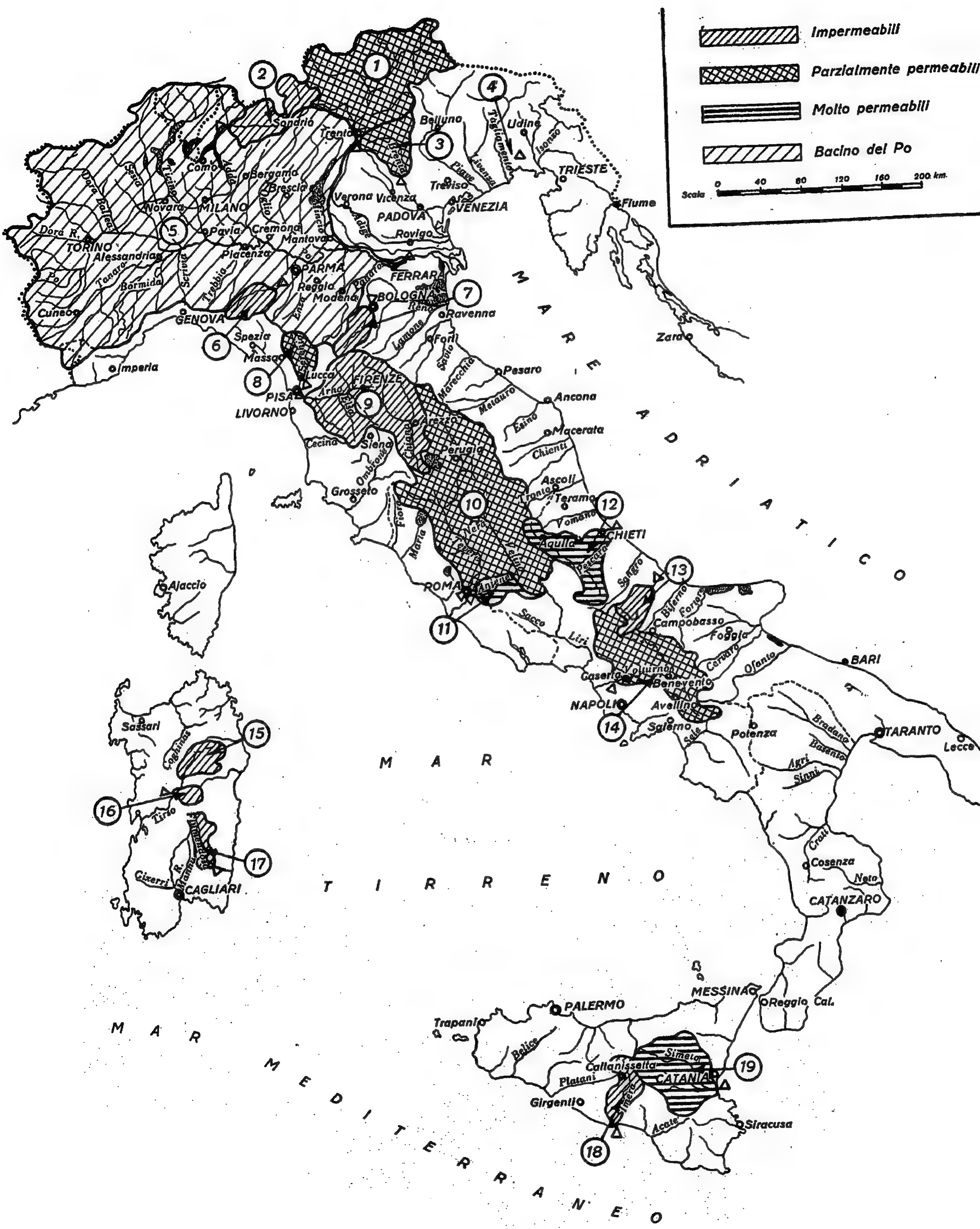

Impermeabili
Parzialmente permeabili
Molto permeabili
Bacino del Po
Scala 0 40 80 120 160 200 km.
MARE ADRIATICO
MAR TIRRENO
MAR MEDITERRANEO
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
Sondrio
Trento
Belluno
Udine
Isonzo
Tagliamento
Livenza
Piave
Brenta
TRIESTE
Fiume
Como
Bergamo
Brescia
Adda
Ticino
Sesia
Oglio
Mincio
Verona
Vicenza
Treviso
VENEZIA
PADOVA
Adige
Rovigo
Novara
MILANO
Pavia
Cremona
Mantova
Dora Baltea
Dora R.
TORINO
Alessandria
Piacenza
Tanaro
Bormida
Scrivia
Trebbia
Po
PARMA
Reggio
Modena
FERRARA
BOLOGNA
Reno
Panaro
Enza
Ravenna
Cuneo
GENOVA
Spezia
Massa
Imperia
Lucca
PISA
LIVORNO
Arno
FIRENZE
Lamone
Forlì
Savio
Marecchia
Metauro
Pesaro
Ancona
Esino
Macerata
Chienti
Arezzo
Perugia
Siena
Cecina
Ombrone
Chiana
Grosseto
Fiora
Marta
Ascoli
Tronto
Teramo
Vomano
Aquila
Pescara
CHIETI
Nera
Velino
Tevere
Aniene
ROMA
Sacco
Liri
Sangro
Biferno
Fortore
Campobasso
Foggia
Carapelle
Ofanto
BARI
Caserta
Volturno
Benevento
NAPOLI
Avellino
Salerno
Sele
Potenza
Bradano
Basento
Agri
Sinni
TARANTO
Lecce
Zara
Ajaccio
Sassari
Coghinas
Tirso
Flumendosa
Cixerri
R. Mannu
CAGLIARI
Crati
Cosenza
Neto
CATANZARO
MESSINA
Reggio Cal.
PALERMO
Trapani
Belice
Platani
Caltanissetta
Simeto
CATANIA
Girgenti
Imera
Acate
Siracusa

Fig. 1.

Per dare chiara evidenza a questi andamenti, riportiamo le distribuzioni verificate in un gruppo di stazioni pluviometriche dotate almeno di un venticinquennio di osservazioni; per agevolare i confronti, nei grafici delle figg. 2 a 5 le altezze delle precipitazioni mensili sono state espresse in percentuale delle rispettive medie mensili dell'intero periodo.

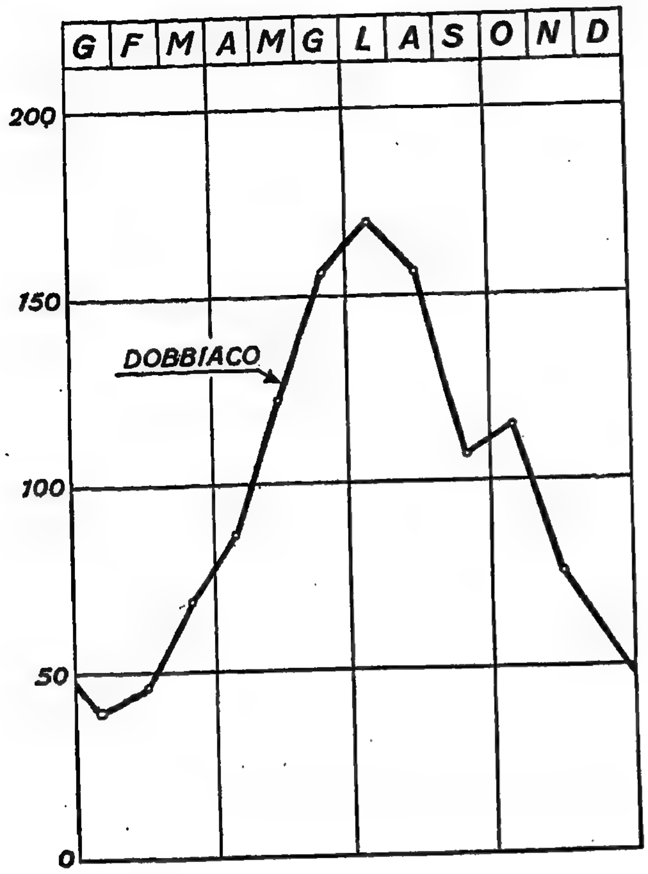


Fig. 2. - Tipo pluviometrico continentale.

Il tipo pluviometrico *continentale* è caratterizzato dalla concentrazione delle precipitazioni più elevate nei mesi primaverili ed estivi e dalla scarsità delle piogge in autunno e in inverno. Si possono, in altri termini, distinguere due semestri: uno piovoso, con massimo per lo più nel mese di luglio, ed uno più asciutto con minimo in prevalenza nel mese di gennaio (fig. 2). Questo andamento è verificato sopra una zona molto ristretta della catena alpina (Alpi lombarde e della Venezia Tridentina).

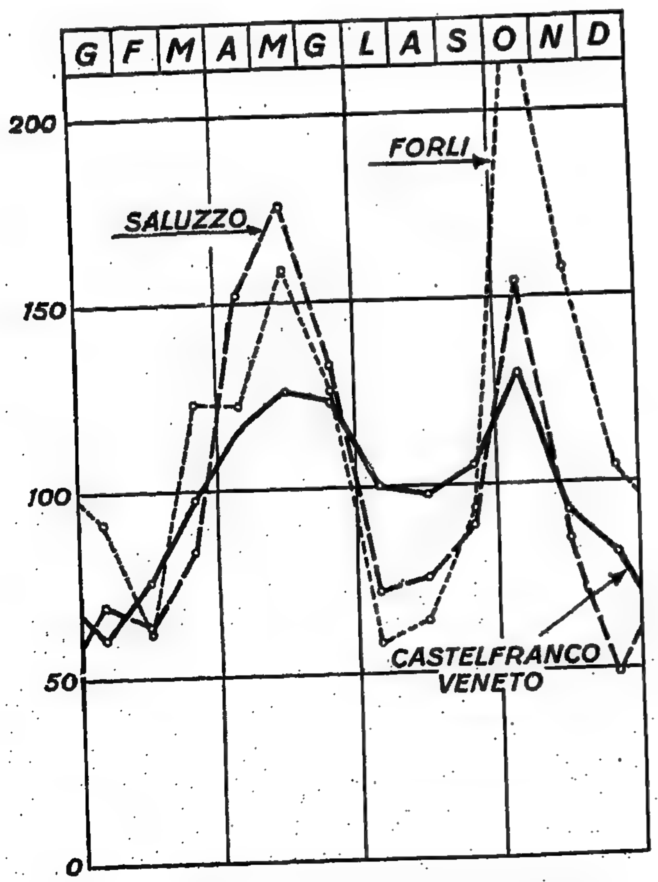


Fig. 3. - Tipi pluviometrici sublitoranei.

Scendendo verso la fascia prealpina non si riscontra già più il tipo continentale puro, in quanto tende a sparire il massimo estivo e le maggiori precipitazioni si spostano verso la primavera e l'autunno. Per buona parte delle Prealpi e per la parte della pianura Padana ad esse sottostante, è caratteristico un tipo di pioggie che si denomina *sublitoraneo alpino* (fig. 3), nel quale, accanto al minimo invernale compare un minimo secondario in estate: nella primavera e nell'autunno si hanno due massimi non molto marcati e pressochè equivalenti. Il diagramma tracciato nella fig. 3 per Castelfranco Veneto, mette appunto in evidenza le caratteristiche suddette.

Se ci si sposta verso mezzogiorno, aumenta l'importanza dei due massimi, autunnale e primaverile, e si accentua il minimo estivo (v. grafico per Saluzzo), finchè si giunge al tipo *sublitoraneo appenninico*, che ha le caratteristiche: minimo principale estivo e secondario invernale, i due massimi, come nel sublitoraneo alpino, in primavera ed autunno (con prevalenza, per lo più, di quello autunnale). Questo andamento è chiaramente rappresentato dal grafico riportato pure nella fig. 3 per Forlì.

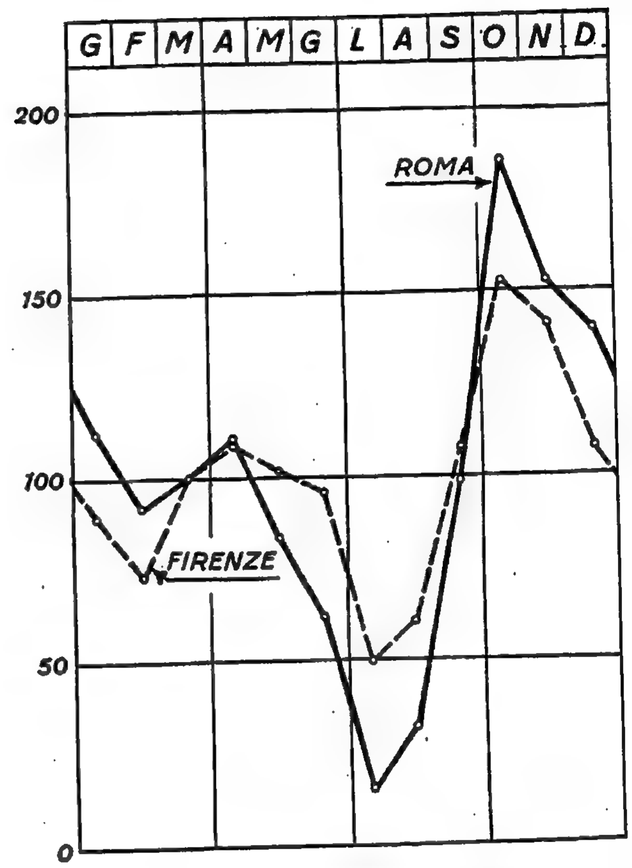


Fig. 4. - Tipi pluviometrici sublitoranei.

Il versante appenninico della pianura Padana, l'Appennino settentrionale e buona parte di quello centrale sono appunto soggetti ad un regime di piogge che rientra nel tipo sublitoraneo appenninico. Però, a mano a mano che ci si spinge verso il sud o ci si avvicina alle coste, si accentuano il massimo autunnale ed il minimo estivo, mentre perde d'importanza il minimo invernale, nel senso che i due massimi predetti tendono a saldarsi. Un comportamento di questo genere risulta evidentissimo dai grafici della fig. 4 che mettono a confronto le distribuzioni mensili delle piogge nelle località (che sotto questo aspetto si possono considerare come tipiche) di Firenze e Roma.

Mentre questa forma particolare del sublitoraneo appenninico si manifesta in tutte le stazioni interne dell'Italia meridionale, nelle stazioni costiere appare il tipo marittimo che domina interamente sulla Sardegna e sulla Sicilia.

Nel tipo *marittimo* (fig. 5), come pure nel tipo continentale, si distinguono un periodo piovoso ed uno di siccità: senonchè il primo comprende il semestre invernale, da ottobre a marzo, per lo più col massimo nel novembre; il secondo si estende al semestre estivo, da aprile a settembre, con valori minimi nel trimestre giugno-agosto.

Ma oltre alle distribuzioni delle precipitazioni nel corso del-

l'anno occorre considerarne le quantità. Se facciamo infatti riferimento ai totali medi nell'anno, troviamo dei valori, la cui distribuzione sul territorio non appare in relazione molto evi-

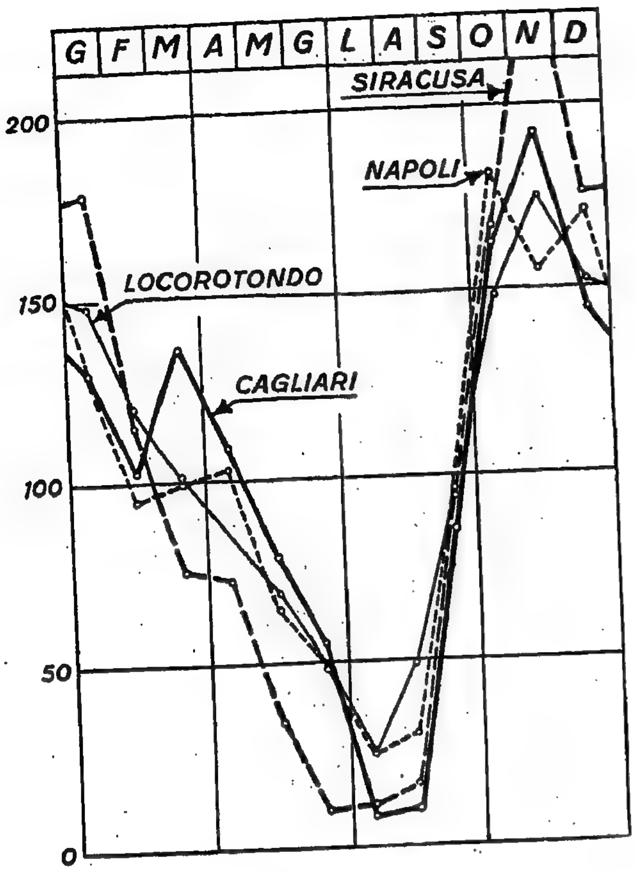


Fig. 5. - Tipi pluviometrici marittimi.

dente con quella dei tipi ora accennati, mentre dipende, per quanto in maniera non molto regolare, dall'orografia e dai venti dominanti. Ad ogni modo sulle ristrette zone ove prevale il regime *continentale*, all'altezza annua di pioggia competono di regola valori assai elevati: aggirantisi sui 1000 *mm* nelle vallate, e superiori ai 1200 *mm* alle maggiori altitudini, mentre nei mesi autunno-invernali le precipitazioni non sono mai troppo scarse. Quest'ultima particolarità si mantiene, forse accentuata, per il tipo *sublitoraneo alpino*, al quale competono altezze annue di pioggia sempre superiori ai 1000 *mm* nelle zone montane — ove si raggiungono e superano i 2000 *mm* — e di poco inferiori nelle pianure. Invece nel sottotipo *appenninico* si hanno alcuni mesi con precipitazioni effettivamente scarse, mentre i totali annui risultano in genere non molto superiori ai 700÷800 *mm*, esclusi alcuni gruppi montuosi ove sono raggiunte delle altezze di precipitazione molto rilevanti, anche superiori ai 2000 *mm*.

Nel tipo *marittimo*, infine, i totali primaverile ed estivo (questo ultimo in ispecie) sono minimi nelle isole, per le quali anche il totale annuo, che supera solo su zone ristrette i 600÷÷700 *mm*, arriva a scendere al disotto dei 400 *mm*; nelle estreme propaggini della penisola invece, i totali annui si aggirano mediamente sui 700÷800 *mm*, ed in genere anche nella primavera e nell'estate si hanno delle precipitazioni di entità non del tutto trascurabile. Non mancano però, anche nella regione meridionale, in corrispondenza generalmente delle maggiori altitudini, le piogge elevate, superiori ai 1500-2000 *mm*.

Lo specchietto precedente, riunisce gli elementi più caratteristici di ogni tipo pluviometrico.

Tipi pluviometrici		Stagioni in cui si verificano i massimi ed i minimi delle piogge	
		massimi	minimi
Continentale od alpino		Estate	Inverno
Sublitoraneo	alpino.....	Primavera *Autunno*	Inverno *Estate*
	appenninico	Autunno *Primavera*	Estate *Inverno*
Marittimo		Inverno	Estate

II. – Condizioni idrologiche dei bacini idrografici (1).

a) *Elenco e caratteristiche dei bacini considerati nel presente studio.*

Il presente studio si limiterà a considerare le situazioni di bacini imbriferi di qualche ampiezza: salvo quattro soli casi, l'area sottesa dalle stazioni di misura prese in esame supera, infatti, i mille chilometri quadrati.

È noto che l'estensione del bacino ha una grande influenza, sulle vicende del corso d'acqua alimentato: onde le risultanze dell'esame di grandi bacini non possono essere estese, senza particolari cautele, ai bacini minori.

I bacini considerati sono stati prescelti non solo col criterio di mettere in evidenza delle situazioni caratteristiche, ma anche di poter disporre, per tutti, dei dati di osservazione relativi ad un periodo unico, in modo da conferire attendibilità ad eventuali confronti: tale periodo è il quadriennio 1923-26.

L'aver assunto questo periodo dipende da due principali ragioni che qui accenneremo, anche per chiarire perchè non si sia ritenuto di far riferimento pure agli anni successivi (fino al 1928), per i quali il Servizio idrografico ha già elaborato i dati idrologici.

Anzitutto, in una precedente comunicazione del Prof. De Marchi (2) erano state studiate, classificate e messe in evidenza per il quadriennio suddetto, le caratteristiche idrologiche di quasi tutti i bacini che figurano nel presente studio: ed anzi le considerazioni relative al regime naturale delle portate dei cors d'acqua da essi alimentati, sono integralmente tratte dall studio citato.

In secondo luogo, per quanto concerne, sia i contributi meteo rici, sia l'andamento dei deflussi, il quadriennio suddetto non h presentato fenomeni particolari che potessero conferirgli alcu carattere di eccezione, cosicchè si può ritenere che le concl sioni e le risultanze ritraibili possano essere estese qualitativ mente con precisione notevole, e quantitativamente con discret approssimazione anche a periodi diversi o più lunghi.

I bacini prescelti sono stati delimitati sulla cartina allega (fig. 1) la quale mostra una visione d'assieme della loro situ zione geografica e della loro estensione; sono inoltre distir quelli impermeabili da quelli nei quali prevalgono le formazic permeabili (in ispecie calcari), e che perciò, a seconda de estensione di queste ultime, sono intesi come semipermeat o permeabili del tutto. Al riguardo è opportuno chiarire c come formazioni permeabili sono considerate quelle di cui hanno frequenti esempi nelle zone calcaree o calcareo-mag siache, le quali per le frequenti caverne e litoclasi non offr sensibile ostacolo al deflusso delle acque, per quanto il materi in senso idraulico, presenti una permeabilità limitata.

Tre dei bacini considerati (Adige, Brenta, Adda) ricad nella catena alpina; quattro (Taro, Reno, Serchio, Ar nell'Appennino settentrionale; cinque (Tevere, Aniene, scara, Trigno, Volturno) nell'Appennino centrale; cinque, inf nelle Isole (Simeto, Imera, Tirso, Taloro, Flumendosa). Fa parte a sè: il Po, che risente, come è noto e vedremo conferm le vicende di due regioni tipicamente differenti, e lo Stella, è un corso di risorgiva. Non è fatto un particolare accenn bacini alpini comprendenti delle estese superficie glaciali,

(1) Cfr. De Marchi: *Preliminare esame comparativo delle c zioni idrologiche delle varie regioni italiane* - Memorie e studi idr fici. Pubbl. n. 2 del Serv. Idrog., Vol. III. Roma, 1924.

(2) Cfr. De Marchi: *Caratteristiche idrologiche dei corsi d'a italiani* - Annali dei Lavori Pubblici. Fasc. 9, anno 1927. R

PROSPETTO I.

Num. d'ordine	BACINO E STAZIONE	Altitudine della Stazione (m s. m.)	Elementi caratteristici del bacino: Superficie (km²)	Altitudine media (m s. m.)	Latitudine media	Natura geologica	Afflusso meteorico medio annuo (mm)	Deflusso medio annuo (mm)	Portata media (m³/sec)
	CATENA ALPINA								
1	**Adige** - Trento	187	9.767	»	46° 30'	70% impermeabile	983	780	241,9
2	**Adda** - Fuentes	198	2.608	»	46° 20'	quasi impermeabile	1255	1160	98,8
3	**Brenta** - Sarson	110	1.546	1237	45° 80'	molto permeabile	1474	1432	70,1
	FIUME DI RISORGIVA								
4	**Stella** - Sacile	—	—	—	45° 5'	—	—	—	100
5	**Po** - PONTELAGOSCURO	8	70.900	765	45° 30'	—	1185	694	156,2
	APPENNINO SETTENTR.								
6	**Taro** - S. Quirico	»	1.400	»	44° 10'	quasi impermeabile	1346	893	39,6
7	**Reno** - Casalecchio	60	1.051	639	44° 10'	impermeabile	1372	767	25,5
8	**Serchio** - Borgo a Mozzano	86	1.061	863	44°	3/4 impermeabile	2004	1430	48,2
9	**Arno** - S. Giov. alla Vena	7	8.181	330	43° 40'	impermeabile	1056	384	99,6
	APPENNINO CENTR.								
10	**Tevere** - Roma	0,74	16.551	524	42° 40'	1/3 permeabile	1013	429	225,6
11	**Aniene** - Lunghezza	23	1.115	523	42°	permeabile	1261	940	33,2
12	**Pescara** - Sambuceto	5	3.125	940	42° 10'	2/3 permeabile	910	458	47,9
13	**Trigno** - Trivento	240	544	850	41° 50'	impermeabile	989	352	6,0
14	**Volturno** - P.te Annibale	17	5.542	534	41° 20'	2/5 permeabile	1168	480	84,3
	SARDEGNA								
15	**Tirso** - Rifornitore	175	586	579	40° 20'	quasi impermeabile	773	204	3,77
16	**Taloro** - Pass. Gavoi	587	226	992	40° 20'	impermeabile	1004	498	3,50
17	**Flumendosa** - M. Scrocca	88	1.011	741	39° 50'	impermeabile	822	439	14,1
	SICILIA								
18	**Imera Mer.** - Imera	285	574	706	37° 30'	quasi impermeabile	639	165	3,02
19	**Simeto** - Giarretta	18	1.832	793	37° 40'	in piccola parte permeabile	710	192	11,6

chè essi sono pochi ed in genere di piccola estensione (poche centinaia di *kmq*): questa esclusione, non toglie quindi carattere di generalità alle considerazioni che verranno in seguito svolte.

Nel prospetto 1 sono inoltre riportate: l'area in chilometri quadrati del bacino sotteso da ogni stazione, l'altitudine media sul mare, la latitudine media (all'incirca la latitudine del baricentro), l'indicazione della natura geologica, la portata media, in *mc/sec*, verificata nel quadriennio, le altezze medie annue di afflusso e di deflusso in millimetri (altezza dello strato liquido di spessore uniforme, ripartito sulla intera superficie del bacino, il cui volume uguaglia rispettivamente l'afflusso meteorico al bacino ed il deflusso medio annuo, nel quadriennio) pure verificate nel quadriennio. Nel complesso si possono ritenere rappresentate tutte le situazioni idrologiche che si riscontrano nella nostra regione (all'incirca fra il 48° e il 38° parallelo), per bacini di area non inferiore ai 500 *kmq*.

b) *Afflussi meteorici – Deflussi.*

È ovvio che il regime delle precipitazioni debba avere dirette ripercussioni su quello delle portate dei corsi d'acqua. A determinare quest'ultime intervengono, però, con importanza notevolissima, gli altri fattori del clima, sopratutto la temperatura, che influisce sulla natura delle precipitazioni e sulla intensità dell'evaporazione, e le condizioni geognostiche del bacino imbrifero. Come si traduca l'azione di questi fattori risulterà chiaramente dall'esame del materiale raccolto per i bacini elencati.

Tali bacini sono stati raggruppati come segue: bacini alpini, appenninici impermeabili, appenninici parzialmente permeabili, bacini delle grandi isole.

Una rappresentazione assai espressiva dell'andamento medio degli afflussi meteorici e dei deflussi, si ricava dalla serie delle dodici medie mensili (medie aritmetiche dei quattro valori verificati in un dato mese, per ognuno dei quattro anni dal 1923 al 1926), espresse come percentuali della media generale del periodo (somma di tutti i valori mensili, divisa per quarantotto); le medie generali (in *mm*) ed i rispettivi valori mensili percentuali figurano nei prospetti 2 e 3, ciascuno dei quali contiene anche una colonna ove sono riportati i valori medi annui degli afflussi meteorici e dei deflussi (in *mm*). Le dodici percentuali rappresentano l'andamento medio (medio mensile) nel quadriennio: e, per quanto si disse, possono fornire anche una rappresentazione abbastanza approssimata dell'andamento medio in un più ampio periodo di tempo. Esse si prestano in modo singolarmente evidente ai confronti fra bacino e bacino, come appare dai diagrammi delle figure da 6 a 15.

La fig. 6 riporta le distribuzioni degli afflussi meteorici per i tre bacini della catena alpina: come appare dai diagrammi, i bacini stessi sono soggetti, in varie proporzioni, ai due regimi pluviometrici, sublitoraneo e continentale, il primo rappresentato nel Brenta, che sotto qualche riguardo si potrebbe trattare come prealpino, il secondo più esteso sull'Adige.

La fig. 7 si riferisce ai deflussi dei corsi d'acqua alimentati dai tre bacini ora considerati e dallo Stella. Per i primi i diagrammi presentano il consueto e tipico massimo estivo e il massimo secondario di novembre: dei due minimi intermedi,

PROSPETTO 2.

BACINO	STAZIONE	Afflussi meteorici		Afflussi meteorici mensili, in °/o della media mensile											
		medio annuo *mm*	medio mensile *mm*	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Adige	Trento	983	82	32	65	49	116	131	142	112	136	98	126	124	51
Adda	Fuentes	1255	104	26	77	49	130	164	95	98	107	113	154	158	44
Brenta	Sarson	1474	123	40	67	58	148	158	129	120	85	85	121	143	47
Po	Pontelagoscuro	1183	99	35	96	76	123	149	86	89	77	92	126	179	66
Taro	S. Quirico	1346	112	67	118	88	109	97	89	49	41	103	129	212	100
Reno	Casalecchio	1372	114	92	125	83	130	79	86	46	47	89	97	210	120
Serchio	Borgo a Mozzano	2004	167	82	136	66	128	71	78	75	54	89	106	220	130
Arno	S. Giov. alla Vena	1056	88	82	137	86	156	66	132	51	61	91	98	175	128
Tevere	Ripetta	1013	84	62	152	113	151	60	77	55	45	83	87	181	165
Aniene	Lunghezza	1261	105	72	135	98	156	54	81	45	29	77	86	202	141
Pescara	Sambuceto	910	76	113	97	102	114	59	76	71	45	99	79	171	164
Trigno	Trivento	989	82	94	123	118	116	68	63	69	49	87	95	190	136
Volturno	Ponte Annibale	1168	97	83	148	111	123	64	47	54	31	72	104	212	153
Tirso	Rif. Tirso	773	64	100	164	121	126	72	27	22	10	66	113	169	219
Taloro	Passerella Gavoi	1004	84	118	152	107	145	86	18	14	2	89	97	168	195
Flumendosa	Monte Scrocca	822	69	105	184	103	149	72	30	23	7	70	104	166	176
Imera merid.	Imera	639	53	161	152	121	104	60	30	18	20	56	151	146	179
Simeto	Giarretta	710	59	152	125	141	110	69	33	21	18	76	140	151	164

PROSPETTO 3.

BACINO	STAZIONE	Deflussi		Deflussi mensili, in °/o della media menslie											
		medio annuo *mm*	medio mensile *mm*	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Adige	Trento	781	65	26	26	28	74	174	195	166	130	92	86	115	61
Adda	Fuentes	1173	98	29	31	28	50	157	199	187	131	97	101	137	48
Brenta	Sarson	1432	120	44	51	58	141	198	143	98	88	67	95	131	78
Po	Pontelagoscuro	701	58	67	85	86	100	137	127	94	73	73	100	154	113
Taro	S. Quirico	889	74	68	175	132	128	115	36	17	7,6	14	82	271	152
Reno	Casalecchio	754	63	117	187	161	168	76	39	16	13	17	52	202	149
Serchio	Borgo a Mozzano	1354	113	109	153	106	146	127	64	81	28	30	66	194	140
Arno	S. Giov. alla Vena	375	31	138	195	155	159	92	33	9,4	1,23	1,58	34	176	171
Tevere	Ripetta	430	36	103	135	159	152	109	72	64	57	56	59	88	139
Aniene	Lunghezza	937	78	101	122	107	132	126	87	80	75	75	60	115	122
Pescara	Sambuceto	482	40	114	111	128	118	98	81	85	75	78	87	100	131
Trigno	Trivento	345	29	156	197	182	159	95	39	34	14	14	45	97	154
Volturno	Ponte Annibale	489	41	117	169	141	139	85	54	53	37	38	53	140	166
Tirso	Rif. Tirso	200	16,7	159	344	163	372	55	8,4	1,8	0,42	0,6	4,3	45	200
Taloro	Passerella Gavoi	498	41,5	152	275	192	175	102	36	9	3,4	7,25	113	26	189
Flumendosa	Monte Scrocca	437	36	174	270	176	185	87	25	13	5,2	6,3	11,5	56	191
Imera merid.	Imera	168	14	181	181	226	100	51	19	13,6	13,6	21	72	69	246
Simeto	Giarretta	200	16,7	219	207	242	139	69	11,4	3	0,9	6,6	32	6,5	206
Stella	C. Sacile (m^3/sec)	**100**		102	96	101	99	107	105	95	89	88	91	115	106

il più marcato cade nella stagione invernale, e l'altro, molto meno sentito, all'inizio di autunno. L'insieme corrisponde ad una deformazione dei diagrammi degli afflussi meteorici, deformazione facilmente spiegabile, se si tiene presente che le precipitazioni autunnali ed invernali sono in gran parte nevose, e scolano nei mesi primaverili e estivi: l'escursione fra massimo e minimo ammonta al 170 % circa della media generale nell'anno.

Lo Stella si distingue, invece, nettamente per la grande regolarità delle portate, determinata dalla presenza delle sorgenti che lo alimentano.

Le figg. 8 e 10 riportano gli andamenti degli afflussi meteorici per alcuni bacini dell'Appennino settentrionale e dell'Appennino centrale; si può scorgere distintamente come per tutti i bacini si abbia una concentrazione delle piogge elevate, nell'autunno e nella primavera (con prevalenza del massimo autunnale) ed un minimo più o meno accentuato nell'estate, mentre nell'inverno gli afflussi meteorici si mantengono sensibilmente sulla media; si rivelano quindi le caratteristiche del regime pluviometrico sublitoraneo appenninico.

La fig. 9 riguarda i deflussi di quelli, fra i bacini appenninici precedenti, che comprendono nel loro ambito delle zone permeabili di notevole ampiezza, cioè: Tevere, Aniene, Pescara, Serchio e Volturno. Per il Tevere la zona che si può trattare come permeabile corrisponde a poco più di un terzo dell'area totale; per il Pescara si avvicina ai due terzi; l'Aniene si può trattare

come permeabile pressochè per l'intera sua estensione; nel Serchio le zone permeabili hanno un'estensione relativamente ristretta, occupando solo un quarto circa della superficie imbrifera; nel Volturno, infine, esse rappresentano i due quinti circa della superficie in parola. Non è il caso di scendere a paragoni particolareggiati fra afflussi e deflussi: basterà rilevare come, in media, gli andamenti rispettivi si corrispondano abbastanza bene, ma presentino maggiore regolarità quelli dei deflussi in virtù dell'azione moderatrice che il bacino esercita sulle precipitazioni.

Nei primi tre bacini (Tevere, Aniene, Pescara) le portate mensili appaiono soggette ad un'unica oscillazione nel corso dell'anno, con un minimo estivo, tra agosto ed ottobre, e un massimo primaverile. Un massimo ed un minimo secondari si pronunciano appena, rispettivamente in novembre e in gennaio: ma il minimo secondario non scende nemmeno al disotto della media annua.

L'escursione fra massimo e minimo è sempre molto minore che nei bacini alpini e in quelli appenninici impermeabili di cui parleremo fra breve; essa appare meno marcata laddove l'estensione della parte permeabile è relativamente maggiore. Nel Tevere, ove, come si è detto, i terreni permeabili rappresentano circa un terzo della superficie imbrifera, l'escursione equivale all'incirca alla portata media. Il Volturno (con area permeabile pari ai 2/5 circa del totale) presenta un comportamento sostanzialmente analogo, salvo un'escursione alquanto più marcata, pari al 140 % della portata media; invece nell'Aniene e nel Pescara (permeabili in gran parte) l'escursione si mantiene alquanto inferiore al valore di questa. Per il Serchio, infine, ove la presenza di ristrette zone permeabili e la loro limitata

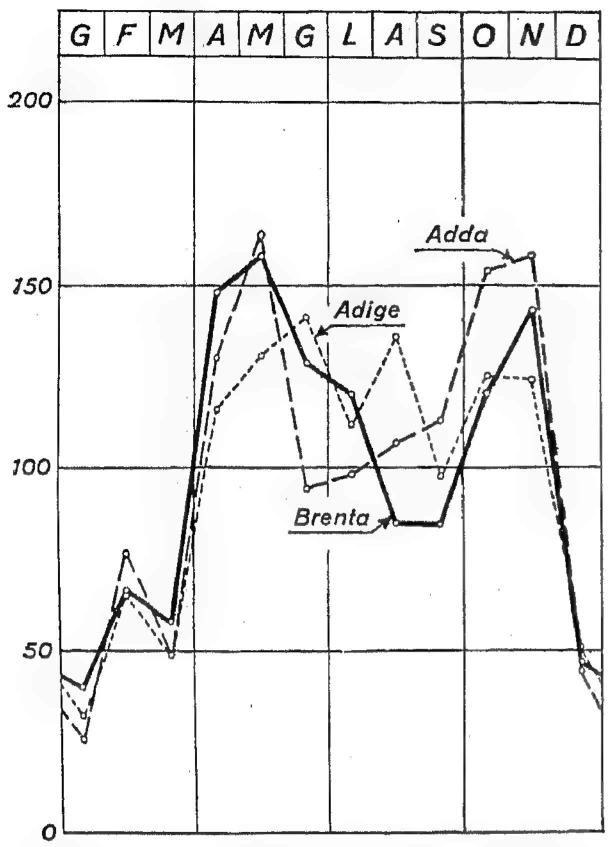


Fig. 6. - Afflussi meteorici medi mensili (in % delle rispettive medie mensili generali). Bacini alpini.

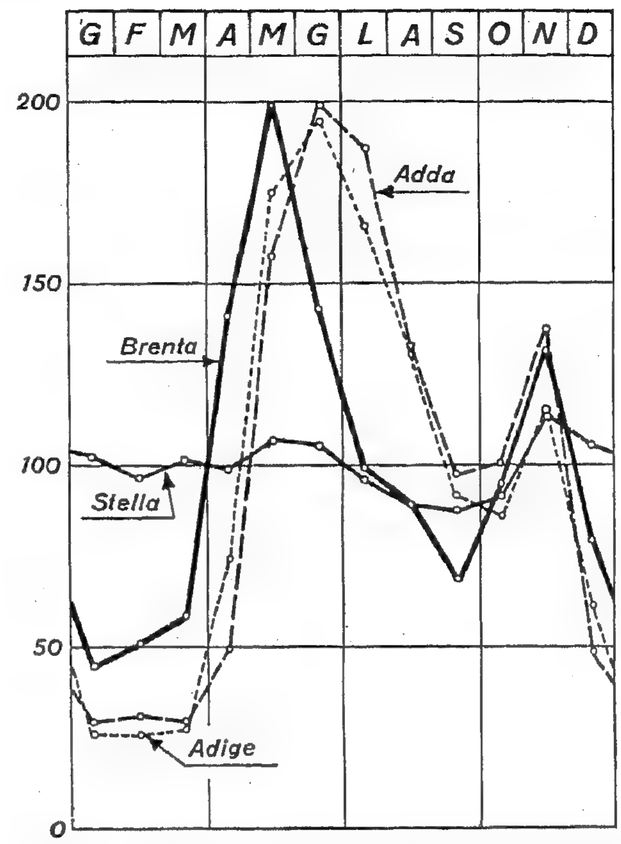


Fig. 7. - Deflussi medi mensili (in % delle rispettive medie mensili generali). Bacini alpini.

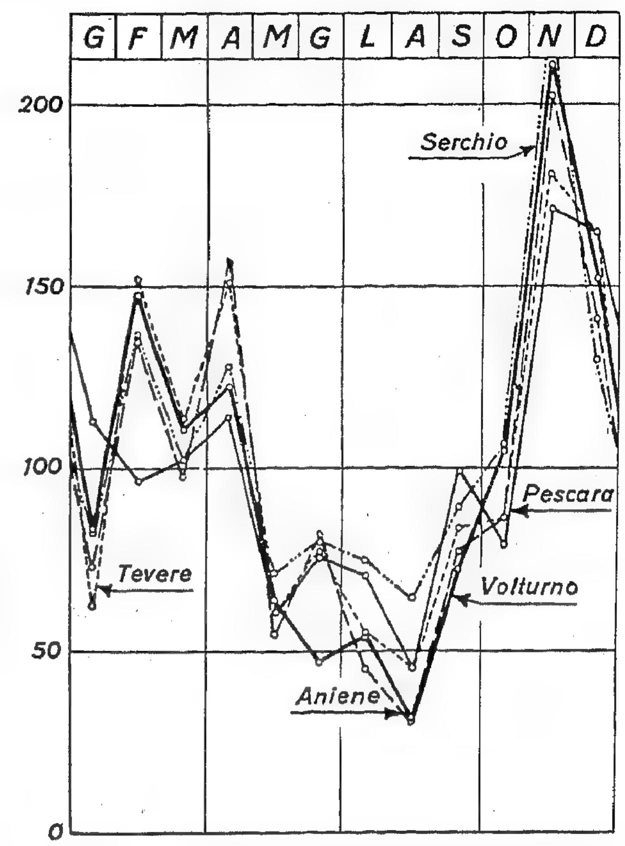


Fig. 8. - Afflussi meteorici medi mensili (in % delle rispettive medie mensili generali). Bacini appenninici, almeno in parte permeabili.

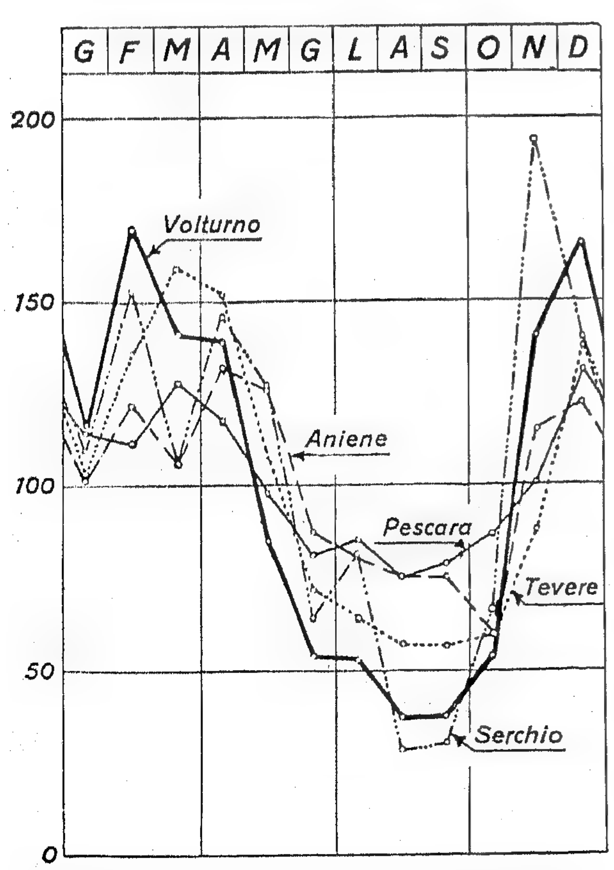


Fig. 9. - Deflussi mensili (in % delle rispettive medie mensili generali). Bacini appenninici almeno in parte permeabili.

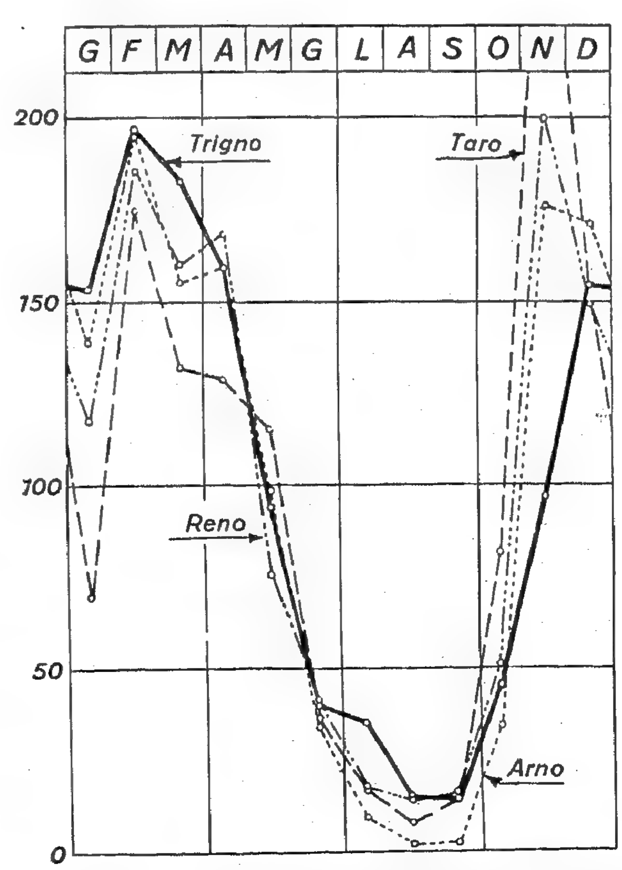


Fig. 10. - Afflussi meteorici medi mensili (in % delle rispettive medie mensili generali). Bacini appenninici impermeabili.

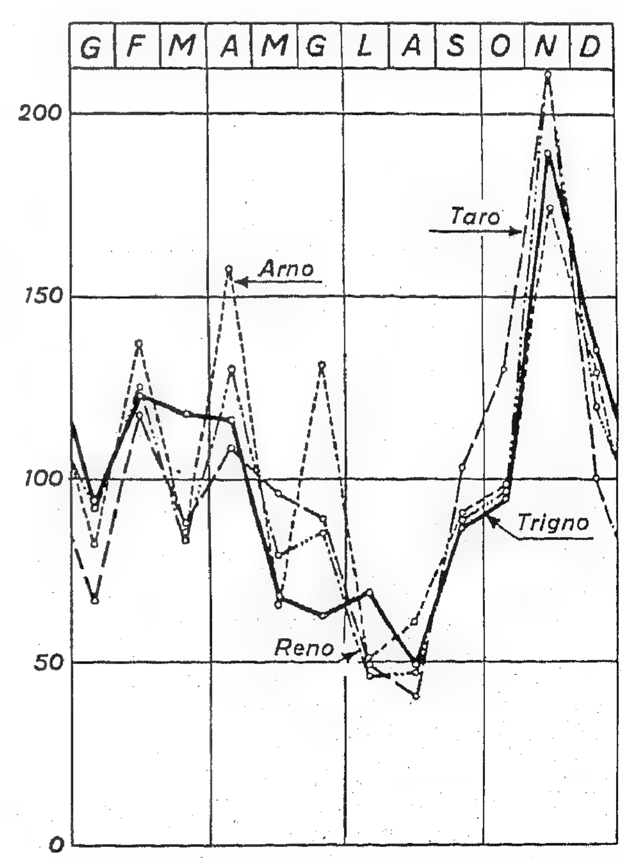


Fig. 11. - Deflussi medi mensili (in % delle rispettive medie mensili generali). Bacini appenninici impermeabili.

permeabilità dànno luogo ad una situazione assai prossima a quella dei bacini considerati come impermeabili, l'escursione arriva al doppio della portata media: il diagramma del Serchio rappresenta quindi un andamento intermedio fra quello dei bacini permeabili, e quello dei bacini che non lo sono affatto.

La fig. 11 riguarda gli altri quattro bacini appenninici: Taro, Reno, Arno e Trigno in cui le zone permeabili mancano totalmente oppure occupano una parte trascurabile della superficie imbrifera complessiva. I primi due appartengono per intero all'Appennino settentrionale, il terzo vi ricade in gran parte; il Trigno deve considerarsi piuttosto come un corso d'acqua meridionale. I diagrammi dei deflussi presentano tutti, come nota caratteristica comune, le fortissime magre che si verificano nel periodo di siccità estiva, durante la quale la portata media mensile si mantiene per oltre quattro mesi al di sotto della metà della portata media annua, e in agosto e settembre scende fino ad un decimo di quest'ultima.

Nella stagione fredda, invece, la portata media mensile sale oltre il doppio del valore medio annuo. I diagrammi relativi al Taro, Reno ed Arno, presentano due colmi, verso la fine d'inverno (febbraio) e in novembre; ma l'importanza del secondo si attenua dal Taro, al Reno e all'Arno, mentre aumenta quella del primo: solo il diagramma del Taro fornisce una punta autunnale superiore a quella fra inverno e primavera. Nel diagramma relativo al Trigno il massimo autunnale è scomparso: la magra estiva si è estesa anche al novembre, avendosi ancora per questo mese delle portate inferiori alla media.

Passando, infine, ai cinque bacini idrografici delle isole (due della Sicilia e tre della Sardegna), si riscontra una perfetta concordanza negli andamenti degli afflussi meteorici, i quali, col minimo assai marcato nel periodo estivo e col massimo invernale, rivelano chiaramente le caratteristiche del regime pluviometrico marittimo (fig. 12).

Non meno precise risultano, infine, le analogie fra i diagrammi della fig. 13 che sono relativi ai deflussi, il cui andamento non si discosta da quello delle piogge.

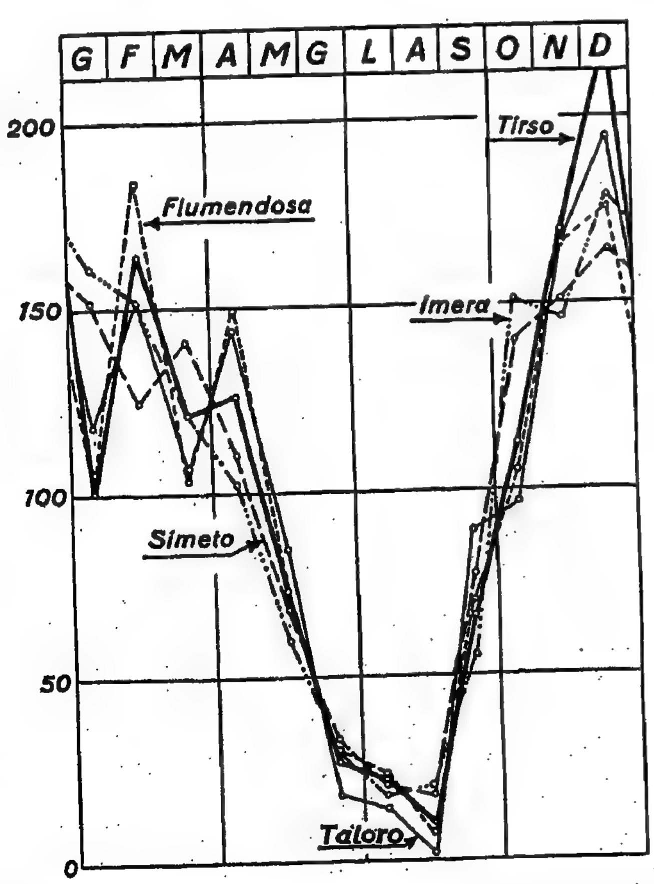


Fig. 12. - Afflussi meteorici medi mensili (in % delle rispettive medie mensili generali). Bacini delle isole.

Come fatto preminente compare anche qui, e in misura ben più marcata, la magra estiva, la quale si prolunga assai verso l'inverno, cosicchè per oltre sei mesi consecutivi, e cioè fino a dicembre, le portate medie mensili non superano la metà del valore medio annuo. Per tre dei bacini considerati la portata praticamente si annulla in agosto e settembre; per gli altri due, essa si mantiene nei mesi stessi intorno o sotto il 10 % della media. Di converso, tutto il periodo da dicembre a maggio, è

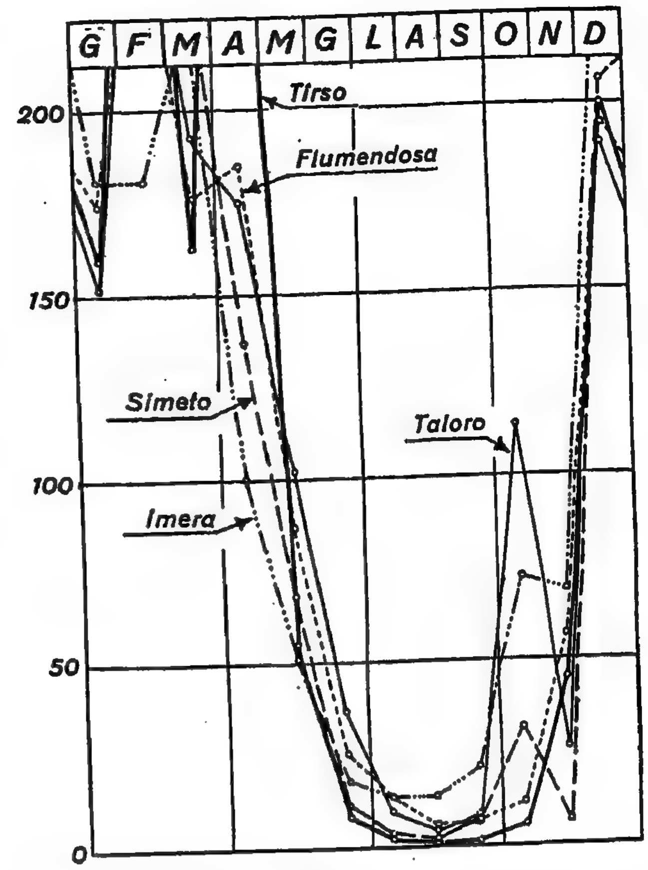


Fig. 13. - Deflussi medi mensili (in % delle rispettive medie mensili generali). Bacini delle isole.

caratterizzato da portate che superano del 50 % la media annua.

Il Simeto, che raccoglie i contributi di una parte ragguardevole del cono vulcanico dell'Etna, assai permeabile, non denota un comportamento nettamente distinto da quello dell'Imera o del Tirso, ove le formazioni permeabili mancano completamente, o quasi.

Nell'insieme, però, il comportamento dei bacini delle Isole presenta una certa analogia con quello dei corsi d'acqua del gruppo precedente (bacini appenninici impermeabili): soltanto è molto esagerato lo squilibrio fra piena invernale e magra estiva, talchè la escursione delle medie mensili non è mai inferiore al 200 % del valore medio, ed arriva a superare il 300%.

Se vogliamo riassumere le constatazioni precedenti, possiamo dire che esse, mentre per quanto concerne gli afflussi meteorici confermano, ed è ovvio, le caratteristiche messe in evidenza nel precedente paragrafo parlando dei regimi pluviometrici, per i deflussi portano a definire i due tipi fondamentali di regime idrologico, i quali sussistono rispettivamente nell'Italia continentale (catena alpina) e nella penisola e le Isole. Anch'essi sono caratterizzati dalle epoche nelle quali cadono il massimo della portata (fine di primavera per la catena alpina, fine di inverno per la penisola e le isole) e il minimo (inverno nella catena alpina, estate e autunno per le altre regioni).

Il secondo tipo fondamentale dà luogo a tre diverse categorie di andamenti che sono presentate rispettivamente dai bacini appenninici totalmente impermeabili, da quelli totalmente o in grandissima parte permeabili e, infine, dai bacini delle isole.

Nel complesso risultano definite quattro categorie, le cui caratteristiche vengono sinteticamente riassunte nelle cifre del prospetto 4, il quale fornisce la ripartizione stagionale media (1) del deflusso annuo (posto uguale a 100).

I numeri del prospetto corrispondono a una media grossolana dei valori ottenuti per i bacini di ogni gruppo, i dati relativi ai bacini appenninici permeabili essendo stati dedotti sol

(1) Come invernali sono stati assunti i tre mesi da dicembre a febbraio: come primaverili i tre mesi successivi, e così via.

PROSPETTO 4.

CARATTERISTICHE	Ripartizione percentuale del deflusso annuo			
	Autunno	Primavera	Estate	Articoli
Regime Alpino	9	24	41	26
Regime Appenninico:				
Bacini impermeabili	29	29	20	22
Bacini in gran parte permeabili	37	32	6	25
Bacini delle isole	50	40	3	7

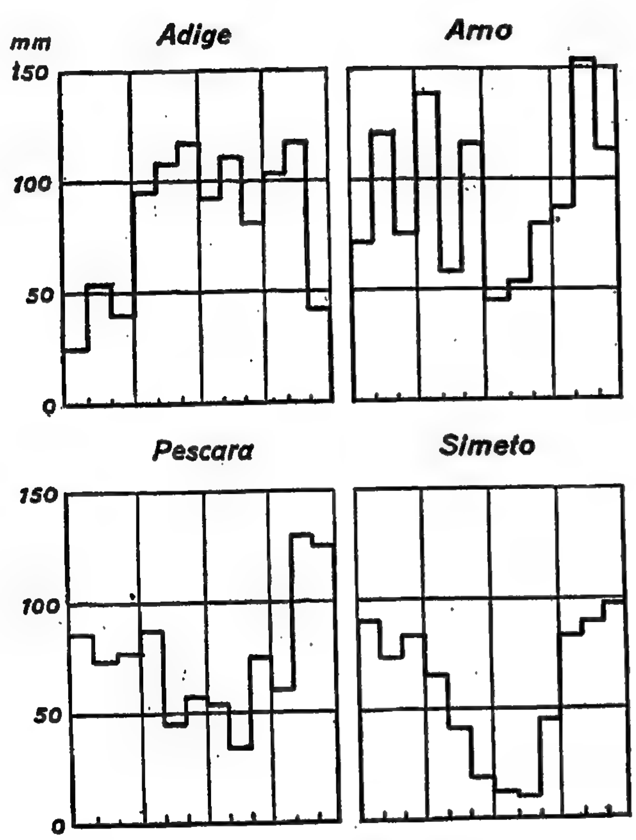


Fig. 14. - Deflussi medi mensili, in *mm*: confronto fra bacini rappresentativi dei quattro gruppi.

tanto dal comportamento dell'Aniene e del Pescara, nei quali le formazioni permeabili occupano la maggior parte del bacino imbrifero.

Accanto ai numeri in parola, i quali danno già un'idea assai espressiva dei diversi regimi, occorre però avere presente i valori effettivi dei deflussi: può giovare allo scopo la fig. 14 nella quale sono riportate le medie altezze mensili di deflusso in millimetri, di un bacino per ognuno dei gruppi considerati.

Occorre altresì aver presente che i dati del prospetto 4° sono applicabili soltanto a bacini di area non inferiore a qualche centinaio di chilometri quadrati, con caratteri idrologici e geognostici abbastanza uniformi.

È ovvio che, quando tali condizioni non siano soddisfatte, si debbano verificare delle situazioni intermedie.

Queste sono, in effetto, molto frequenti e diventano quasi la norma per i bacini di grande estensione: un esempio tipico ci è fornito appunto dal Po. I soliti diagrammi dei valori percentuali (figg. 15 e 16) degli afflussi meteorici e dei deflussi mensili di questo bacino, denotano delle oscillazioni assai meno marcate di quelle dei diagrammi degli affluenti alpini (Adda) e appenninici (Taro), giacchè i regimi idrologici dei due versanti si compensano fra loro, dando luogo ad un andamento molto più regolare. Analoga osservazione (riferendosi però soltanto alla distribuzione dei deflussi) si può fare a proposito del Tevere, se il suo comportamento si mette in relazione con quello dell'Aniene e dell'Arno (certo poco diverso, quest'ultimo, dal comportamento delle zone impermeabili del Tevere).

c) *Relazioni fra afflussi meteorici (precipitazioni) e deflussi (portate) – Perdite apparenti.*

Un primo punto che interessa considerare, se ci si vuole rendere conto delle dipendenze che esistono fra le portate scolanti e le precipitazioni che le determinano, riflette i valori medi dei totali annui, sia degli afflussi meteorici, sia dei deflussi, espressi gli uni e gli altri in *mm*: serve allo scopo il grafico della fig. 17, nel quale ogni bacino figura sul piano cartesiano, con un punto avente per ascissa il deflusso annuo (medio nel periodo) e per ordinata l'afflusso meteorico corrispondente. Perchè la figura mantenesse una sufficiente chiarezza si è assunta per le ordinate (afflussi meteorici) una scala doppia che per le ascisse;

CONFRONTO FRA IL REGIME DEL PO E QUELLI DEI SUOI AFFLUENTI DI DESTRA E DI SINISTRA

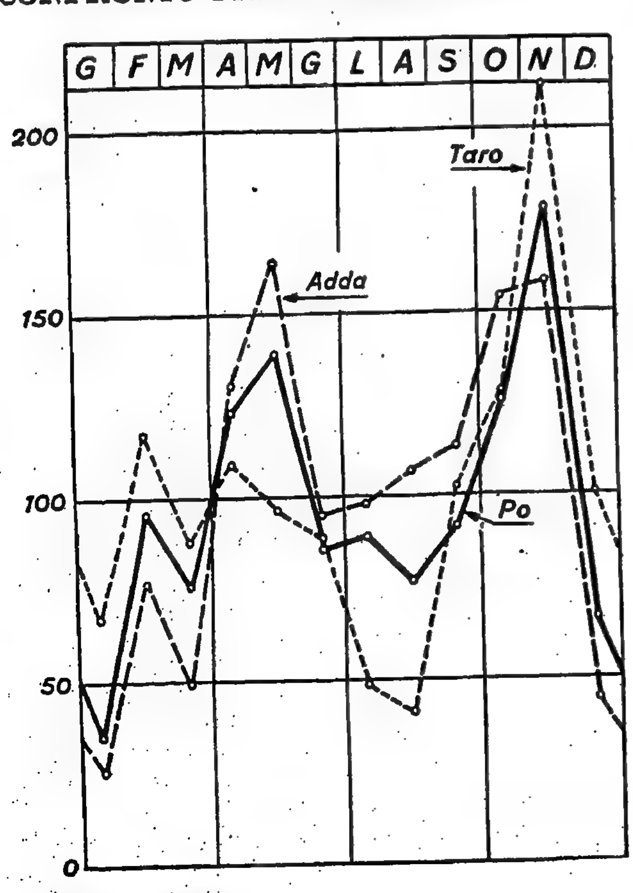


Fig. 15. - Afflussi meteorici medi mensili (in % delle rispettive medie mensili generali).

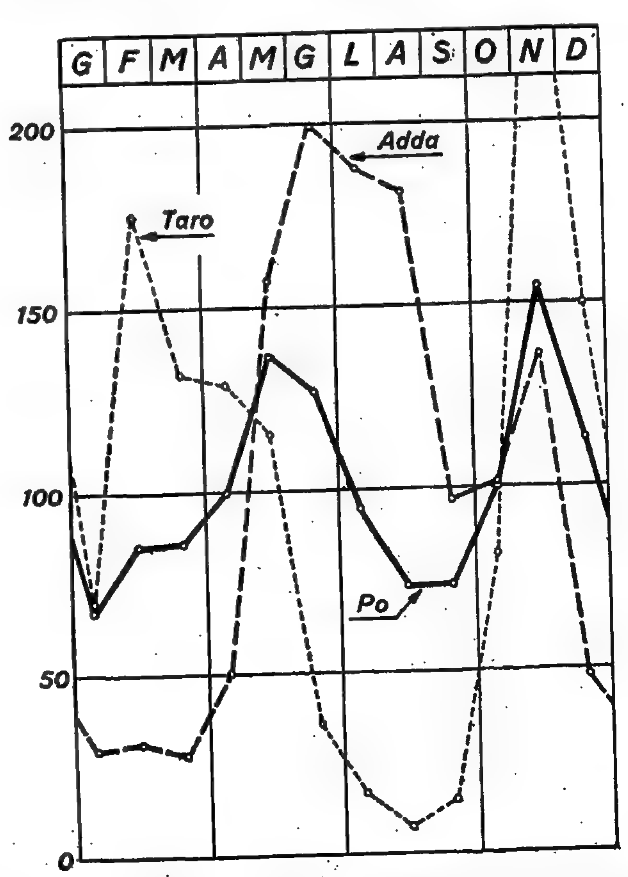


Fig. 16. - Deflussi medi mensili (in % delle rispettive medie mensili generali).

la retta uscente dalla origine e passante per i punti di ascissa eguale all'ordinata, costituisce un utile termine di confronto perchè rappresenta le situazioni idrologiche ideali, di deflusso pari all'afflusso meteorico (perdite apparenti nulle).

Il segmento di verticale intercetto fra uno dei punti segnati e la retta in parola, rappresenta la perdita apparente media annua (in *mm*), intesa nel significato che ora verrà specificato, per il bacino corrispondente.

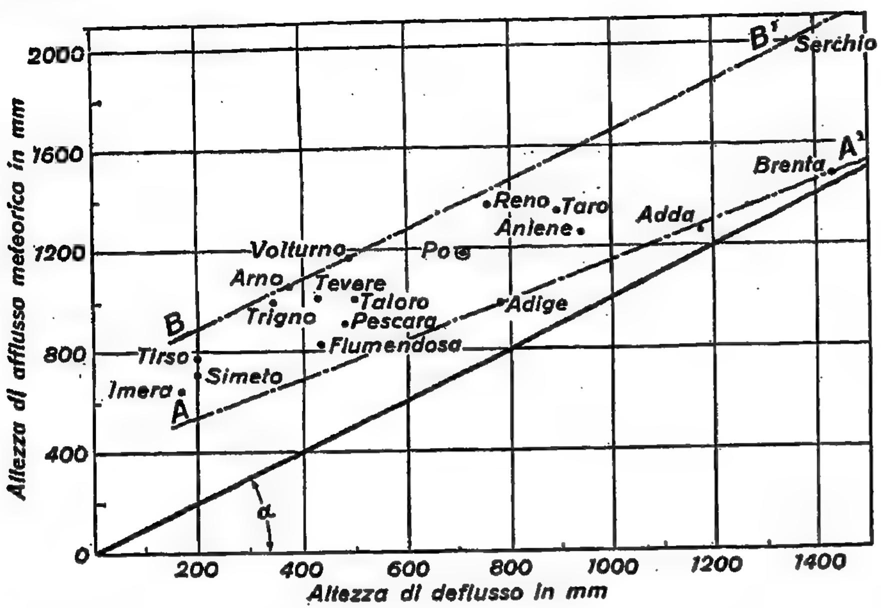


Fig. 17. - Afflussi meteorici e deflussi medi annui.

Si denomina, infatti *perdita apparente di un bacino idrografico durante un periodo determinato* (di un mese, di un anno), *la differenza fra l'afflusso meteorico e il corrispondente deflusso in quel periodo*. L'entità della perdita apparente così intesa, è il risultato di numerose circostanze, connesse da una parte al clima delle regioni e alle condizioni meteorologiche del periodo considerato, dall'altra ai caratteri morfologici (dimensioni e forma del bacino, pendenze del terreno, pendenza e dimensioni degli alvei) e geognostici del bacino, ed al maggiore o minore sviluppo della vegetazione che lo riveste.

Per intervalli di conveniente ampiezza (di parecchi anni), salvo situazioni non frequenti, la differenza in parola è dovuta essenzialmente alla evaporazione dal suolo e dagli specchi liquidi: per intervalli brevi, essa dipende, come è facile riconoscere e spiegheremo più avanti, in misura spesso preponderante dalle variazioni del volume immagazzinato sulla superficie del bacino in forma di neve e ghiaccio, o nel sottosuolo, nelle falde sotterranee.

Dal grafico appare evidente che i punti rappresentativi di tutte le situazioni italiane sono contenuti nella striscia del piano di rappresentazione che è limitata entro le due linee segnate a tratto e punto.

Le perdite più basse (fra i 20 ed i 200 *mm* annui) si verificano per i bacini alpini, per i quali esse sembrano diminuire rapidamente all'aumentare dell'entità delle piogge. Per i bacini appenninici e per quelli delle Isole, il campo di variabilità delle perdite appare più ampio e può ritenersi limitato tra 350 e 700 *mm*: dai dati non emerge alcuna netta distinzione fra bacini permeabili e bacini impermeabili, il che corrisponde alla funzione di semplice immagazzinamento che le formazioni permeabili assumono nel bilancio dei bacini. I valori più elevati si presentano nei bacini dell'Italia centrale, ove si raggiungono e superano quasi per tutti, i 550 *mm* annui.

La distribuzione nel corso dell'anno delle perdite apparenti dei vari bacini considerati (eccetto naturalmente lo Stella, per il quale non si può parlare di un bacino imbrifero) è posta in evidenza dal prospetto 5, che riporta appunto i valori medi mensili delle perdite sopradette (differenza tra l'afflusso meteorico, medio nel quadriennio, di un mese determinato ed il corrispondente valore medio del deflusso), espressi come percentuali delle corrispondenti medie generali per il quadriennio (differenza tra l'afflusso meteorico medio mensile ed il deflusso medio per l'intero periodo).

Nello stesso prospetto figurano la media mensile (media generale) e il totale annuo (medio nel quadriennio) della perdita apparente espressi in *mm*, cosicchè si riconosce facilmente quale cifra corrisponda a ciascuna delle percentuali suddette.

PROSPETTO 5.

BACINO	STAZIONE	Perdite apparenti		Perdite apparenti mensili, in °/₀ della media mensile											
		annue *mm*	media mensile *mm*	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Adige	Trento	202	16,8	9	178	94	278	− 38	− 62	− 98	157	124	284	250	13
Adda	Fuentes	82	6,8	−14,8	735	346	1100	259	−1450	−1200	− 240	331	890	442	− 28
Brenta	Sarson	42	3,5	− 109	620	30	371	−1258	− 400	842	0	708	1000	522	− 102
Po	Pontelagoscuro	484	40,0	−10,2	114	63,3	161	171	38,8	83,5	84,5	120	165	220	0
Taro	S. Quirico	457	38,0	66	7,4	0	71	61	193	111	107	178	221	95	0
Reno	Casalecchio	618	51,0	62	49	− 12	84	81	144	84	89	178	151	220	84
Serchio	Borgo a Mozzano	650	54.0	26	103	−19,5	91	−45,5	108	59	108	212	189	276	108
Arno	S. Giov. alla Vena	681	57,0	51,4	106	47,5	157	51,2	186	68,5	88	132	143	174	105
Tevere	Ripetta	583	48,5	29,3	16,3	78,5	149	23,1	79,4	48	35	101	107	249	18,3
Aniene	Lunghezza	324	27,0	−11,1	173	71,5	225	− 154	64,5	− 53	− 104	83,5	160	453	199
Pescara	Sambuceto	428	35,6	112	83	73	110	14,5	71	55	12,6	124	71,6	253	203
Trigno	Trivento	644	53,5	59,5	95	81,5	91,5	52,2	75	87,5	68	126	121	238	124
Volturno	Ponte Annibale	679	56,5	57	132	89	113	48,7	42,1	55,2	26	96,5	140	262	142
Tirso	Rif. Tirso	573	48,0	79,5	99	105	38,8	76,8	32,8	28,6	12,5	88	149	217	220
Taloro	Passarella Gavoi	506	42,0	84,5	35,6	25	117	70,5	0	20	0	170	182	310	203
Flumendosa	Monte Scrocca	385	32,0	29	88,6	22	111	56,5	35	35,3	84,3	145	210	295	162
Imera merid.	Imera	471	39,4	153	141	83,5	104	61,6	34,8	19,5	21,8	68,0	175	171	154
Simeto	Giarretta	510	42,5	125	93	101	98,5	69	41,3	28,2	24,2	102	182	183	146

È opportuno chiarire che a determinare la distribuzione delle perdite nei vari mesi dell'anno, contribuiscono parecchi elementi, fisici e idrologici, i quali possono presentarsi insieme o separatamente per i vari bacini.

Anzitutto dobbiamo ricordare la distribuzione delle precipitazioni nelle varie stagioni, essendo evidente che se le precipitazioni più alte sono concentrate nei mesi caldi, le perdite per evaporazione raggiungeranno, a parità di altre condizioni, entità maggiore.

Le precipitazioni nevose tendono a provocare un aumento nel valore delle perdite apparenti nei mesi in cui si verificano, mentre nei mesi in cui si sciolgono e scolano, sommandosi agli afflussi corrispondenti, vengono a ridurle notevolmente; i ghiacciai costituiscono una riserva permanente e il contributo che essi portano ai deflussi sta in relazione essenzialmente con la temperatura: i bacini glaciali, di conseguenza, denotano dei valori negativi o comunque minimi delle perdite apparenti nei mesi estivi.

Resta, infine, a considerare il fattore permeabilità, che giuoca parti assai diverse nei bacini appenninici a siccità estiva, e in quelli alpini. Nei primi, infatti, le masse permeabili assorbono una parte più o meno notevole delle abbondanti acque meteoriche dei mesi autunnali e invernali, e le rendono poi nella primavera e specialmente nella stagione estiva. Nel Mezzogiorno, e specie nelle Isole, si arriva all'esaurimento quasi completo della riserva sotterranea e quindi all'annullamento della portata scolante: nell'Italia centrale, se le masse permeabili hanno una certa estensione, le portate di magra mantengono ancora un valore assai elevato.

Nei bacini alpini le vicende dell'immagazzinamento sotterraneo risultano meno evidenti, sia perchè le precipitazioni non vanno soggette a oscillazioni così marcate e regolari come nel Mezzogiorno, sia perchè ad esse si sommano le variazioni dovute alla neve ed ai ghiacciai.

In ogni modo l'influenza dei vari fattori ora citati si può rilevare agevolmente, esaminando gli andamenti delle perdite per i bacini di cui stiamo trattando. Per la catena alpina e per le prealpi (fig. 18) lo scioglimento delle nevi determina i valori negativi delle perdite apparenti nel periodo estivo, mentre il massimo autunnale deve essere attribuito in parte all'assorbimento e all'evaporazione delle piogge, ma sopratutto al fatto che sulle zone elevate le precipitazioni cominciano ad avvenire in forma di neve. Da analoghe circostanze deriva il massimo all'inizio della primavera prima che cominci lo scioglimento delle nevi.

Per l'Italia peninsulare ed insulare facciamo riferimento ai grafici della fig. 19, i quali rappresentano altrettante situazioni geoidrologiche caratteristiche. Risalta anzitutto, nei vari diagrammi, la dipendenza della distribuzione delle piogge, in relazione alla quale le perdite effettive raggiungono i valori più elevati nei mesi in cui maggiori sono le precipitazioni meteoriche, ossia nel periodo autunno-invernale.

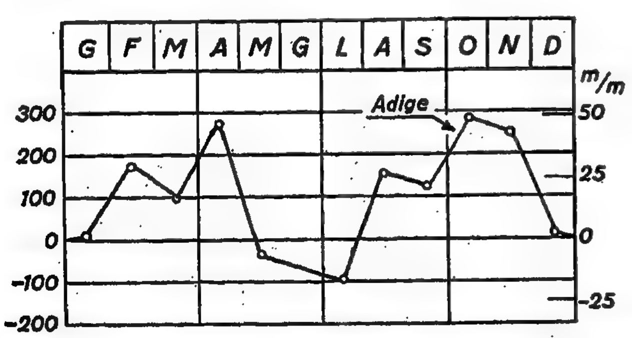


Fig. 18. - Perdite apparenti medie mensili, (rispett. espresse in % della media annua e in *mm*).

Ma per i bacini appenninici interviene, come elemento tipico di differenziazione, la permeabilità: ciò risulta con evidenza dal confronto fra due bacini di carattere opposto, come l'Arno, totalmente impermeabile, e l'Aniene (fig. 19) interamente permeabile: nel secondo, durante il periodo di esaurimento delle riserve sotterranee che va da maggio a settembre, le perdite apparenti medie scendono a valori negativi; in ottobre, con la ripresa delle piogge, le riserve sotterranee ricominciano a costituirsi e le perdite apparenti cambiano segno, e raggiungono valori molto elevati col massimo in novembre (453 % della media generale del periodo). Invece nell'Arno le perdite apparenti medie non sono mai negative e variano in relazione assai

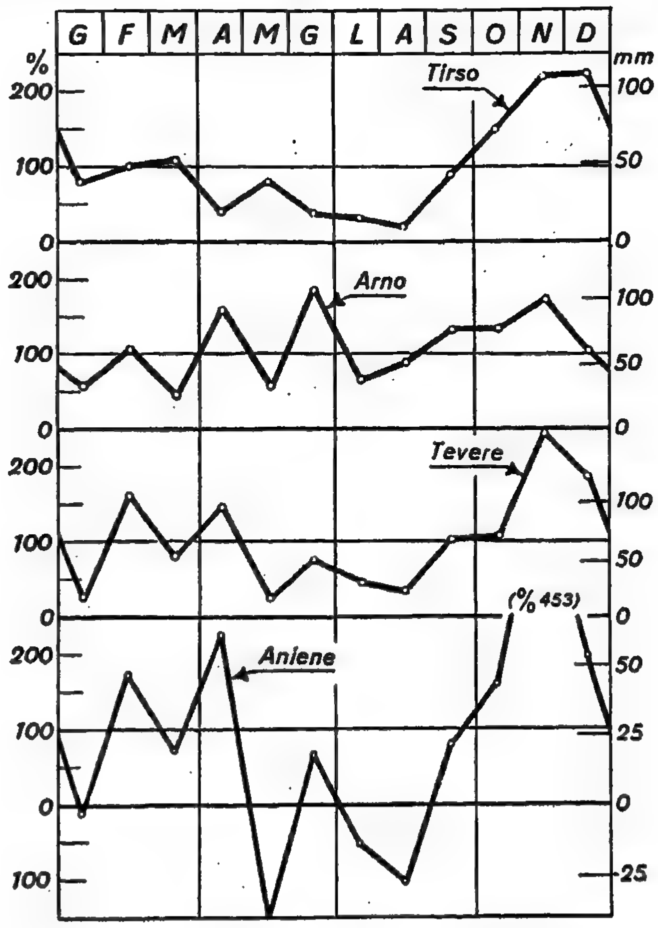


Fig. 19. - Perdite apparenti medie mensili.

stretta con gli afflussi meteorici, essendo massime però nell'autunno, quando il bacino, completamente asciutto, presenta il massimo potere assorbente. Però l'andamento generale delle perdite in questo bacino, come in quello analogo del Tirso, corrisponde assai prossimamente a quello dell'evaporazione dal suolo.

Il Tevere, invece, che nei riguardi della permeabilità rappresenta una situazione intermedia fra quelle dell'Arno e dell'Aniene, mostra anche nella figura un andamento intermedio.

Nell'insieme si è portati a concludere che:

1) nei mesi estivi le perdite apparenti, scarse nei bacini impermeabili per deficienza di contributi meteorici, si annullano o diventano negative in quelli permeabili;

2) nell'autunno le perdite aumentano, sia nei bacini impermeabili, sia in quelli permeabili: ma in questi ultimi esse raggiungono i valori più elevati;

3) nei mesi invernali le perdite apparenti seguono assai dappresso l'andamento delle piogge, non solo come distribuzione, ma anche come entità, benchè l'evaporazione non eserciti un'influenza preponderante, a causa delle temperature in genere basse; la permeabilità non ha più un peso decisivo, perchè i bacini permeabili sono prossimi alla saturazione;

4) il periodo primaverile, infine, risente in parte le caratteristiche dell'inverno, ed in parte quelle dell'estate; le prime prevalgono in genere fino ad aprile, le seconde si manifestano già abbastanza nettamente nel mese di maggio (specie nel Mezzogiorno e nelle Isole).

III. – Il regime dei corsi d'acqua italiani considerato nei riguardi della loro utilizzazione tecnica (per forza motrice e per irrigazione).

Il problema idrologico connesso alle utilizzazioni dei corsi d'acqua naturali, può essere separato in due parti: la prima riguarda lo sfruttamento diretto delle portate dei corsi d'acqua, quali naturalmente defluiscono negli alvei; la seconda, invece,

considera l'utilizzazione dei deflussi con serbatoi stagionali (laghi artificiali) i quali permettono di sostituire alla successione naturale delle portate un regime di erogazioni che soddisfi ad esigenze determinate.

a) *Utilizzazione delle portate a regime naturale.*

Giovano alla chiara visione di questo aspetto del problema, i diagrammi delle durate delle portate giornaliere e le curve caratteristiche, tracciati gli uni e le altre secondo concetti ormai ben noti (1).

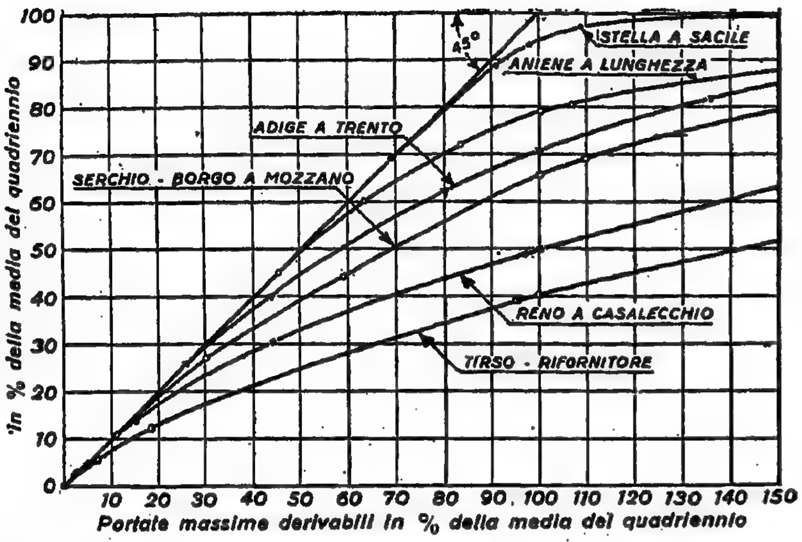


Fig. 20. - Caratteristiche di utilizzazione delle portate.

Queste ultime curve sono riportate, nella fig. 20, per alcuni dei corsi più rappresentativi dei vari raggruppamenti formati al paragrafo precedente: cioè per un corso alpino (Adige), per lo Stella (corso di risorgiva), per un bacino appenninico permeabile (Aniene), per uno in piccola parte permeabile (Serchio), per uno impermeabile (Reno) e infine per un bacino delle isole (Tirso).

Sulla figura stessa, è stata tracciata anche la retta a 45°, che può essere assimilata alla curva caratteristica di un corso d'acqua a portata costante, per il quale, cioè, la massima derivabile e la media utilizzabile si corrispondessero esattamente fra loro. Riferendo le curve caratteristiche tracciate alla retta a 45°, si può fare un apprezzamento esatto della maggiore o minore regolarità delle portate, e quindi della maggiore o minore utilizzazione del corso d'acqua a regime naturale: una curva che per un lungo tratto coincida con la retta suddetta e non se ne discosti poi che di poco, è indice di regolarità nei deflussi, mentre una curva che coincida solo per un breve tratto con la retta e prosegua poi distaccandosene sensibilmente, indica un regime poco favorevole allo sfruttamento: le distanze verticali tra i punti della curva caratteristica e quelli di pari ascisse della retta a 45°, individuano infatti le deficienze che le medie utilizzabili presentano rispetto ai corrispondenti valori delle massime derivabili.

Il prospetto 6 riepiloga, per i bacini predetti, i valori delle portate che il Servizio idrografico italiano ha prescelto come caratteristici, e cioè: la minima, e le tre coppie di valori, massima derivabile e media utilizzabile, corrispondenti rispettivamente alle durate di tre, sei e nove mesi su dodici (espresse tutte come percentuale della media).

Il valore della portata minima, che ammonta al 69 % della media per lo Stella a Sacile, si mantiene ancora abbastanza alto per l'Aniene (45,2 %) e per l'Adige (26 %), ma scende in notevole misura quando si passa al Serchio (11 %) ed al Reno (4,8 %) per annullarsi addirittura per il Tirso.

Come appare dal prospetto e dal grafico, tale graduatoria si mantiene per altri valori caratteristici delle portate: commisurate infatti le dimensioni degli impianti alle portate con durata rispettivamente di 1/4 e 1/2 e 3/4 del periodo (T), vediamo come i valori delle corrispondenti medie utilizzabili raggiungano sempre (rispetto alle medie generali) le percentuali più alte per lo Stella e le più basse per il Tirso, toccando successivamente l'Aniene, l'Adige, il Serchio ed il Reno.

Nell'insieme le caratteristiche più favorevoli alla utilizzazione diretta, senza opere di regolazione, sono offerte dai corsi d'acqua di risorgive, per i quali la curva caratteristica si stacca appena dalla retta a 45° e la curva di durata segue da vicino l'orizzontale corrispondente alla portata media; seguono i corsi alimentati da bacini prevalentemente permeabili della catena appenninica, e quelli della catena alpina: i primi, perchè usufruiscono dell'azione moderatrice notevolissima dovuta alle riserve sotterranee, i secondi per il più favorevole regime pluviometrico, e per l'azione, del pari regolatrice, nei suoi effetti medi e fino a che si fa riferimento ad aree sufficientemente estese, della accumulazione e fusione delle nevi e dei ghiacciai.

Tutte le utilizzazioni ora elencate arrivano a sfruttare una frazione notevole della portata disponibile, senza portare a valori esagerati la capacità delle opere di derivazione. Già

PROSPETTO 6.

CORSO D'ACQUA E STAZIONE	PORTATE															
	massima derivabile con durata T		media utilizzabile		massima derivabile con durata 3/4 T		media utilizzabile		massima derivabile con durata T/2		media utilizzabile		massima derivabile con durata T/4		media utilizzabile	
	m^3/sec	°/o medio	m^3/sec	°/o medio	m^3/sec	°/o medio	m^3/sec	°/o medio	m^3/sec	°/o medio	m^3/sec	°/o medio	m^3/sec	°/o medio	m^3/sec	°/o medio
ADIGE a Trento	63.0	26.0	**63.0**	**26.0**	104.0	43.0	**97.2**	**40.2**	193.0	80.0	**150.4**	**62.2**	328.0	136.0	**199.7**	**82.2**
STELLA a Sacile	26.7	69.0	**26.7**	**69.0**	35.4	91.0	**34.5**	**88.7**	38.4	98.5	**36.2**	**93.0**	42.4	109.0	**37.7**	**97.0**
RENO a Casalecchio	1.2	4.8	**1.2**	**4.8**	3.8	15.0	**3.5**	**14.0**	11.0	44.0	**7.6**	**30.5**	24.3	97.0	**12.3**	**49.0**
SERCHIO a Borgo a Mozzano	5.2	11.0	**52.0**	**11.0**	14.2	29.9	**12.9**	**27.2**	27.5	58.0	**21.0**	**44.3**	52.0	109.7	**32.7**	**69.0**
ANIENE a Lunghezza	15.0	45.2	**15.0**	**45.2**	21.0	63.2	**20.0**	**60.2**	27.5	82.8	**24.0**	**72.3**	35.4	106.6	**26.8**	**80.7**
TIRSO Rifornitore	0.0	0.0	**0.0**	**0.0**	0.25	6.7	**0.20**	**5.6**	0.65	18.4	**0.45**	**12.1**	3.54	95.2	**1.45**	**39.0**

(1) Vedi in proposito: *L'Energia Elettrica,* fasc. XI, 1928 (Note e Riassunti, pag. 1357).

se queste sono commisurate alla portata media, viene ad essere utilizzato almeno il 60 % del deflusso disponibile.

Invece le caratteristiche dei corsi appenninici impermeabili e delle isole, appaiono nettamente sfavorevoli a qualunque utilizzazione che non disponga di capacità di regolazione, le quali compensino la limitatissima attitudine all'immagazzinamento dei bacini che li alimentano. In questi bacini, infatti, se le opere di derivazione sono commisurate alla portata media, non si arriva a utilizzare, in generale, più della terza parte della portata disponibile, e se l'utilizzazione avviene per produrre forza motrice, occorre provvedere da altre fonti una quantità di energia sensibilmente pari, o superiore a quella fornita dall'impianto.

b) Utilizzazione delle portate, con impianti forniti di serbatoio stagionale (1).

Premettiamo che s'intende considerare solo il caso di serbatoi di grande capacità rispetto al volume defluente in media in un anno, in modo che la successione delle erogazioni possa differenziarsi in misura marcata da quella delle portate naturali del corso utilizzato. Designamo poi con l'epiteto di « stagionali » i serbatoi di queste dimensioni, perchè il loro effetto arriva a

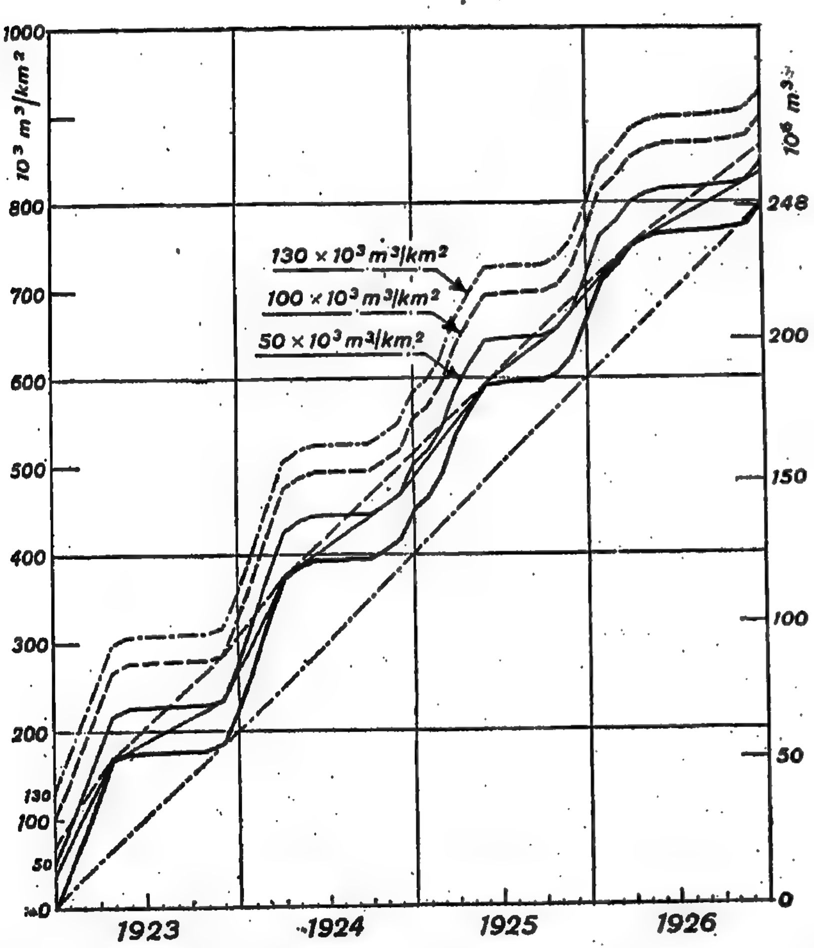


Fig. 21. - Regolazione del Simeto a Giarretta. - Diagrammi dei deflussi e delle erogazioni più convenienti con serbatoi delle capacità di 130, 100, 50×10³ *mc/kmq*.

farsi sentire, non soltanto sui valori mensili ma anche su quelli stagionali delle portate erogate dal serbatoio. Supporremo che il serbatoio sia *unico*, ed eserciti la propria azione sopra una o più utilizzazioni situate a valle.

Ci riferiremo inoltre, in modo particolare, alla situazione che si presenta per le utilizzazioni a scopo industriale, per le quali, come successione più conveniente delle portate erogate dal serbatoio, si assume quella che presenta i minimi scostamenti dall'erogazione costante, che sarebbe realizzata da un serbatoio di capacità sufficiente per la regolazione totale.

La detta successione più conveniente può essere facilmente determinata con un metodo grafico (metodo Conti) (1) che è applicato su vasta scala dal Servizio idrografico italiano.

Qui ci limitiamo a riportare un esempio di calcolo effettuato col metodo predetto, nei grafici delle figg. 21, 22, 23 e 24, relativi

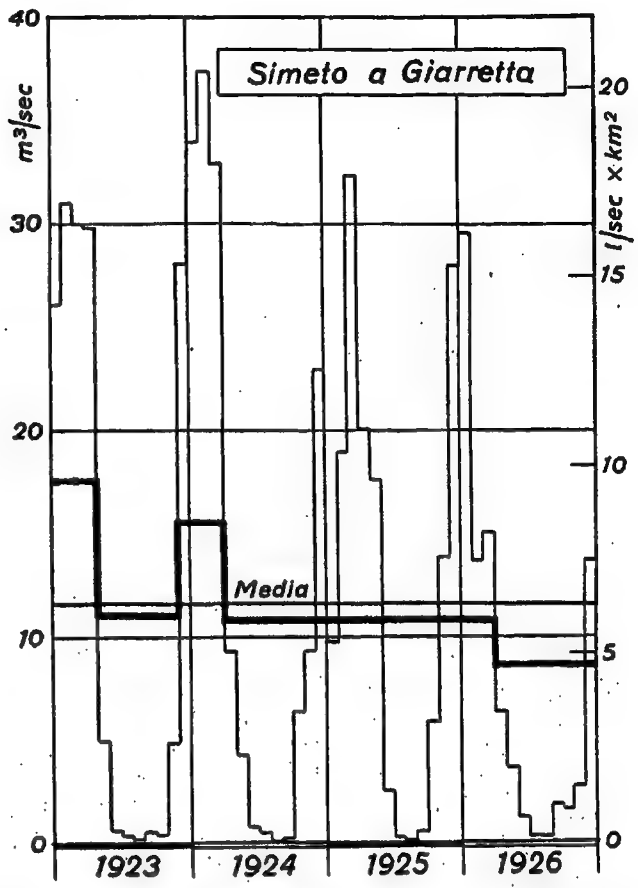


Fig. 22. - Portate medie mensili ed erogazioni (nella successione naturale) con serbatoio della capacità di 100×10³ *mc/kmq*.

al Simeto; le stesse valutazioni sono state eseguite per tutti gli altri corsi d'acqua considerati nei paragrafi precedenti, ad eccezione dello Stella per il quale, come per la grandissima parte

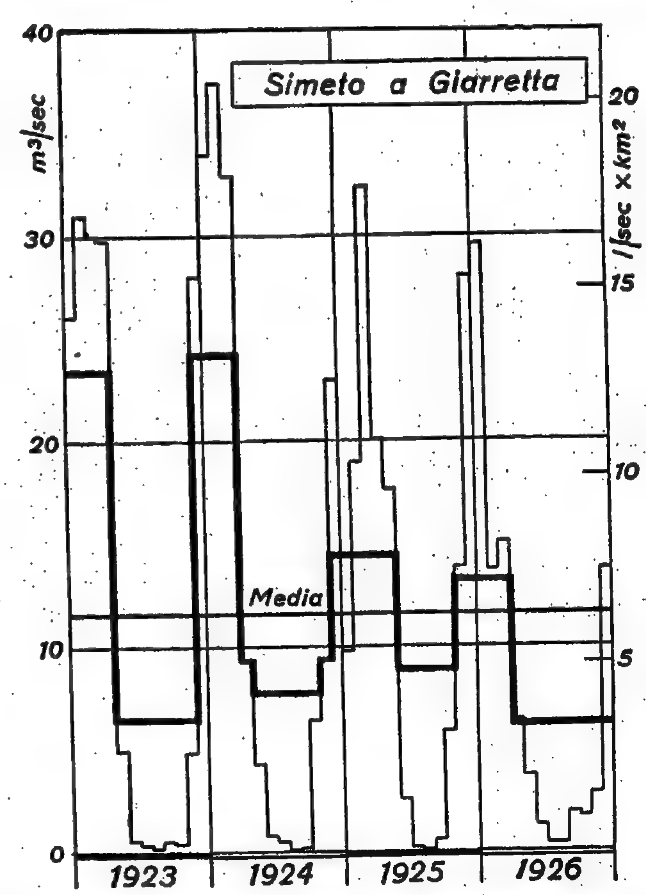


Fig. 23. - Portate medie mensili ed erogazioni (nella successione naturale) con serbatoio della capacità di 50×10³ *mc/kmq*.

dei corsi di risorgiva affioranti a bassa quota, non è praticamente possibile o conveniente la formazione di laghi artificiali. La fig. 21 contiene i diagrammi dei deflussi naturali e delle

(1) Cfr. De Marchi: *Aspetti del problema dei laghi artificiali in Italia* - Giornale del Genio Civile, 1923.

(1) V. in proposito: *L'Energia Elettrica*, fasc. XI, 1928 e fascicolo IV, 1930.

erogazioni più convenienti per diversi valori delle capacità del serbatoio (rispettivamente 130, 100, 50 × 10³ *mc/kmq*); le figure 22, 23 e 24 stabiliscono dei confronti assai espressivi: le prime due, tra le portate medie mensili a regime naturale e quelle realizzabili col più conveniente sistema di erogazione consentito da ognuna delle capacità predette; la terza tra le durate delle portate naturali giornaliere e le durate delle erogazioni dal serbatoio per ognuna delle medesime capacità.

A fine di rendere paragonabili i risultati, sono stati considerati, per le varie grandezze, anche i valori unitari (cioè per unità di superficie imbrifera): i volumi (deflussi e capacità dei serbatoi) si trovano quindi espressi in migliaia di *mc/kmq* oltrechè in milioni di *mc*, e le portate in *l*/sec × *kmq* oltrechè in *mc/sec*. I valori delle capacità sopraindicati sono tali da rappresentare tutte le eventualità che si possono incontrare per bacini della estensione di quelli considerati.

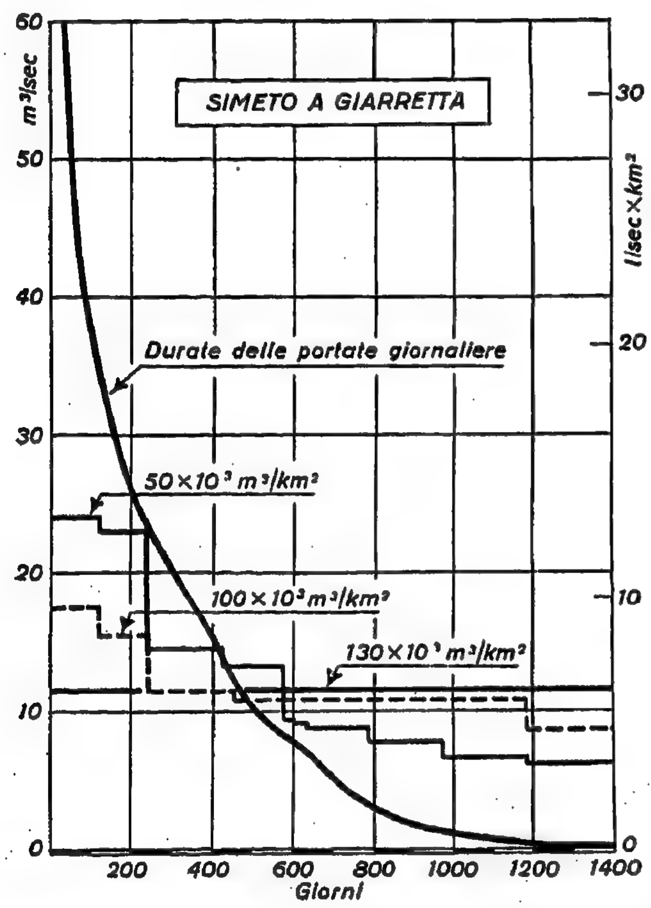


Fig. 24. - Regolazione del Simeto a Giarretta: Durate delle portate giornaliere e delle erogazioni dei serbatoi.

Le determinazioni eseguite erano evidentemente dirette a porre in rilievo, come ed in quale misura le varie capacità modificassero ognuno dei regimi idrologici considerati ai paragrafi precedenti, fino a stabilire, a mezzo di pochi dati numerici, l'efficacia delle capacità stesse, agli effetti della migliore regolazione delle erogazioni rispetto alla successione delle portate naturali.

I calcoli e i confronti hanno — forse non è superfluo dirlo — un significato puramente idrologico: essi, cioè, danno rilievo alla importanza del fattore « capacità d'invaso » sul regime delle erogazioni già considerate, prescindendo assolutamente dalla possibilità di creare nei singoli bacini le capacità assunte: tale possibilità sussiste solo per taluni dei bacini trattati, manca invece per la gran parte dei rimanenti, almeno in prossimità delle sezioni per le quali è conosciuta la serie delle portate, alla quale le determinazioni sono riferite: ma i diversi modi nei quali una capacità determinata influisce sui vari regimi idrologici, sono una caratteristica di questi regimi, al pari di quelle esposte ai paragrafi che precedono.

Sotto questo riguardo, un elemento di confronto abbastanza espressivo è costituito dalle caratteristiche di utilizzazione, le quali possono essere tracciate per le erogazioni corrispondenti a diversi valori della capacità e, col loro distacco dalla curva caratteristica delle portate naturali, danno una idea molto

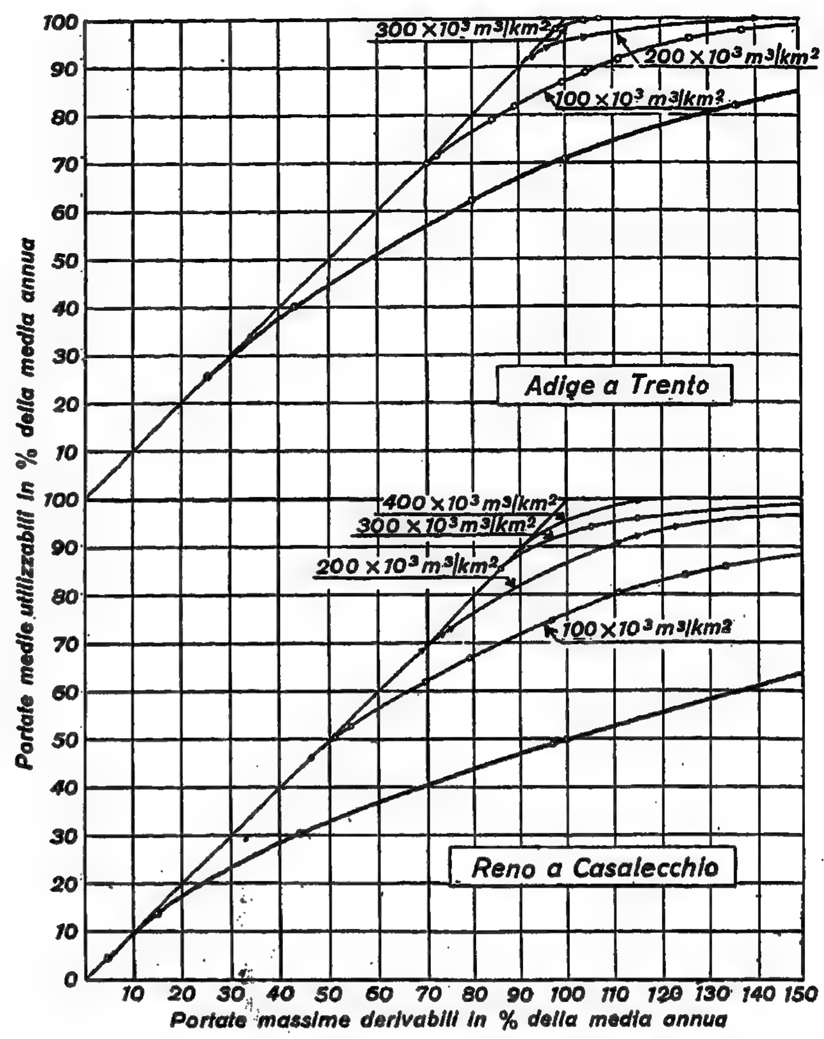


Fig. 25. - Caratteristiche di utilizzazione a regime naturale (curva inferiore) e con serbatoi di data capacità.

evidente degli effetti delle capacità stesse. Un altro elemento, è la parte del deflusso che, fissata una portata massima di utilizzazione (che di solito noi uguaglieremo alla media disponibile)

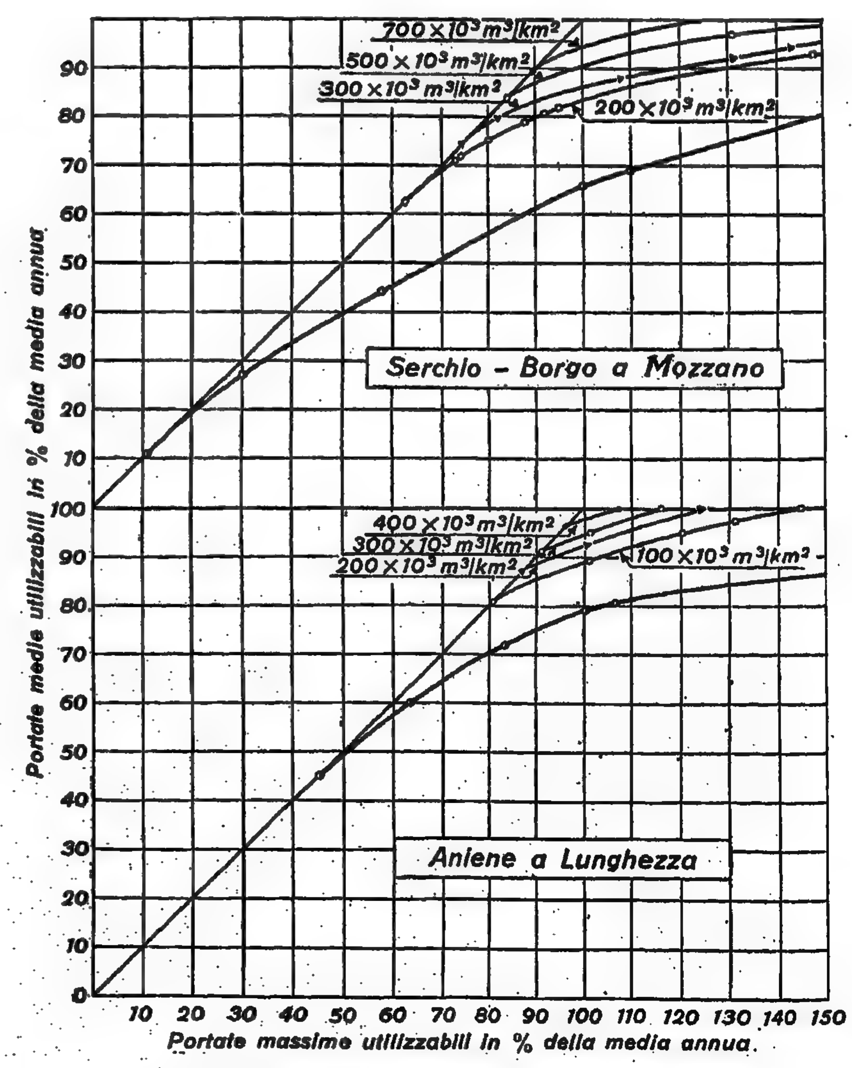


Fig. 26. - Caratteristiche di utilizzazione a regime naturale (curva inferiore) e con serbatoi di data capacità.

il serbatoio consente di utilizzare *in più* rispetto al deflusso utilizzato, a parità di portata massima, senza serbatoio (*volume ricuperato*).

Le figg. da 25 a 27 riportano appunto le curve caratteristiche di utilizzazione delle erogazioni più convenienti, per gli stessi corsi d'acqua della fig. 20: nei grafici sono state tracciate anche

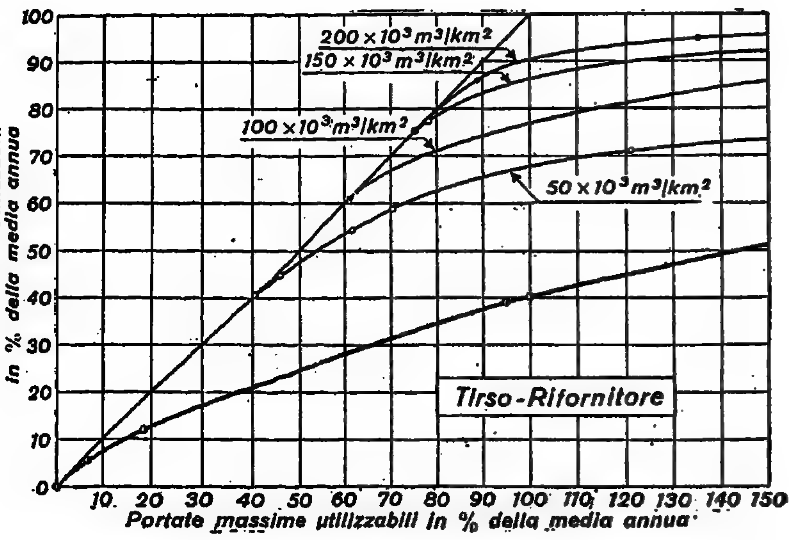


Fig. 27. - Caratteristiche di utilizzazione a regime naturale (curva inferiore) e con serbatoi di data capacità.

le curve caratteristiche per le portate naturali e i numeri che accompagnano le freccie corrispondono ai valori delle capacità del serbatoio.

Si vede dai grafici, che una capacità di 100 mila *mc/kmq* mentre per l'Aniene aumenterebbe il valore della portata minima (a regime naturale) di una quantità pari al 36 % della media disponibile, per il Serchio, Reno e Tirso porterebbe ad aumenti pari rispettivamente al 38 %, 42 %, 61 %, delle corrispondenti medie.

Per l'Adige invece, l'aumento predetto risulta del 45 %.

Assumendo invece capacità doppia (200 mila *mc/kmq*) la portata minima subirebbe un aumento (espresso sempre in % delle medie rispettive) pari al: 43 %, 53 %, 54 % e 75 %, per i primi quattro ed al 65 % per l'Adige.

La graduatoria si manterrebbe inalterata, se volessimo riferirci alle portate utilizzabili, corrispondenti a quelle (con durate di 1/4, 1/2, 3/4 del periodo) assunte come massime derivabili. Se ne desume, quindi, che l'effetto del serbatoio è più marcato per i bacini impermeabili dell'Appennino e delle isole: invece l'Adige, benchè presenti delle condizioni di utilizzazione favorevoli pure senza serbatoio, ritrarrebbe anche dei benefici assai forti dalla presenza di quest'ultimo.

Dai grafici stessi si vede che, un serbatoio di 100 mila *mc/kmq* (commisurate le dimensioni degli impianti alle rispettive medie disponibili) con regimi come quelli dell'Aniene e dell'Adige renderebbe possibile di utilizzare rispettivamente l'89 % e l'87 % delle medie stesse; nelle identiche condizioni per bacini come il Serchio, il Reno e il Tirso si utilizzerebbe il 76 % circa.

Passando a capacità d'invaso maggiori, le analogie precedenti risultano meno accentuate: con 200 x 10³ *mc/kmq* per il Tirso si avrebbe, come valore della media utilizzabile, il 90 % di quella disponibile: tale valore sarebbe prossimo a quelli ritrovati per l'Aniene (92,5 % e per l'Adige (95 %); mentre il Serchio e il Reno vedrebbero utilizzati l'84% e l'86 % delle rispettive medie.

Dal complesso delle risultanze elencate, possiamo anche rilevare che le differenze tra portate massime derivabili e medie utilizzabili diminuiscono assai rapidamente coll'aumentare delle capacità d'invaso, ma raggiunto un certo limite, che in generale è suscettibile di una individuazione abbastanza precisa, la diminuzione predetta diviene assai più lenta: è chiaro pertanto, che salvo particolari esigenze, non dovrebbe convenire di assegnare ai serbatoi capacità superiori al limite accennato.

***

Passiamo ora ad esaminare i valori del volume che il serbatoio consente di ricuperare (durante il ciclo idrologico). È ovvio anzitutto che se si riporta in uno stesso grafico, la curva delle durate delle portate giornaliere (naturali) e la spezzata delle erogazioni (più convenienti) del serbatoio di data capacità (fig. 28), fissato il valore oo_1, per la portata massima derivabile (la media disponibile oo_1 ad es., nel caso della figura), il serbatoio consente di ricuperare (cioè di utilizzare in più) al massimo (e purchè oo_1 non sia superiore alla media) il volume rappresentato dall'area A M N P C A, mentre deve essere sfiorato il volume indicato dall'area superiore O_1 M E F e resta la deficienza rappresentata dall'area M B P N.

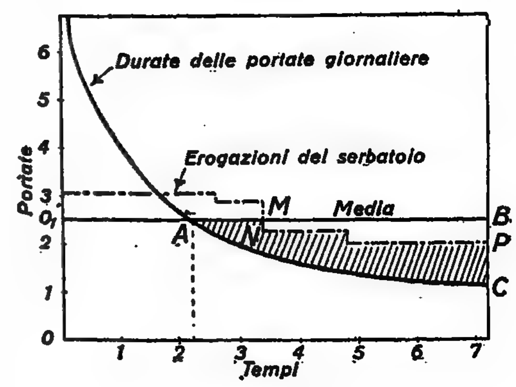


Fig. 28.

Fissato il valore della massima portata derivabile, il volume ricuperato è evidentemente una funzione crescente della capacità del serbatoio, che da zero (per capacità nulla) sale al valore massimo rappresentato dall'area del triangolo mistilineo A B C A (regolazione totale): questa dipendenza dalla capacità trova una rappresentazione particolarmente espressiva nei grafici del tipo della fig. 29 in cui come ascisse sono riportate le capacità del serbatoio (in 10³ *mc/kmq*) e come ordinate i deflussi in corrispondenza ricuperati (pure in 10³ *mc/kmq*), assumendo come portata massima derivabile, la media disponibile del periodo; per le ascisse e per le ordinate risultano inoltre le medesime scale. Nel piano cartesiano è tracciata anche la retta a 45°, la quale sta a rappresentare quella situazione teorica nella quale il serbatoio fosse in grado di ricuperare un deflusso pari alla sua capacità, qualunque essa sia. Il rapporto tra il deflusso

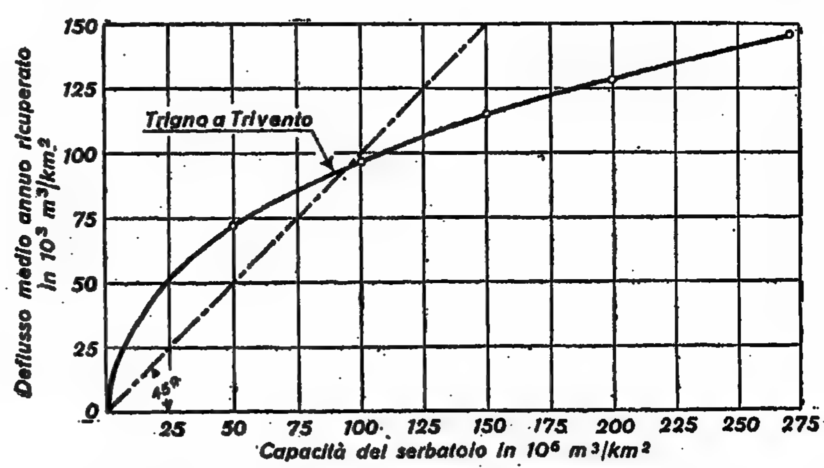


Fig. 29. - Deflussi medi annui ricuperati in funzione delle capacità assegnate al serbatoio.

ricuperato e la capacità impiegata, può essere assunto a definire nei riguardi idrologici l'*utilità* o *rendimento* del serbatoio (1): basta allora confrontare l'inclinazione costante della retta, con quella delle corde della curva uscenti dall'origine, per determinare gli intervalli in cui più utile o *redditizio* si presenta un aumento di capacità, in relazione al deflusso con esso ricuperato.

Per rendere più facili ed evidenti i confronti si è fatto riferimento, come si è detto, ad utilizzazioni dimensionate nelle loro varie parti per funzionare a pieno carico con la portata media disponibile del periodo. Calcolati (vedi prospetto 7) i volumi medi annui che si ricuperavano con diverse capacità dei serba-

(1) Cfr. TESTA: *Sull'effetto di regolazione dei serbatoi a scopo industriale nei bacini alpini.* « L'Energia Elettrica », Aprile 1930.

PROSPETTO 7.

VOLUMI RICUPERABILI, IN FUNZIONE DELLE CAPACITÀ DEI SERBATOI.

CORSO D'ACQUA e STAZIONE	REGOLAZIONE TOTALE		REGOLAZIONI PARZIALI								
	Capacità del serbatoio in 10^3 mc/kmq	Volume medio annuo ricuperato in 10^3 mc/kmq	Capacità d'invaso del serbatoio in 10^3 mc/kmq								
			700	600	500	400	300	200	150	100	50
			Volumi medi annui ricuperabili in 10^3 mc/kmq								
CATENA ALPINA											
Adige - Trento	350	219	—	—	—	—	210	188	160	119	82
Adda - Fuentes	665	388	—	375	354	315	300	235	194	147	100
Brenta - Sarson	675	398	—	379	355	337	311	257	221	189	143
Po - PONTELAGOSCURO	244	142	—	—	—	—	—	121	112	107	77
APPENNINO SETTENT.											
Taro - S. Quirico	901	466	416	391	363	310	267	253	240	221	173
Reno - Casalecchio	590	363	—	—	350	327	316	292	250	194	128
Serchio - Borgo Mozzano	1052	553	455	435	402	386	357	322	287	246	169
Arno - S. Gio. alla Vena	306	189	—	—	—	—	189	160	148	114	66
APPENNINO CENTR.											
Tevere - Ripetta	164	100	—	—	—	—	—	—	94	86	72
Aniene - Lunghezza	506	186	—	—	186	164	134	113	104	83	61
Pescara - Sambuceto	66	145	—	—	—	—	—	—	—	—	125
Trigno - Trivento	271	147	—	—	—	—	—	127	115	97	70
Volturno - Ponte Annibale	328	167	—	—	—	—	161	131	119	105	80
SARDEGNA											
Tirso - Rifor. Tirso	313	119	—	—	—	—	115	94	84	63	54
Taloro - Passerella Gavoi	477	249	—	—	—	242	220	175	175	174	145
Flumendosa - M. Scrocca	440	236	—	—	—	234	225	156	136	116	79
SICILIA											
Imera merid. - Imera	173	92	—	—	—	—	—	—	90	84	77
Simeto - Giarretta	130	100	—	—	—	—	—	—	—	85	56

toi (deflusso ricuperato nel quadriennio diviso per quattro) si è constatato che, senza eccezione, fino a che si considerano capacità limitate fino a circa 100×10^3 *mc/kmq*) i ricuperi aumentano rapidamente al crescere della capacità, presentando quindi la curva un primo ramo fortemente inclinato rispetto all'asse delle ascisse (1). Le curve presentano poi una specie di gomito più o meno marcato, al quale si raccorda un secondo ramo, assai meno inclinato (rispetto all'asse dell'ascisse, con tangente estrema orizzontale nel punto di ascissa pari alla capacità necessaria per la regolazione totale). Il gomito suddetto definisce appunto il valore delle capacità che non converrebbe superare, se si vuole realizzare un buon rendimento (nel senso specificato sopra) del serbatoio.

Fissato un certo valore per la capacità unitaria (per *kmq* di bacino) del serbatoio, il prospetto rivela che i valori più elevati dei deflussi unitari (per *kmq*) ricuperati competono ai bacini alpini (Brenta e Adda) ed a quelli dell'Appennino settentrionale (Taro, Reno, Serchio), per i quali si verificano anche i valori più elevati dei deflussi unitari: ricuperi più scarsi corrispondono, nell'ordine, per i bacini meridionali, per quelli sardi e per quelli della Sicilia.

***

Ma le considerazioni ora svolte mettono in luce soltanto l'aspetto generale, essenzialmente qualitativo, della funzione svolta dalle capacità d'invaso. Se di questa funzione si vuol dare una definizione più concreta che si presti anche a precisi confronti fra i diversi regimi idrologici che abbiamo visto verificati nell'ambito della regione italiana, occorre riportare, almeno entro opportuni limiti, le valutazioni ad una base comune: in modo da sceverare l'azione del serbatoio dalle influenze di altri fattori che sotto questo riguardo sono da trattare come accessori.

Con tale intendimento si è riconosciuto anzitutto necessario di fare riferimento a superfici imbrifere equivalenti: partendo dalla considerazione di bacini idrografici, almeno in parte, ideali, nei quali le portate unitarie (per chilometro quadrato di superficie scolante) avessero i valori stabiliti per i 17 bacini esaminati ai paragrafi precedenti.

Non è parso opportuno ridurre le determinazioni ad un'area unica, perchè i vari regimi individuati sono inseparabili dalle estensioni dei bacini rispettivi: non sarebbe infatti pensabile in Italia un bacino come quello del Po, il quale avesse regime puramente glaciale. Perciò i bacini stessi sono stati sintetizati in quattro gruppi, caratterizzati ognuno da un particolare valore comune delle superfici scolanti: e per agevolare i confronti, i valori relativi ai vari bacini di ogni gruppo sono stati ridotti alla superficie di base assunta per ciascun gruppo: cioè nel rapporto fra l'area di questa, e l'area effettiva del bacino.

Le quattro superfici assunte sono:

a) 500 *kmq*: al gruppo furono assegnati i regimi del Trigno, Tirso, Taloro, Imera;

b) 1000 *kmq*: Brenta, Taro, Reno, Serchio, Aniene, Flumendosa, Simeto;

c) 3000 *kmq*: Adda, Pescara, Volturno;

d) 10000 *kmq*: Adige, Arno, Tevere.

Si è quindi considerato come la successione delle portate fornita da ognuno dei regimi, per il bacino ridotto rispettivo, reale o ideale, venisse modificata da diverse capacità di invaso di volumi prestabiliti, assunti una volta per tutte. Per mantenersi nel campo delle possibili applicazioni, l'entità di questo volume venne fissata, da 25 a 150 milioni di *mc* (cioè da $50 \div 300$ mila *mc* per *kmq* per i bacini più piccoli, a $2{,}5 \div 1{,}5$ mila *mc* per *kmq* per quelli più estesi).

I calcoli vennero ripetuti specificamente per le capacità di 25, 50, 75, 100 e 150 milioni di *mc*; e se ne dedusse la successione delle erogazioni *più convenienti*, alle quali ognuna delle capacità predette darebbe luogo per ognuno dei regimi idrologici individuati. I risultati ottenuti sono graficamente sintetizzati nelle figure da 30 a 32.

(1) Questo ramo si raccorda, a sua volta, col tratto iniziale della curva che è assimilabile ad un arco di parabola tangente all'asse verticale, e con fortissima inclinazione rispetto all'orizzontale: il deflusso ricuperato, nullo per capacità nulla, aumenta infatti con grande rapidità o *con continuità* all'aumento delle capacità minime, secondo una legge praticamente parabolica.

Non si è considerato il Po, perchè non ne è possibile una regolazione mediante serbatoi, e il regime di questo corso d'acqua, come risultante di situazioni molto diverse, forma un caso a sè.

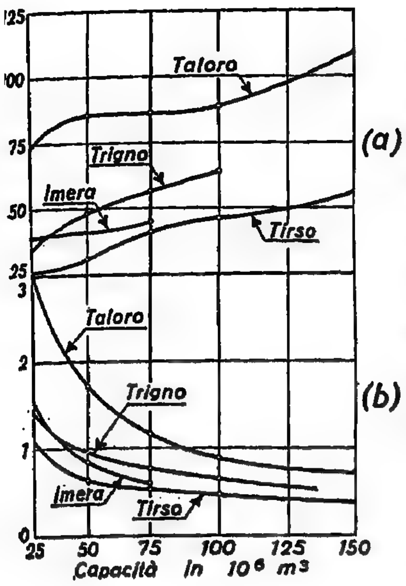


Fig. 30. - Bacini imbriferi dell'estensione di 500 *kmq*. Deflussi medi annui ricuperati e rendimenti dei serbatoi di varia capacità.

Le figure contengono due serie di diagrammi: nella parte superiore della fig. 30 e nella parte a sinistra delle figg. 31 e 32 sono tracciate le curve che esprimono per ogni capacità di invaso, da 25 a 150 milioni di *mc*, il volume corrispondentemente *ricuperabile*, cioè il volume che il serbatoio consente di utilizzare in più, rispetto ad una utilizzazione diretta delle portate naturalmente disponibili, e, nelle ipotesi consuete:

a) che le opere di derivazione siano commisurate alle portate medie;

b) che la successione delle portate erogate dal serbatoio sia la più conveniente.

Le curve dei deflussi ricuperati sono tutte crescenti. La parte inferiore della fig. 30 e la parte destra delle altre due contengono, invece, sempre in funzione delle capacità di invaso, i valori che già denominammo « *rendimento* » dei serbatoi, cioè i rapporti tra i deflussi ricuperati, nelle condizioni e con le capacità sopraspecificate, e i volumi delle capacità stesse.

Le curve dei rendimenti sono tutte decrescenti. Le figure assai espressive, richiedono poche parole di commento.

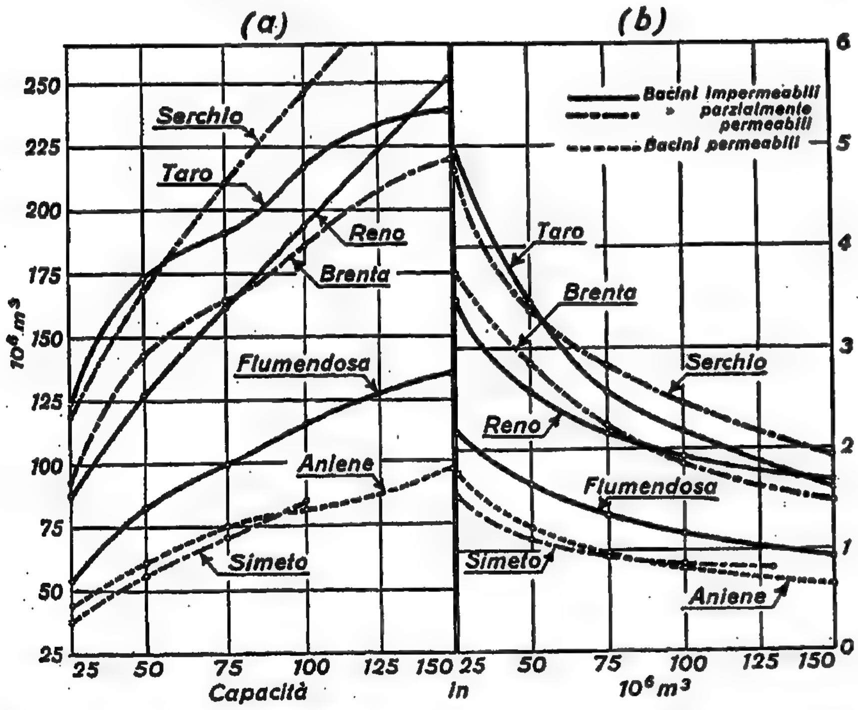


Fig. 31. - Bacini dell'estensione di 1000 *kmq*. Deflussi medi annui ricuperabili e rendimenti dei serbatoi di varia capacità.

La fig. 30 riguarda i regimi del 1° gruppo i quali si riferiscono tutti a bacini impermeabili: tre (Taloro, Imera, Tirso) ricadenti nelle Isole, il Trigno situato nell'Appennino meridionale. Nell'intervallo delle capacità considerate, i rendimenti (ed i ricuperi effettivi) più elevati competerebbero al regime del Taloro col quale un serbatoio di 25 milioni di *mc* consentirebbe di ricuperare (cioè utilizzare in più) annualmente circa 75 milioni di *mc*, ed un serbatoio di 150×10^6 *mc* ne ricupererebbe 109 milioni: seguono nell'ordine, il Trigno, l'Imera ed il Tirso. È opportuno notare che la graduatoria dei rendimenti coincide pressochè con quella dei deflussi disponibili (con i regimi predetti, e per 500 *kmq* di superficie scolante) i quali raggiungono: 298×10^6 *mc* per il Taloro, 176×10^6 *mc* per il Trigno, 93 milioni di *mc* per l'Imera, e 100 milioni di *mc* per il Tirso.

I rapporti tra il volume annualmente ricuperato e il corrispondente deflusso disponibile possono essere assunti con fondamento a misura della maggiore o minore opportunità di creare determinati serbatoi; infatti, quando il rapporto è basso, la esistenza della capacità non muta sensibilmente le condizioni

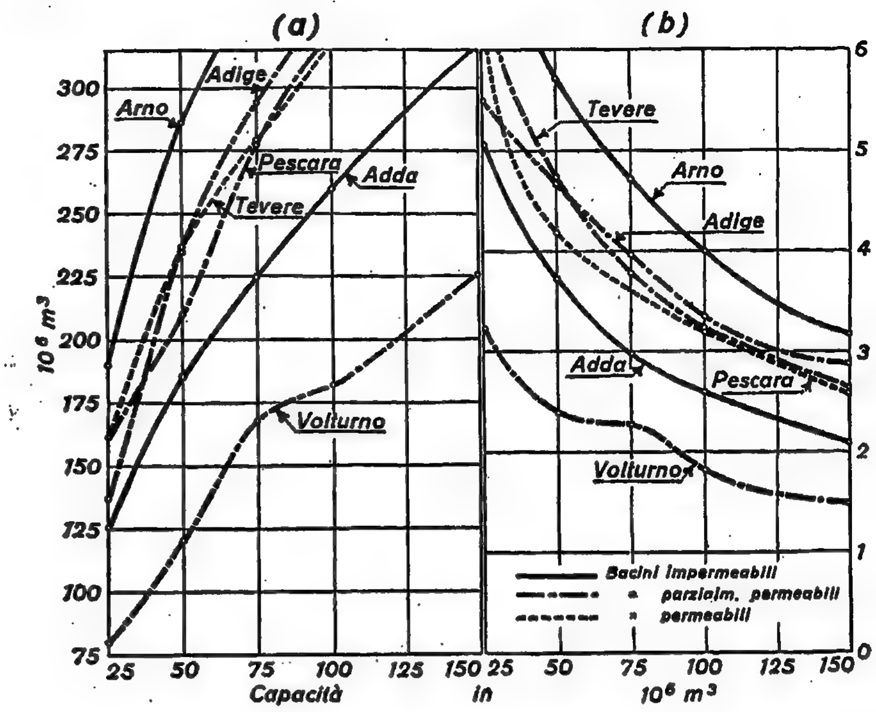


Fig. 32. - Bacini di 3000 e di 10000 *kmq*. Deflussi medi annui ricuperati e rendimenti dei serbatoi di varia capacità.

preesistenti. Ora i rapporti in parola risultano più alti, a parità di condizioni, per l'Imera ed il Tirso; nè ciò contrasta col fatto che per i bacini stessi i serbatoi offrono un rendimento più basso che per gli altri due, ma significa soltanto che i valori delle capacità considerate sono molto elevati in relazione ai deflussi disponibili.

La fig. 31 si riferisce ai bacini del secondo gruppo: si nota anzitutto il distacco fra i regimi dell'Aniene, Simeto e Flumendosa e quelli rimanenti (Taro, Reno, Brenta e Serchio): dei serbatoi che regolassero i regimi del Simeto e dell'Aniene avrebbero infatti rendimenti assai scarsi, anche per capacità di 25×10^6 *mc* con le quali si arriverebbe a ricuperare in un anno, soltanto un volume pari al 175 % della capacità stessa per l'Aniene e circa al 150 % per il Simeto. Giova però osservare che, mentre per il primo lo scarso rendimento offerto dal serbatoio dipende veramente dalla regolarità dei deflussi naturali, per il secondo la ragione del risultato deve essere piuttosto ricercata nei bassi valori delle portate, dato che la loro distribuzione — come si mise in evidenza a suo tempo — presenta la irregolarità caratteristica, già rimarcata per gli altri corsi d'acqua delle isole.

Il grafico non rileverebbe invece un sensibile distacco fra regimi di bacini impermeabili, come il Taro e il Reno, e regimi di bacini in parte permeabili, come il Brenta e il Serchio, mentre rende evidente la dipendenza dalle entità del deflusso.

I rendimenti aumentano, infatti, dal Flumendosa al Reno ed al Taro (tutti impermeabili) con deflussi annui pari rispettivamente a 437, 754 e 887 milioni di *mc*. Così aumentano dal Brenta al Serchio dai quali defluiscono in un anno rispettivamente 1403 e 1430 milioni di *mc*; una capacità regolatrice di 150×10^6 *mc* ricupererebbe sul Brenta il 15 % del deflusso annuo contro il 33 % per il Reno, e solo il 10 % per l'Aniene.

Infine la fig. 32 riporta le curve relative ai bacini del 3° e 4° gruppo: con questo regime, particolarmente con quello relativo a bacini più estesi, si verificano i più elevati ricuperi che siano stati riscontrati.

Nell'insieme le constatazioni portano a riconoscere che il rendimento di un serbatoio diminuisce all'aumentare della capacità regolatrice e, a parità di superficie e di caratteristiche geo-idrologiche, aumenta con l'entità dei deflussi annui disponibili.

ING. ETTORE CESÀRI

DIRETTORE DELL'« UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE »

L'industria elettrica all'estero

Bulgaria

Caratteri dell'industria. L'industria elettrica bulgara nacque nel 1900 con l'impianto di Sòfia, alimentato da una centrale idroelettrica sull'Iskar, a Panciàrevo. Allo scoppio della guerra avevano impianti elettrici anche le città di Trojan, Lom, Kasanlik e Varna.

A partire dal 1924 il numero degli impianti andò rapidamente crescendo. Nel 1928 funzionavano 147 centrali, a vapore, a nafta ed idrauliche, ed 11 erano in costruzione.

La maggior parte delle imprese è a carattere locale; la pertinenza delle più importanti è indicata dallo specchio seguente (gennaio 1929):

Statali	N.	1
Comunali	»	8
Di Consorzi idraulici	»	7
Di Società private	»	17
Delle Banche popolari e Consorzi	»	12
Totale	N.	45

Le più importanti Imprese private sono la Società Elettrica di Sòfia, il Sindacato Vatcha e la « Granitoid ».

Il Governo Bulgaro ha emanato nel dopoguerra provvedimenti per favorire gli impianti idroelettrici e la diffusione dell'energia elettrica.

Risorse naturali. La Bulgaria ha una buona dotazione di forze idrauliche, valutate ad un milione di cavalli. Il clima bulgaro è assai freddo, e perciò i fiumi vi presentano magre invernali assai pronunciate, il che diminuisce il valore della sua disponibilità idraulica: in qualche caso si è studiata la regolazione mediante serbatoi, dei quali il primo è in costruzione sulla Topolnitza presso Mati-Vir, per la creazione di un serbatoio di 40 milioni di mc.

Esistono in Bulgaria importanti giacimenti di carboni poveri, dei quali il più sfruttato è quello di Pernik che fornisce combustibili di quattro diverse qualità, aventi rispettivamente poteri calorifici (inferiori) di 5550, 4790, 4780 e 3940 calorie. Carboni fossili fino a 7000 calorie si trovano pure nei Balcani; vi è pure un giacimento d'antracite a Svoge (Bulgaria sud-occidentale).

I combustibili liquidi vengono importati dall'Estero.

Gli impianti produttori esistenti. La potenza installata negli impianti di produzione di energia elettrica al 31 dicembre 1928 è precisata nella tabella I.

TABELLA I.

POTENZA INSTALLATA IN BULGARIA ALLA FINE DEL 1928.

CENTRALI	Numero	Potenza kVA	%
Idrauliche	31	18.336	38,5
A carbone	13	21.416	45,—
A combustibili liquidi	103	7.776	16,5
TOTALI	147	47.258	100,—

Fonte: *E. u. M.*, 18 maggio 1930.

Allo stesso termine erano in costruzione le centrali indicate nella tabella II.

TABELLA II.

IMPIANTI IN COSTRUZIONE ALLA FINE DEL 1928.

CENTRALI	Numero	Potenza kVA	%
Idrauliche	5	18.820	53,5
A carbone	2	15.300	43,5
A combustibili liquidi	4	1.055	3,—
TOTALI	11	35.175	100,—

Fonte: *E. u. M.*, 18 maggio 1930.

Vi è una tendenza evidente a favore delle centrali idraulich[e].

Le 45 centrali più importanti (le rimanenti hanno poten[za] non superiori a 50 kVA) sono così suddivise a seconda del[le] potenze installate:

da 51 a 100 kVA	N.	6
da 101 a 500 »	»	24
da 501 a 1000 »	»	6
da 1001 a 2000 »	»	4
da 2001 a 5000 »	»	3
6900 »	»	1
12800 »	»	1

Di esse 21 erano idrauliche con 17.543 kVA, 6 a carbone c[on] 20.430 kVA, 18 a combustibile liquido, con 4711 kVA install[ati].

I dati d'impianto delle principali Centrali Bulgare sono f[or]niti dalla Tabella III.

TABELLA III.

DATI SULLE PRINCIPALI CENTRALI ELETTRICHE BULGARE

CENTRALI IDROELETTRICHE

DITTA PROPRIETARIA	FIUME - LOCALITÀ - PROVINCIA	Salto m	Potenza totale kVA	Costo dell'impianto milioni di Leva
S. An. Granitoid	Rilska, Pastra, Cüstendil	154	6.900	104,4
» » »	Rilska, Rila, Cüstendil	154	8.000	—
Consorzio Idraulico « Vatscha »	Vatscha, Kritschim, Plovdiv	87	9.000	—
Soc. El. di Sofia e Bulgaria	Iskar, Pantscherevo, Sofia	50	3.180	34
Comune di Sofia	Boiana, Sofia	760	1.720	—
» » »	Simeonovo, Sofia	482	860	11
» » Karlovo	Stara Reka, Karlovo, Plovdiv	343	1.000	15,1
S. An. « Pobeda » Kasanlik	Eninska, Enina, Stara Zagora	103	600	—
Banca Popolare di Cüstendil	Bistriza, Garliano, Cüstendil	140	640	6,1
Consorzio Idraulico « Ossam »	Ossam, Lovetsch, Plevna	14	340	6,1
Banca Popolare di Bausko	Glosne, Bansko, Petritsch	70	125	—
Consorzio Idraulico « Jantra »	Jantra, Sini Vir, Tirnovo	8,8	250	8,9

CENTRALI A VAPORE

DITTA PROPRIETARIA	LOCALITÀ E PROVINCIA	Pressione del vapore at.	Potenza totale kVA	Costo dell'impianto milioni di Leva
Soc. El. di Sofia e Bulgaria	Kurilo, Sofia	20	12.800	100
Centrale Statale a lignite	Pernik, Sofia	—	500	—
» » » »	» »	25	11.500	—
Consorzio Idraulico « Vatscha »	Plovdiv	15	2.240	55
S. An. Andree	Miniera di lignite - Cerno More, Burgas	15	3.635	19,9
S. An. Granitoid	Batanovzi, Cüstendil	12	1.130	10

CENTRALI CON DIESEL

Comune di Russe	Russe	—	1.280	14,8
» » Varna	Varna	—	600	9,9
» » Plevna	Plevna	—	330	7,4
» » Lom	Lom, Vidin	—	200	—
» » Vidin	Vidin	—	530	8,5
Consorzio « Ch. Dimiter »	Sliven, Burgas	—	250	3,8
» Idraul. « Gramadata »	Gabrovo, Tirnovo	—	195	4,5
Banca Popolare	Schumen	—	235	6
» »	Provadia	—	150	2,9

Fonte: *E. u. M.*, 18 maggio 1930.

La produzione d'energia. Secondo la medesima statistica la produzione del 1928 fu la seguente:

	migliaia di kWh	%
Idraulica	35.003	53,7
A carbone	22.924	35,1
A combustibili liquidi	7.359	11,2
TOTALI	65.286	100,—

Tale produzione fu così suddivisa fra i diversi tipi di Imprese:

	migliaia di kWh	%
Azienda Statale	2.399	3,7
Aziende Comunali	11.278	17,3
Consorzi idraulici	3.083	4,7
Imprese priv. (Soc. An.)	46.453	71,1
Banche popolari e cooperative	2.073	3,2
TOTALI	65.286	100,—

La trasmissione dell'energia.

Le tensioni in uso sono 60 kV (per circa 100 km di linee), 35 kV (per circa 26 km), 15 kV (per circa 250 km) e infine varie tensioni fra 3000 e 6000 V per complessivi 125 km. Le linee sono parte in legno e parte in ferro.

Le distribuzioni sono quasi tutte trifasi con neutro, 380/220 V e 50 periodi. Esistono ancora due impianti a corrente continua (Lom e Aytos). A Sofia la distribuzione è a 3 × 150 V, 53 periodi.

Le reti a bassa tensione sono su pali in legno, in ferro ed in due soli casi in cemento (Kasanlik e Sliven).

Consumi e prezzi di vendita.

Il consumo censito nel 1928, per le 45 Imprese sopra indicate, fu di 55 milioni di kWh, il che dà un rendimento medio dell'84 %, così suddiviso:

	migliaia di kWh	%
Illuminazione	22.700	41,15
Forza motrice	28.600	52,—
Tramvie	3.700	6,85
TOTALI	55.000	100,—

Tali Imprese servivano 52 città e 58 villaggi, con 800.000 abitanti ed 80.000 clienti.

Il consumo per utente fu di 680 kWh, per abitante in zona servita di 67 kWh, e riferito all'intera popolazione bulgara di 10 kWh per abitante.

I prezzi di vendita variavano nel 1928 fra i limiti seguenti:

	(in lire italiane) per kWh
Illuminazione e usi domestici	da L. 0,83 a L. 1,66
Forza motrice	da » 0,276 a » 0,83
Illuminazione pubblica	da » 0,276 a » 0,69

Jugoslavia

Caratteri dell'industria.

I paesi che oggi formano il Regno slavo meridionale che non appartevano al Regno d'Urgheria ebbero prima della guerra pochissimo impulso a creare una industria elettrica propriamente detta. Il vicino Regno manca di grandi città: soltanto Belgrado, Zagabria e Subotitza oltrepassano 100 mila abitanti e queste ultime di poco; Serajevo e Lubiana superano per poco i 50 mila. Le altre scendono rapidamente a poche migliaia. Dato anche il carattere agricolo più che industriale del paese, si comprende come abbia tardato in Jugoslavia quel movimento che ha portato nella maggior parte dei paesi europei alla formazione di sempre più grandi unità finanziarie e industriali aventi per fine lo sviluppo dell'industria elettrica.

Raggiunta l'unità politica, i Governi succedutisi non mancarono di occuparsi del problema: si promulgarono leggi intese a favorire l'utilizzazione delle forze idrauliche, si iniziarono studi, si fecero progetti: ma finora ben poco di concreto si è ottenuto. Forse il carattere del popolo sud-slavo ed altre circostanze non si prestano a favorire certe iniziative: infatti dopo lunghe pratiche e studi si sono chiamati gli stranieri mettendo in loro mani la creazione di una vera industria elettrica. Contemporaneamente si vollero riorganizzare i vecchi e slegati impianti in base ad un programma fondato principalmente sul controllo statale e su una parziale statizzazione: qualche cosa che vorrebbe imitare l'« Electricity Act » inglese. È curioso come si possa credere all'efficacia di misure simili in un paese per sua natura già poco adatto allo sviluppo di una industria elettrica, come noi l'intendiamo: e come si speri che per tale via possa facilitarsi il suo incremento.

Gli impianti esistenti sono tutti molto modesti: il maggiore, costituito dalla Centrale di Fala sulla Drava, presso Marburg (Maribor), ha soli 35.000 cavalli di macchinario installato, e serve una vasta zona comprendente buona parte della Slovenia e la Croazia settentrionale: per Belgrado si è progettata una Centrale a vapore moderna per 18.000 kVA. Zagabria e Carlovatz (Karlstadt) hanno in comune due impianti, uno con due turbine a vapore di 17.000 kW complessivi, oltre ad altro modesto macchinario che aziona le tramvie di Zagabria, e l'altro idraulico di 2400 kW. Belgrado nel 1929 consumò una dozzina di milioni di kWh e diciassette Zagabria: Spalato ebbe un impianto di distribuzione solo nel dopoguerra.

Fra i più grandiosi impianti sono ancora quelli di Dalmazia, dovuti all'iniziativa italiana. Le Centrali di Jaruga (1903) e di Manoilovatz (1903 e 1906) sul fiume Kerka e quella di Almissa sul Cêtina (1912) sono opera di iniziativa, di capitali e di ingegneri italiani: essi hanno macchinario installato per 62.000 kVA, e servono principalmente alla produzione del carburo.

Lo Stato non si è solo immischiato nella regolamentazione dell'industria e nel suo parziale controllo, ma si è riservato alcuni distretti nei quali intende costruire centrali e reti da condursi direttamente da speciali organi governativi. In altri distretti verranno date concessioni a privati, in base a capitolati speciali che prevedono una interessenza dello Stato. E poichè lo stesso Governo non si dissimula l'impossibilità di dar corpo a simili progetti coi mezzi e col personale nazionale, è prevista la concessione a ditte straniere purchè due terzi del personale sia formato da sudditi jugoslavi.

Secondo il « The Times Trade Supplement » confermato da notizie di fonte americana, importanti gruppi finanziari stranieri hanno già ottenuto importanti concessioni. Fra questi un gruppo Svedese opera in Croazia e in Slovenia, dove pure lavora il gruppo svizzero « Falla ». L'impianto di Belgrado è anch'esso in mano alla finanza svizzera, che lo sta riorganizzando. Non si tratta di prestiti, ma di vero e proprio controllo dell'industria da parte di gruppi stranieri. Caratteristico è il caso degli impianti di Dalmazia. Costruiti e condotti da italiani fino a poco più di un anno fa, il Governo jugoslavo ha fatto tutto il possibile per mandarli via: essi dapprima resistettero coraggiosamente, ma poi dovettero cedere lasciando libero il campo ad un gruppo francese. Questo si è assicurato il diritto esclusivo per cinquanta anni di utilizzare tutte le forze del Kerka e del Cètina, oltre ad un regime fiscale e doganale di favore. In compenso la « Dalmatienne » dovrà ampliare gli impianti in modo da raggiungere in otto anni una produzione di 900 milioni di kWh investendo 450 milioni di franchi. La Società avrà pure il diritto di fondare, senza bisogno di alcuna autorizzazione, stabilimenti elettrochimici ed elettrometallurgici, per fissazione dell'azoto ecc. Fra le lavorazioni previste vi è la produzione dell'alluminio dalla bauxite che in Dalmazia abbonda.

Si vede però che siamo ancora e dovunque all'inizio. Una sessantina di centri grandi e piccoli hanno un impianto municipale o lo stanno eseguendo, quasi esclusivamente mediante prestiti all'estero.

Concludendo, non si può dire che esista ancora una industria elettrica jugoslava nel senso che questa espressione ha da noi e presso altre nazioni. La Jugoslavia si trova ancora in uno stadio di preparazione che il Governo ha voluto accelerare da un lato con provvedimenti che si risolvono in restrizioni, dall'altro dando larghissime ingerenze e facilitazioni al capitale straniero. Anche in Jugoslavia pare vi sia chi crede che basti creare degli impianti e delle linee per veder crescere il consumo. Certamente assisteremo ad un progresso negli anni prossimi, m

non sembra che il paese offra ancora quegli elementi che hanno negli ultimi anni fatto moltiplicare il consumo dell'energia presso altre nazioni, la nostra compresa. È probabile quindi che le risorse cospicue della Jugoslavia vengano sfruttate assai più per l'elettrochimica e l'elettrometallurgia che per gli impieghi domestici ed industriali ordinari: e che i vantaggi materiali ne vadano a principale beneficio dei finanziatori stranieri.

Risorse naturali. Consistono principalmente nelle forze idrauliche, in minor grado nei combustibili.

Di recente il Governo jugoslavo ha proceduto ad una statistica delle forze idrauliche del Paese.

La *Slovenia* possiede una disponibilità di 260.000 cavalli, principalmente sulla Mur, sulla Drava e sulla Sava (complessivamente 236.000 per questi soli tre fiumi). Trattasi di corsi d'acqua a carattere alpino, con forte magra invernale e morbide primaverili-estive.

La *Croazia* e la *Slavonia*, comprendendovi tutto il basso corso della Sava fino a Belgrado, possiedono una dotazione valutata a 357.000 cavalli. Trattasi però in gran parte di forze discontinue.

La *Bosnia-Erzegovina* possiede numerosi corsi d'acqua, in gran parte modesti, con frequenti buone situazioni per la creazione di serbatoi. Il patrimonio idraulico è stimato di 621.000 cavalli, da fornirsi principalmente dalla Bosna e dalla Drina.

La *Dalmazia* possiede le note forze del Kerka e del Cètina, in gran parte utilizzate: complessivamente si prevede di averne circa 65.000 cavalli, compresa la modesta forza dello Zrmania.

La *Serbia*, paese montagnoso, è assai ricco di forze idrauliche. La statistica recente fa ascendere tuttavia la potenza utilizzabile ad una cifra che ha l'aria d'essere alquanto ottimista: si tratterebbe di 1.266.000 cavalli. Di questi 355.000 sono attribuiti al Danubio a valle di Belgrado, calcolando evidentemente per metà la forza ricavabile fra Moldava e Klàdovo (Porte di Ferro), l'altra metà spettando alla Romania. Così alla Vecchia Morava si attribuiscono 133.000 cavalli e 72.000 alla Zapadna Mórava, 97.000 all'Ibar e 106.000 al Vardar, 83.000 al Fiume nero (Zrna Rjeka). Trattasi ovunque di fiumi a deflussi quanto mai irregolari, spesso in terreni non facili, raramente a salti considerevoli, per la qual ragione vanno fatte le debite riserve sul valore delle forze così previste. Quanto alle forze del Danubio trattasi di opera colossale e di esecuzione certamente non prossima.

Una bella situazione è offerta dai laghi di Prespa e di Ochrida, sul confine albanese. Il primo è a 200 m sopra il secondo, e con un breve canale quest'ultimo potrebbe dare un altro salto di 200 m. Data la vastità dei due laghi e la possibilità di sistemarli a serbatoio essi potrebbero dar luogo ad ottimi impianti d'integrazione: ma la loro posizione sul confine serbo-albanese renderà difficile ancora per molto tempo la loro utilizzazione.

Il *Montenegro* possiede, secondo la statistica, un patrimonio di 280.000 cavalli, dei quali più di metà sul Drin: ma buona parte di questi appartengono anche all'Albania.

Alla *Voivodina* la statistica attribuisce 159.000 cavalli, dei quali 144.000, assai problematici, dal Danubio e 15.000 dalla Drava.

In complesso queste previsioni hanno l'aria di essere assai rosee: in ogni modo data la popolazione del Regno, è chiaro che la sua dotazione di forze idrauliche è buona.

Discreta è pure la dotazione di combustibili fossili. Abbondantissime sono le ligniti di varie qualità: nel 1927 ne furono estratte 4.456.600 tonnellate, e 290.000 di carbon fossile. Quest'ultimo si trova principalmente in Bosnia ed in Slovenia. Ne esiste anche in Serbia: ligniti ricche si trovano in Dalmazia (Monte Promina). Ma l'attenzione attuale del Governo è attirata assai più dall'utilizzazione delle forze idrauliche che non dai combustibili, i quali sono in dotazione sufficiente per le industrie e per gli altri bisogni del paese.

Mancano in Jugoslavia combustibili liquidi: il cascame di legno, abbondantissimo nelle regioni montane essendo l'industria del bosco fra le maggiori risorse del paese, va annoverato fra i combustibili utilizzati per produzione d'energia.

Gli impianti produttori. Secondo la statistica eseguita dall'Ing. Stirski esistevano nel 1930 in Jugoslavia 202 centrali di produzione. Di esse 71 non superavano i 50 kVA di macchinario installato, e le restanti 182 erano così ripartite:

Più di 10.000 kW	....	N. 1
da 2000 a 10000	....	» 11
da 1000 a 2000	....	» 7
da 500 a 1000	....	» 10
da 100 a 500	....	» 58
da 50 a 100	....	» 25

Evidentemente non erano comprese le Centrali Dalmate.

In complesso queste 182 centrali sostennero nel 1929 un carico complessivo di 113.450 kW, dei quali 4350 a corrente continua. Di esse 57 erano solo idrauliche per una potenza di 57.850 kVA, 46 a vapore con 35.700 kVA, le rimanenti con motori a combustione interna o miste.

Fra le centrali idrauliche in esercizio primeggia quella di Fala sulla Drava, alla quale ho già accennato. Essa consiste in una Centrale-Diga, avente un salto utile di circa 14 metri. Possiede cinque unità da 5200 kVA ed una da 8700. L'impianto non ha nulla di rimarchevole. Dalla centrale diramano linee ad 80 kV, 35 kV, 10 kV e 5 kV: un vero assortimento! Esse alimentano numerosi centri della Slovenia e della Croazia del Nord, fra i quali Marburg e Lasko.

Altre centrali importanti sono quelle dalmate già nominate e quella di Jajce in Bosnia: le prime destinate alla produzione di carburo e cianamide, la seconda di altri prodotti elettrochimici.

Fra le centrali a vapore la più importante è quella di Zagabria, che funziona in parallelo con quella idraulica di Carlovatz. La centrale di Zagabria comprende una vecchia macchina a vapore azionante un alternatore da 400 kW, una turbina a vapore da 1000 kW trifasi, pel servizio tramviario, ed una a corrente continua da 200 kW. Nel 1924 fu installata un'altra turbina da 5000 kW e nel 1928 una da 10.000 kW. Le macchine minori sono rimaste in riserva.

Le altre centrali, ad eccezione della termica di Belgrado, hanno potenze molto più limitate.

La produzione d'energia. Nel 1929 la produzione complessiva fu di 302.730.000 kWh, compresavi la produzione per uso delle fabbriche di carburo. Al netto di questo la produzione delle Imprese fu intorno a 100 milioni di kWh corrispondenti a 8 kWh per abitante. È una delle cifre più basse riscontrate nei paesi europei: essa è certamente destinata ad aumentare in un avvenire prossimo.

La trasmissione dell'energia. Buona parte della produzione è ancora a carattere locale, quindi non abbondano gli elettrodotti.

Dalla centrale Fala (Marburg) si diramano quattro reti ad alta tensione, delle quali una in legno a 10 kV con uno sviluppo di circa 60 km, una a 35 kV sviluppante 185 km pure in legno, una ad 80 kV di 79 km di lunghezza, in ferro, oltre ad una piccola rete a 5 kV.

Altra linea rimarchevole è quella che collega Zagabria a Carlovatz: è in ferro e cemento armato, lunga 53 km a 30 kV. Le distanze fra i conduttori sono calcolate per 60 kV, tensione da adottarsi in seguito.

Altre linee minori si trovano in Dalmazia (Spalato), in Bosnia e altrove.

Nel progetto di regolazione statale è stabilito che entro un certo termine saranno standardizzate le tensioni ed unificata la frequenza a 50 periodi. Le tensioni tipo adottate sono 3000 V (massimo da impiegare in città), 6000 V, 10.000 V, 20.000 V, 30.000V; per le grandi linee di trasmissione si dovranno adottare 60.000 V oppure 110.000 V. Per le distribuzioni a bassa, 220 V alle lampade e 380 V a triangolo pei motori.

Consumi e prezzi. Come si è visto, i consumi in kWh sono modestissimi anche nei maggiori centri. Marburg nel 1929 consumò 191 kWh per abitante, 157 Zagabria e 102 Belgrado, compreso per tutte e tre il consumo tramviario.

L'impiego è principalmente d'illuminazione e piccole forze: mancano in proposito statistiche esatte.

Le tariffe sono generalmente a molte classi d'utenti. Per esempio a Serajevo le utenze sono distinte e tariffate nel modo seguente: (in Lire italiane):

Consumo comunale (illuminaz. pubblica, servizi pubblici, uffici comunali, ecc.)	per kWh	L.	0,94
Forza motrice	»	»	0,94
Luce privata	»	»	1,35
Uffici e caffè senza musica (!)	»	»	1,52
Ristoranti con musica	»	»	1,68
Cinematcgrafi	»	»	2,03
Locali notturni (sic)	»	»	2,70

A Spalato i prezzi per illuminazione variano da L. 1,68 a L. 1,20: la piccola forza motrice paga L. 0,76 e gli impieghi di cucina e riscaldamento L. 0,40, per kWh; a Ragusa per tutte le applicazioni L. 2,35; a Lubiana per luce da L. 1,35 a L. 1,68; a Carlovatz per luce e forza L. 4,05; a Mitrovitza per luce L. 3,35, per forza da L. 1 a L. 0,68; a Zagabria da L. 2,70 a L. 1,68 per luce e da L. 1,18 a L. 0,84 per forza motrice.

Importazione di materiale elettrico. Le importazioni di materiale elettrico si effettuano principalmente dall'Austria, Germania, Ungheria, Cecoslovacchia: i dati relativi all'annata 1928 sono i seguenti:

	Migliaia di Dinari
Dinamo, Alternatori e Motori da 500 a 3.000 kg.	11.783
Idem inferiori a 500 kg	16.619
Trasformatori fino a 1.500 kg	6.403
Trasformatori sup. a 1.500 kg	2.973
Condensatori e accumulatori	2.314
Materiale telegrafico e telefonico	7.530
Istrumenti di misura	10.707
Apparecchi radio	21.022
Apparecchi vari	1.892
Lampade elettriche	27.054
Cavi	17.464

Ungheria

Caratteri dell'industria. All'Ungheria il mondo è debitore di uno dei più grandi progressi nel campo dell'elettrotecnica: l'invenzione del trasformatore in derivazione. E noi italiani non dobbiamo dimenticare che ungheresi furono i costruttori del primo grande impianto idroelettrico europeo, quello di Tivoli, e che grande fu il contributo portato pure da ungheresi, e particolarmente dal compianto Ing. Kando, alla elettrificazione delle nostre ferrovie.

L'Ungheria possiede una delle più antiche fabbriche di macchinario elettrico, inteso nel senso che oggi si attribuisce a queste parole: non deve quindi far meraviglia se vi ebbe presto inizio la costruzione di impianti elettrici. Essi vi crebbero, però, come in paesi maggiori, sporadicamente: venne poi la guerra a sconvolgere gravemente l'economia del paese, e dopo la guerra i rivolgimenti interni e l'occupazione romena con le conseguenti devastazioni, ed altre dolorose circostanze che impedirono per parecchi anni una sistemazione dell'industria elettrica ungherese. Ora però vi sono non dubbi segni di ripresa, ed è già evidente una tendenza alla concentrazione: due grandi aziende carbonifere hanno preso l'iniziativa di creare grandi centrali moderne in prossimità delle loro miniere, ciascuna dotata di una vasta rete allacciante numerosi centri di distribuzione. Le centrali già esistenti in questi ultimi rimarranno come riserva.

Una recente proposta di legge favorisce la costruzione degli elettrodotti e delle centrali di pubblica utilità.

Essa regola tutte le questioni relative all'elettrodotto, creando per questo un istituto giuridico simile al nostro. Viene istituito un « fondo per l'economia dell'energia » alimentato da una nuova imposta che non potrà oltrepassare il 2 % delle somme pagate pei consumi d'energia. Il fondo servirà a finanziare l'elettrificazione dei piccoli comuni dove non converrebbe alle Impres[e] portare le loro linee o costruire centrali locali: qualche cosa d[i] simile a quanto si è fatto in Francia.

La disciplina degli impianti viene affidata al Ministero de[l] Commercio: l'industria rimane libera, ma gli impianti produt[]tori passeranno allo Stato e le linee allo Stato ed ai Comu[ni] alla scadenza di un cinquantennio.

L'industria è in mano per circa due terzi ad iniziative pr[i]vate. Fra gli impianti comunali vi è quello della Città di Buda[]pest: vi sono pure Centrali statali. La « Società Ungherese [] elettricità del Transdanubio » di recente fondazione fu cost[i]tuita in forma di anonima con capitali investiti in parte dal[lo] Stato ungherese e in parte da un gruppo finanziario ingle[se] (Power and Traction Co.).

Le inique condizioni di pace imposte all'Ungheria han[no] creato una situazione finanziaria critica che ritarda la sistem[a]zione dell'industria elettrica. Di recente anche un gruppo fina[n]ziario al quale partecipano anche italiani si è interessato d[el]l'Ungheria ed ha iniziato studi: non c'è che da augurare sin[ce]ramente che questi conducano al migliore successo.

Risorse naturali. Le migliori risorse del vecchio Regn[o] Ungheria sono state tolte al disgrazi[ato] paese dal trattato di pace. Le cospi[cue] forze idrauliche dei Carpazi sono passate alla Rumenia, insie[me] ad una parte di quelle che oggi sono in possesso della Jugosla[via]; vasti giacimenti di combustibili, fra i più importanti, sono p[ure] stati perduti.

Rimasero all'Ungheria alcune miniere di antracite e di [li]gnite, ma il paese è ancora tributario dell'estero pei combu[sti]bili di alto potere calorifico: nell'esercizio 1929 ne furono [im]portati per 1,6 milioni di tonnellate.

La produzione dell'energia elettrica è quindi basata sulle tre regioni carbonifere di Borsód, di Tata e di Pècs. Esse posseggono giacimenti di combustibile da 4000 calorie, stimati a mezzo miliardo di tonnellate, delle quali vennero nel 1929 estratti 7,3 milioni di tonnellate. La metallurgia impiega pure questo combustibile: per il riscaldamento e per la produzione del gas si impiega combustibile estero.

Modeste sono le disponibilità idrauliche rimaste. Esse sono valutate a 173.000 HP del quale circa 4000 utilizzati. Uno degli impianti più rimarchevoli, del quale è preconizzata la prossima esecuzione, è quello di Tiszaluc, basato sulla deviazione dell'Hernàd nel Tibisco, con un salto di 16 m e 6000 HP utili.

Impianti produttori esistenti.

In Ungheria esistono attualmente 190 centrali, mentre nel 1925 ve n'erano 211 e nel 1927 ve n'erano 219. La diminuzione dipende dall'inizio del processo di concentrazione. Nel 1927 la potenza installata era di 376.411 kVA, alla fine del 1929 era di 492.258 kVA.

Le centrali idrauliche nel 1925 erano 27, delle quali 23 a corrente continua avevano una potenza complessiva di 217 kVA, cioè erano trascurabili. La maggiore aveva una potenza di 1100 kVA.

Complessivamente, la potenza delle centrali idrauliche è passata da 1737 kVA nel 1925 a 3984 kVA alla fine del 1929.

Le 190 centrali attuali si suddividono nel seguente modo:

con potenza di oltre 100.000	kVA	N. 1
» » da 50.000 a 100.000	»	» 1
» » da 25.000 a 50.000	»	» 4
» » da 10.000 a 25.000	»	» 8
» » da 5.000 a 10.000	»	» 4
» » inferiore a 5.000	»	» 172

L'industria è dunque ancora nello stadio iniziale: è probabile che nei prossimi anni le centrali diminuiscano sensibilmente di numero aumentando di potenza.

La centrale più importante è quella municipale di Budapest che ha macchinario per una potenza complessiva di 180.000 kVA, dei quali 44.000 kVA ancora in montaggio.

Segue per importanza la Centrale di Bánhida, situata nel bacino carbonifero di Tata presso il lago di Bánhida. Questa centrale è il primo esempio del nuovo tipo, destinato ad essere seguito da altri analoghi. Essa appartiene alla S. A. Ungherese di Elettricità del Transdanubio di cui fu fatta sopra parola.

Questa centrale termica modernissima, tale da poter stare con vantaggio a confronto delle migliori americane, era stata costruita per l'elettrificazione ferroviaria: ma essendo per ora mancato tale scopo essa fu collegata con Budapest, dove alimenta la rete tramviaria: pendono trattative per estendere a tutti i servizi della città l'energia prodotta a Bánhida.

La potenza installata è di 70.000 kVA; ad essa si stanno allacciando altre centrali minori intorno a Budapest, che passeranno in riserva. Il sistema così creato, compresavi la centrale comunale di Budapest, verrà ad avere in definitiva una potenza di 300.000 kVA.

Altra centrale importante e dello stesso tipo è quella delle miniere di Salgotarjàn. Infine va rilevata la centrale di Diósgyör, che utilizza anche il gas degli alti forni.

La produzione dell'energia.

La produzione di energia fu nel 1925 di 461 milioni di kWh, nel 1927 di 606 milioni, nel 1929 di 697 milioni. Di questi ultimi 7,3 milioni furono prodotti idraulicamente, il resto a vapore o con motori a combustione interna.

La produzione annua corrisponde perciò ad 85 kWh per abitante: occorre tener presente che la popolazione agricola è il 55 % della totale, e che finora le reti di distribuzione esistono solo nei centri principali. Circa metà dell'energia fu prodotta nella zona di Budapest, dove la produzione unitaria raggiunse i 300 kWh per testa.

La trasmissione dell'energia.

Lo sviluppo complessivo delle linee di trasporto e delle reti di distribuzione tanto aeree che in cavo è valutato oggi a 60.000 km.

La città di Budapest possiede una rete sotterranea a 30 kV ed una rete parte aerea e parte sotterranea a 10 e 5 kV. La prima è di impianto recente. Parte dell'energia è distribuita ancora a corrente continua attraverso convertitrici operanti in parallelo con una grande batteria d'accumulatori a repulsione, che può fornire per breve tempo 12.000 Ampère. Vi sono anche convertitrici a mercurio.

La linea Bànhida-Budapest è lunga 80 km e funziona a 100 kV. Altre linee di trasporto e collegamento fra le nuove centrali sono in costruzione a 60 e 30 kV. Esiste anche una linea a 20 kV che collega alcune centrali idrauliche con quelle termiche delle Acciaierie di Diósgyör, che utilizzano anche gas d'alto forno.

Le distribuzioni funzionano a tensioni che variano da 110 V a 380 V. La frequenza originaria di 42 periodi, largamente diffusa anche da noi dalla Casa Ganz, si sta abbandonando per adottare quella di 50 periodi.

Consumo e tariffe.

L'energia consumata nel 1929 fu di circa 550 milioni di kWh, il che porta il rendimento della trasmissione e distribuzione a circa l'80 %. L'industria elettrica distribuisce solo ai piccoli e medi utenti, la grande industria avendo di regola centrali proprie. Qualche stabilimento di recente costruzione ha preferito allacciarsi alle reti ordinarie, sebbene con minor convenienza dato le tariffe vigenti, pur di evitare immobilizzi di capitali. Si comincia ad estendere qualche rete anche alle zone agricole, dalle quali si spera di ottenere un consumo considerevole.

I prezzi di vendita dell'energia per uso domestico variano fra Lit. 1,33 a Lit. 2,70 a seconda dell'importanza dell'utente: quella industriale varia analogamente fra Lit. 0,67 e Lit. 1,33 per kWh. Comincia a trovar favore la tariffa Hopkinson: il forfait è limitato ai piccolissimi utenti nelle reti più modeste, dove si vuol risparmiare la spesa d'impianto del contatore.

L'elettrificazione ferroviaria.

Sebbene sia vivo il desiderio degli Ungheresi di elettrificare le linee di grande traffico, le difficoltà finanziarie ne hanno finora ritardato l'esecuzione. È in preparazione la elettrificazione della Budapest-Hegyeshàlom, che con la elettrificazione da parte austriaca della Vienna-Hegyeshàlom renderà completo il servizio a trazione elettrica Vienna-Budapest. Il tronco ungherese sarà azionato col sistema Kando (conversione di fase), con alimentazione a 50 periodi da parte delle reti industriali. A tal uopo la linea a 100 kV Budapest-Bànhida verrà prolungata fino a Moson.

Sono elettrificate le ferrovie vicinali di Budapest, col sistema a corrente continua a 3000 V.

Produzione, importazione ed esportazione di materiale elettrico.

L'Ungheria è fra le nazioni produttrici di materiali e macchinario elettrico da assai vecchia data. Essa possiede una fabbrica di fama mondiale, che fu pioniera nella tecnica delle correnti alternate, la quale ancora oggi mantiene la sua buona tradi-

TABELLA I.

IMPORTAZIONI ED ESPORTAZIONI UNGHERESI DI MATERIALE E MACCHINARIO ELETTRICO (Anno 1929).

TITOLO	Importazione		Esportazione	
	in quintali	in 1000 pengö	in quintali	in 1000 pengö
Dinamo, motori e trasformatori	6.023	3.545	15.690	4.860
Apparecchi per riscaldamento e cucina	705	305	—	—
Contatori	218	412	2.480	1.970
Apparecchi di misura e segnalazione	82	308	—	—
Conduttori e tubi isol.	305	42	480	23
Resistenze, regolatori ecc.	5.320	4.270	2.060	850
Lampade a incandesc.	390	952	14.830	11.860
Accumulatori e loro parti, pile	1.355	400	—	—

zione, è la maggiore produttrice ed esporta notevoli quantità di macchine e di apparecchi. Il capitale americano è interessato in questa e in due minori, una delle quali fabbrica lampade, l'altra principalmente apparecchi telefonici. Forti dazi protettivi e disposizioni regolamentari per le pubbliche forniture proteggono l'industria nazionale.

L'importazione è limitata a macchine ed apparecchi speciali ed a strumenti di misura.

Nel 1929 le importazioni di materiale e macchinario elettrico d'ogni specie sommarono, in lire italiane, a ventinove milioni e mezzo, contro circa venticinque e mezzo di esportazioni.

La tabella I fornisce qualche dettaglio sul movimento delle voci più importanti.

Le *importazioni* si effettuano in modo prevalente dalla Germania, poi vengono l'Austria e la Svizzera. L'Italia nel 1929 figura per soli 98 quintali di macchine.

Le *esportazioni* vengono principalmente in Italia (2.070 quint. di macchine, 220 di contatori, 95 di resistenze e regolatori), in Austria, nei paesi balcanici, in Polonia, in Brasile, Argentina, India ed Egitto.

L'industria costruttrice ungherese aveva avuto una felice ripresa nel 1927, ma la sopravvenuta crisi mondiale si è fatta sentire anche colà in modo sensibile.

ING. ETTORE CESÀRI.

ING. LEONARDO MAGGI
SOC. ELETTRICA INTERREGIONALE CISALPINA

Sulle norme per interruttori in olio

PREMESSA.

Gli elettrotecnici italiani dovranno accingersi quanto prima allo studio delle « Norme interruttori in olio per corrente alternata », studio che in qualche altro Paese è già stato portato a buon punto. In previsione di tale lavoro mi sembra possa tornare utile un esame di quanto già fatto dagli altri, esponendo obbiettivamente le varie ragioni che giustificano le divergenze che si trovano nelle varie norme esistenti, ma evitando ogni discussione sulla maggiore o minore attendibilità delle varie teorie riguardanti gli interruttori.

Ho rinunciato a compilare la bibliografia delle varie pubblicazioni consultate perchè in questa materia gli scritti sono innumerevoli; dirò solo che le fonti dalle quali ho maggiormente attinto sono « Les Comptes Rendus de la Conférence des Grands Réseaux », gli studi compiuti dai Comitati Elettrotecnici Svizzeri e Norvegesi per la sessione del CEI tenuta lo scorso anno a Stoccolma, gli appunti da me presi durante tale sessione, gli studi dell'Ing. Magrini e i resoconti delle sedute tenute su questo argomento dalla Sezione Tecnologica della UNFIEL.

DEFINIZIONI.

La mancanza di una teoria accettata da tutti che spieghi il funzionamento dell'interruttore porta a divergenze nello stabilire i fattori che occorrono per caratterizzare questo apparecchio; però in tutte le norme già elaborate entrano in giuoco i termini di *tensione, corrente, fattore di potenza* e *frequenza.* Alcune aggiungono la *corrente di tempo ridotto* e la *capacità di rottura* ed altre contengono una definizione riguardante il tipo dell'apparecchio. E da questa definizione cominciamo l'esame dei vari elementi.

1° *Interruttore.*

A Stoccolma il Comitato della CEI ha saltato a piè pari quasiasi definizione e distinzione di tipi. Gli Inglesi hanno invece ritenuto opportuno stabilire due categorie di interruttori e cioè:

a) quelli destinati ad interrompere il circuito soltanto sotto carichi normali (quindi interruttori senza relais di massima corrente),

b) quelli destinati ad interrompere circuiti in circostanze anormali, come per esempio sotto corto circuito.

Evidentemente il primo tipo ha una ragione di esistere puramente economica, risultando meno costoso dall'altro; però, non potendosi usare ovunque, esso implica disuniformità di apparecchiature nelle officine, senza dimenticare che l'impossibilità di trasformarlo in automatico può risultare d'intralcio agli sviluppi della rete. Probabilmente queste ragioni hanno prevalso nella compilazione delle norme di altri paesi, nelle quali generalmente si definisce l'interruttore come « un apparecchio « destinato ad interrompere un circuito in condizioni sia anor« mali che normali ».

E poichè l'anormalità più gravosa è in genere quella dipendente da corti circuiti, praticamente tutte le norme si riferiscono alle condizioni di corto circuito.

2° *Tensione normale e tensione di rottura.*

L'elemento tensione va esaminato sotto due aspetti, e precisamente: nei riguardi dell'isolamento, che deve essere garantito sia con le tensioni normali di esercizio che con le eventuali sovratensioni; e in secondo luogo nei riguardi dei fenomeni inerenti alla interruzione della corrente.

Sotto il primo aspetto il problema non presenta alcuna difficoltà, perciò non credo sia il caso di dover scendere a dettagli.

Più complessa è invece la questione nei riguardi del fenomeno dell'interruzione della corrente.

L'andamento della tensione in queste condizioni è perfettamente noto, ad ogni modo nella fig. 1 è riportata una curva di tensione per un circuito monofase corto circuitato e messo a terra ai morsetti di uscita dell'interruttore e supposta la corrente fortemente sfasata.

In tale diagramma è:

T_0 = periodo antecedente al c. c.
T_1 = » contemporaneo al c. c.
T_2 = » » al fenomeno dell'arco in olio
T_3 = » immediatamente susseguente all'ultimo passaggio per lo zero della corrente (millesimi di secondo)
T_4 = periodo susseguente allo smorzamento delle sovratensioni.
U_0 = tensione normale
U_1 = » indotta
U_2 = » durante l'arco
U_3 = sovratensioni durante il periodo T_3
U_4 = tensione risultante in linea immediatamente dopo l'interruzione dell'arco e dopo lo smorzamento delle sovratensioni.

È anche perfettamente noto:

a) che la così detta tensione indotta (U_1), corrispondente al prodotto della corrente I per l'impedenza X del circuito corto circuitato, ha un valore iniziale U_0 che tende a diminuire raggiungendo un valore finale U_4 sempre minore di U_0, dal quale differisce più o meno a seconda della durata del c. c. e delle caratteristiche del circuito corto circuitato;

b) che le punte istantanee di tensione U_2, che appaiono quando si ha il fenomeno dell'arco in olio, coincidono coi passaggi per lo zero della curva della corrente e che a queste punte

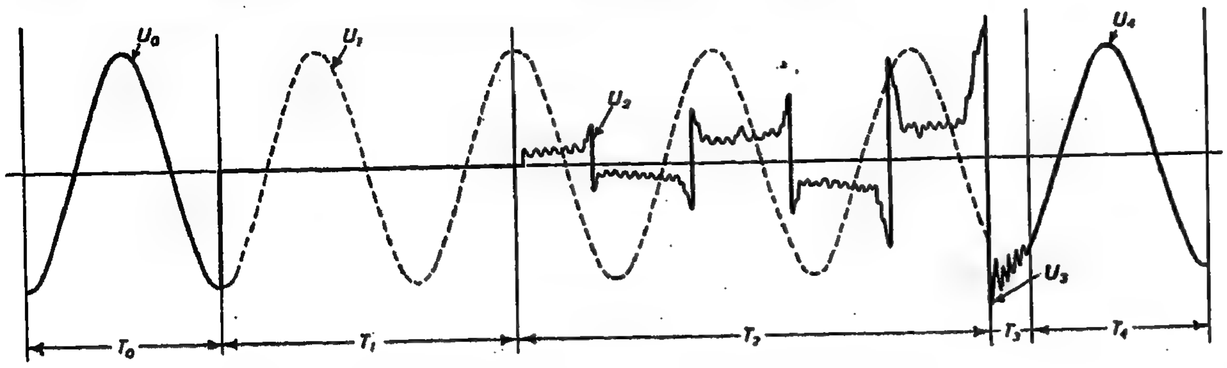


Fig. 1.

di tensione si deve il riadescamento dell'arco spentosi per il citato passaggio per lo zero della corrente (1).

c) che, mano mano che i contatti si allontanano fra di loro, è necessaria per riadescare l'arco una tensione sempre maggiore e perciò, quando questa tensione occorrente risulterà superiore alle tensioni disponibili U_0 oppure U_1 (le così dette *tensioni di rottura*), l'arco sarà definitivamente spento e quindi il c. c. sarà interrotto.

Da queste nozioni elementari richiamate così succintamente, ed anche un po' impropriamente, si deduce facilmente che tanto la durata dell'arco, e di conseguenza il lavoro compiuto dall'interruttore, quanto la corsa minima che devono avere i contatti sono funzione della tensione ed in particolare della tensione U_0 oppure U_4.

Su questi punti praticamente sono d'accordo tutti; le divergenze invece si verificano sull'opportunità di introdurre nelle norme una particolare voce per l'elemento tensione di rottura, ritenendo alcuni che per la specificazione dell'interruttore basti conoscere la tensione normale di esercizio.

Sostengono infatti questi ultimi che l'interruttore deve essere proporzionato alle più critiche condizioni possibili e queste, per quanto concerne la tensione di rottura, si hanno quando il tempo T_1 è estremamente piccolo e quindi U_1 e di conseguenza U_4 risultano praticamente uguali ad U_0 (oppure U_0 è massimo) (2).

Inoltre, se è vero che la durata dell'arco, e quindi il lavoro dell'interruttore, sono funzioni della tensione di rottura, d'altra parte non si sa in quale modo dal valore di questa tensione si possa dedurre l'entità del lavoro di rottura. Esistono invero formule empiriche, di cui la più nota è quella di Bauer, ma in questa formula vi è una costante *c* di valore incerto compreso fra 0,07 e 0,2, cosicchè l'adottare uno o l'altro di questi valori può portare a risultati che stanno fra di loro nel rapporto di 1 a 3, cioè a divergenze molto maggiori di quelle che derivano dall'usare U_0 invece di U_4.

Più serio ancora è il fatto che è praticamente impossibile calcolare le tensioni U_1, U_2, U_3, U_4; le formule empiriche o approssimate proposte sono di dubbio valore e metterebbero in imbarazzo l'esercente, il quale finirebbe in pratica per considerare la tensione di rottura uguale ad U_0; può allora sembrar logico fare la stessa approssimazione nelle norme.

A tutte queste osservazioni altri obbietta che, se fino ad oggi non sappiamo calcolare a priori nè la tensione nè il lavoro di rottura, sta di fatto però che una relazione esiste fra questi due elementi tanto che, a parità di intensità di corrente di c. c. e a parità di fattore di potenza e di tutte le altre numerose circostanze, un dato interruttore può dare risultati cattivi o buoni secondo che la tensione di rottura è stata più o meno grande; esiste quindi una tensione di rottura limite che occorre conoscere per definire un interruttore.

Questa considerazione reggerebbe se effettivamente un interruttore dovesse lavorare, anche solo in casi estremamente rari, in prossimità di tale limite. Ma dato che in pratica ci si tiene, o meglio ci si dovrebbe tenere, ben lontani da questo massimo, non è indispensabile conoscere con estrema esattezza il coefficiente di sicurezza che si adotta, nello stesso modo che non diamo grande importanza al fatto che ignoriamo il vero coefficiente di sicurezza di una linea, dove gli isolatori possono dare nei carichi di rottura scarti fino al 100 %.

È certo però che se nel campo degli interruttori si vuole lesinare sul margine di sicurezza e lo si riduce ad ordini di grandezza del 50 %, o anche meno come capita qualche volta, una imprecisione nei valori o nelle ipotesi può trasformare il coefficiente di sicurezza in un coefficiente di rischio.

Questo concetto di economia non può essere sostenuto nelle norme, le quali perciò, esaminando la questione dal punto di vista dei rapporti fra costruttore e acquirente, potrebbero astenersi dal fare distinzione fra tensione nominale e tensione di rottura.

Se però si esamina la questione dal punto di vista scientifico, e si tiene presente l'intenso studio che si sta svolgendo intorno al fenomeno della rottura dell'arco in olio, è certamente necessaria una rigorosa proprietà e uniformità di linguaggio; e così quando si analizza un oscillogramma preso durante una prova è impossibile prescindere dal valore effettivo della tensione di rottura.

Di questo parere è stata la C.E.I., che a Stoccolma ha deciso di rinviare ad altra occasione l'esame della questione nei riguardi commerciali; però ha fissato intanto che i risultati delle prove devano essere espressi in funzione della tensione di rottura effettiva, cioè del valore efficace della prima semionda fondamentale di tensione immediatamente susseguente allo spegnimento dell'arco.

Lo stesso concetto, quantunque espresso con termini differenti, è stato adottato nelle norme inglesi e svizzere. Le norme americane invece si riferiscono alla tensione normale; veramente, a stare alla lettera di queste norme, sembrerebbe che esse considerassero la condizione di apertura sotto carico normale e non sotto corto circuito; ma probabilmente vi deve essere qualche equivoco di dicitura.

(1) Noto che secondo la teoria dell'Ing. Magrini non è la tensione che riadesca l'arco, ma l'aumento del campo elettrostatico fra i contatti. Però una simile distinzione, se utile agli effetti dello studio completo del fenomeno dell'arco nell'olio, non mi sembra abbia grande influenza in quanto sto dicendo, perchè tale aumento del campo elettrostatico si manifesta con un analogo aumento della tensione fra i contatti. Osservo ancora che nella presente nota, ho introdotto le sovratensioni U_2 appunto per ricordare questa teoria; non sono sicuro che così facendo essa è stata bene interpretata, però ricordo che il *Bollettino Tecnico del Laboratorio Elettrotecnico Ing. Luigi Magrini* dell'agosto 1929 scriveva:

« L'apertura dell'interruttore ed i successivi passaggi per lo zero « interpongono una capacità che determina una sovratensione a « frequenza molto maggiore di quella di macchina ».

Secondo Kopeliowitch tale frequenza è uguale alla frequenza propria dei circuiti e cioè per le linee usuali è compresa fra 350 e 550 periodi.

(2) Veramente una condizione più grave ancora si avrebbe in caso di parallelo fatto in opposizione di fase, perchè allora può aversi fra i due contatti una differenza di tensione uguale a $2\ U_0$; ma allora si tratta di errore di manovra e nessun macchinario deve esser calcolato per tutti i possibili errori di utilizzazione. Ad ogni modo i soliti coefficienti di sicurezza devono essere sufficienti per far fronte anche a questa eventualità.

Altre eventualità di possibili elevatissime sovratensioni si hanno per un'apertura sotto forte carico; ma in questo caso l'entità della corrente è sempre inferiore a quella della corrente di c. c. e il fattore di potenza è elevato, quindi la rottura dell'arco è molto facilitata. Comunque anche per queste circostanze possono bastare i margini garantiti dai coefficienti di sicurezza.

Un concetto pienamente differente da quanto esposto fino ad ora è stato accolto dalle norme tedesche, nelle quali non viene considerata nè la tensione di rottura nè la tensione normale ma una certa *tensione attiva* U_W che sarebbe il valore istantaneo della tensione U_1 al momento in cui i contatti cominciano a staccarsi. Anche questa tensione non si può assolutamente calcolare a priori. La ragione di questa scelta sembra risieda nel fatto che, introducendo questo valore U_W nel calcolo dei famosi kVA di apertura di cui si dirà in appresso, si fa realmente il prodotto di una tensione per una corrente contemporanea e il risultato darebbe quindi dei kVA effettivi.

Per terminare quanto riguarda la tensione occorre ricordare che, se si vuole introdurre il termine *potenza* o *capacità di rottura* espresso in kVA, è necessaria una definizione inequivocabile della tensione di rottura. Oserei anzi dire che il problema della tensione di rottura è sorto il giorno che sono sorti i citati kVA i quali possono assumere svariati valori a seconda della tensione adottata, ed aggiungerei che questo termine perderebbe importanza se le norme dovessero respingere l'espressione *kVA di rottura*.

3° *Corrente.*

Anche l'intensità di corrente nei riguardi di un interruttore va considerata sotto differenti aspetti a seconda dei fenomeni che si analizzano e quindi son da considerare:

la corrente normale,

la corrente di apertura di c. c.,

la corrente di chiusura su c. c.

la corrente di tempo limitato.

Sulla definizione e sull'importanza del termine *corrente normale* vi è poco da dire non potendo esservi alcuna divergenza in proposito. Sorvoliamo quindi questo termine nella presente discussione per esaminare la:

a) corrente di apertura di c. c.

Suppongo ben note le ragioni che danno alla curva di corrente di c. c. l'andamento che risulta dal diagramma (*a*) della fig. 2 (1); rammento soltanto che la cosidetta componente continua ha un valore variabile da zero a ± il valore massimo della componente alternata, a seconda del punto della curva di tensione che corrisponde all'istante in cui si stabilisce il c. c. Rammento inoltre che per correnti polifasi la componente continua non ha mai valore zero.

Dal diagramma risulta che l'intensità della corrente ha un valore decrescente dall'inizio del c. c. fino a quando si stabilisce la corrente di c. c. permanente, la quale ha un valore costante.

Tutti i tecnici sono d'accordo nel considerare che il lavoro dell'interruttore dipende dall'intensità della corrente nell'istante della separazione dei contatti e nella determinazione di questo valore non vi è possibilità di discussione se l'interruttore, per ritardo proprio o per taratura dei relais, inizia l'apertura quando si è già stabilita la corrente di c. c. permanente. Invece sorge incertezza se l'interruttore inizia la sua apertura prima che sia smorzata la componente continua, ed il dubbio nasce sulla maggiore o minore opportunità di tenere o no conto di tale componente.

Il dubbio deriva dai seguenti fatti:

1° La componente continua può avere una notevole influenza nel fenomeno dello spegnimento dell'arco e precisamente vi è il 50 % delle probabilità che lo faciliti ed altrettante che lo ostacoli. Ciò deriva dal fatto che la componente in questione sposta nel tempo l'istante in cui la corrente passa per il valore zero, e in conseguenza di tale spostamento il passaggio per lo zero avviene ad una tensione istantanea più bassa o più alta di quella corrispondente se vi fosse solo la corrente alternata fondamentale. Nel primo caso evidentemente lo spegnimento è facilitato, nel secondo caso invece ostacolato.

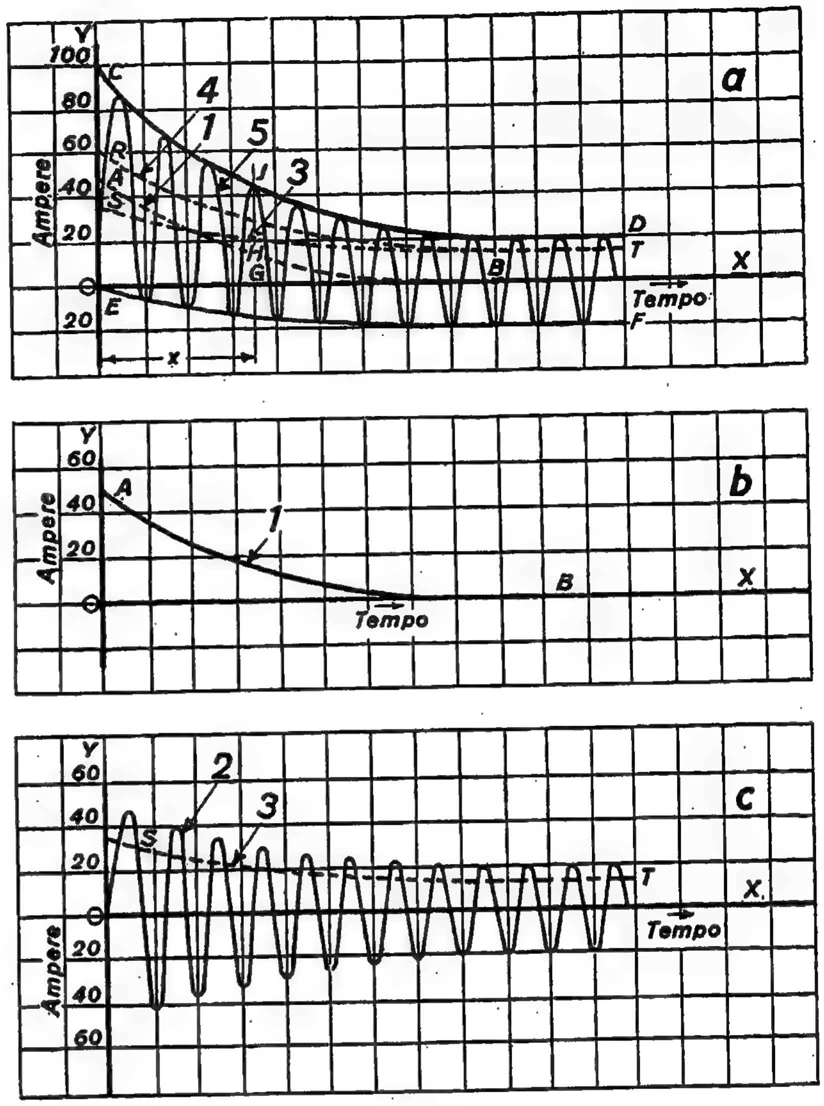


Fig. 2.

1 - Componente continua.
2 - » alternata.
3 - Valore efficace componente alternata.
4 - » » della corrente totale.
5 - Onda » » » »

È però da tenere presente che la componente continua si smorza con estrema rapidità e che invece il distacco dei contatti, per quanto fulmineo possa essere il funzionamento dell'interruttore, richiede sempre qualche centesimo di secondo, ritardo sufficiente a ridurre notevolmente il valore della componente continua eppertanto del fenomeno di cui si è parlato sopra.

2° Se si riguarda il problema dal lato del lavoro effettivamente compiuto nella rottura dell'arco, e precisamente se si considera soltanto il calore sviluppato, si trova ancora una volta che la corrente continua può agire sia nel senso di aumentare che di diminuire il quantitativo di tale calore; gli scarti dipendono dalla durata totale dell'arco, dal numero pari o dispari di semionde della corrente durante l'arco, e dal momento in cui avviene il distacco dei contatti.

Si osserva però che dovendosi prevedere sempre la condizione più gravosa la logica porta a tener conto anche della componente continua. Sta d'altronde il fatto che le varie formule escogitate per tenerne conto portano ad incrementare il valore della corrente in modo sproporzionato all'incremento di lavoro effettivo che si ha per effetto di questa componente.

3° Notevole importanza ha invece evidentemente questa ultima nei riguardi delle caratteristiche meccaniche dell'interruttore ed in particolare degli equipaggi mobili. E su questo non può esservi discussione.

Tenuto conto di quanto sopra ecco come le varie norme hanno risolto il problema.

(1) Dal Bollettino mensile supplementare della C. G. E., N. 6 - Anno VII.

Le norme svizzere definiscono la corrente di rottura come il valore efficace della componente alternativa che attraversa l'interruttore al momento della separazione dei contatti, escludendo cioè la componente continua. Identica definizione è nelle norme tedesche del 1929.

Le norme inglesi invece tengono conto anche della componente continua, adottando due sistemi a seconda che l'andamento della corrente si avvicina più o meno alla sinusoide.

Le norme americane, come ho già detto parlando della tensione, non parlano di c. c., quindi esse non si occupano della componente continua, però la corrente di rottura è definita come il valore efficace del primo semiperiodo di arco e quindi comprende tale componente.

La C.E.I. a Stoccolma ha adottato il concetto svizzero e tedesco e cioè di non considerare la componente continua, ma ha implicitamente, come vedremo poi, indicato che tale definizione non vale per gli interruttori estremamente rapidi a cui tendono i costruttori americani.

Avanti di chiudere l'argomento mi pare opportuno ricordare recenti studi, secondo i quali sembra che per ogni tipo di interruttore esista una *corrente critica* che sarebbe quella più gravosa per l'interruttore stesso nel senso che, oltrepassato il valore corrispondente a quello della *corrente critica*, il lavoro di rottura invece di aumentare, come normalmente si ritiene, diminuisce. Se questo fatto risultasse confermato, in caso di fortissimi amperaggi potrebbe risultare necessario indicare per ogni interruttore la sua corrente critica.

b) *Corrente di chiusura.*

Il diagramma della corrente indicato in fig. 2 mostra come la corrente all'istante in cui si forma il c. c. assuma valori altissimi sia per l'intervento della componente continua, sia per il comportamento delle macchine sincrone in queste condizioni. Tali intensità di corrente provocano effetti elettrodinamici che sottopongono l'interruttore a notevoli sforzi meccanici che potrebbero arrivare a rompere anche la traversa dell'equipaggio mobile.

Vi è poi in giuoco il riscaldamento dei contatti, che viene esaltato in via diretta per la forte densità di corrente che risulta nella superficie di contatto, ed in via indiretta, con certi tipi di spazzole, perchè le azioni elettrodinamiche citate diminuiscono la pressione di contatto provocando un aumento della resistenza ohmica e quindi una nuova causa di riscaldamento.

Questi riscaldamenti sono da temersi perchè nelle migliori ipotesi essi fanno trovare i contatti a temperature già elevate, e quindi in condizioni di minorata efficienza, quando si inizia l'arco di apertura (1).

È sembrato pertanto opportuno dover tener conto di questi fatti includendo, nella serie dei dati che caratterizzano l'apparecchio, la corrente iniziale di c. c. E poichè a parità di intensità la sollecitazione risulta più pericolosa se gli organi dell'interruttore sono in movimento per la chiusura anzichè se il c. c. si stabilisce quando l'interruttore stesso è già chiuso, questa corrente viene chiamata come *corrente di chiusura*. La definizione di questo termine si trova solo nelle norme inglesi e suona così: « il valore istantaneo massimo della corrente nel mezzo periodo di maggiore ampiezza susseguente alla chiusura dei contatti ». Similmente e più semplicemente a Stoccolma è stata adottata la seguente dicitura: « il valore istantaneo massimo compresa la componente continua ».

C'è però da osservare che, alle frequenze usuali ed alle alte tensioni, il c. c. si stabilisce per mezzo di arco prima che i contatti si tocchino e, poichè tale arco non può adescarsi che per un valore istantaneo di tensione diverso da zero, ne deriva che la componente diretta e quindi anche la corrente iniziale di c. c. non avranno mai il loro massimo valore (1).

Forse in base a queste considerazioni le direttive svizzere si limitano a raccomandare semplicemente che l'interruttore deve essere in grado di sopportare la più forte corrente iniziale; comunque in un modo o nell'altro l'introduzione di questo termine mi sembra assai opportuna, perchè non è raro il caso di interruttori distruttisi durante la chiusura su c. c. Anzi, stando alle statistiche della UNFIEL, su otto casi denunciati 4 volte gli scoppi avvennero durante la chiusura, per due casi non vennero date spiegazioni e solo per un caso si ebbe lo scoppio durante l'apertura. Per quanto limitata sia stata l'indagine essa mostra già l'enorme importanza che può avere il fenomeno della chiusura su c. c.

Sempre a proposito dell'opportunità di questo termine può essere opportuno far risaltare che esso è l'unico elemento che indichi le caratteristiche meccaniche dell'interruttore, caratteristiche che sono necessarie a conoscersi, ad esempio quando si utilizza l'apparecchio per una tensione inferiore a quella per la quale è stato costruito.

Questo modo di utilizzazione, molto diffuso nella pratica, si basa sul concetto che, *grosso modo*, il lavoro di rottura rimane invariato se le correnti di rottura sono in qualche modo inversamente proporzionali alle tensioni. Così ad esempio un interruttore per 5000 A di rottura di c. c. e 10.000 V può venire utilizzato per 10.000 A a 5000 V; però se tale calcolo può andar bene per quanto riguarda il lavoro di rottura non è detto che meccanicamente l'apparecchio possa portare i 10.000 A di c. c. e la relativa maggiore corrente iniziale; e il controllo può essere fatto soltanto conoscendosi il valore della corrente di chiusura massimo sopportato dall'apparecchio.

c) *Corrente di tempo ridotto.*

Può darsi che, per taratura a tempo molto ritardato o per mancato funzionamento del relais o delle bobine di sgancio o per qualsiasi altra ragione, il c. c. si prolunghi per molto tempo. In previsione di queste condizioni è necessario che l'interruttore sia in grado di sopportare, per tale durata ed agli effetti sia termici che meccanici, intensità di corrente molto superiori alle normali. Anche di questo fattore hanno voluto tener conto certe norme (inglesi e americane) indicandolo come *corrente di tempo ridotto* oppure, traducendo meno pedissequamente, *corrente di sovraccarico temporaneo*. In ambedue le norme questa corrente viene espressa in valore efficace ed a tale criterio si è attenuta la C.E.I. a Stoccolma.

4° *Fattore di potenza.*

L'influenza del fattore di potenza nel fenomeno dell'apertura dell'arco in olio è fuori di dubbio, sebbene non vi sia accordo nello spiegarne i motivi.

Non è qui il caso di analizzare ed esporre le diverse teorie, tanto più che tutte concludono con la circostanza che l'apertura è sempre più gravosa quanto più basso risulta il $\cos \varphi$. (Solo recentemente in uno studio inglese ho trovato esposta la teoria che la condizione peggiore è per $\cos \varphi = 0{,}35$ circa invece che per $\cos \varphi$ zero).

Con tali premesse non sembra vi sia possibilità di divergenza in sede di « Norme », l'unico dubbio potendo nascere sull'opportunità di ritenere variabile secondo le circostanze questo elemento nel qual caso l'esercente dovrebbe calcolarlo di volta in volta per ogni ordinazione.

È da tener presente che per il caso di c. c. questo calcolo si presenterebbe praticamente impossibile, così che si dovrebbe ricorrere a formule empiriche di dubbio valore, e con scarso risultato perchè il costruttore non potrebbe moltiplicare i suoi tipi di interruttori per adattarli ai vari $\cos \varphi$.

(1) Non è da credere che la rapidità del fenomeno renda ipotetico questo pericolo, dato che la saldatura dei contatti può avvenire in un tempo inferiore a 1/100 di secondo cioè, per corrente a 50 periodi, in meno di mezzo periodo.

(1) Realmente in pratica ogni c. c. è preceduto da un arco.

Tenuto conto di ciò e tenuto conto che questi apparecchi, per la delicata funzione cui sono destinati, debbono garantire un buon funzionamento anche nelle più difficili condizioni, sia le norme inglesi che la C.E.I. a Stoccolma hanno fissato che ogni interruttore deva poter funzionare egualmente bene a qualsiasi cos φ. Posta la questione in questi termini l'elemento fattore di potenza non mi sembra debba rientrare nelle definizioni, pur dovendo essere usato nelle norme.

5° *Capacità o potenza di rottura.*

Questo termine, che rappresenta il prodotto degli ampère di rottura per la tensione di rottura, cioè di due elementi non contemporanei, e che non tiene conto del cos φ, è una delle espressioni meno tecniche che si possa incontrare.

Eppure si è diffuso con grande rapidità, incontrando quasi ovunque simpatia e riuscendo a comparire ufficialmente anche nelle norme americane e inglesi.

Ritengo che tale espressione, derivante dalla nota formula di Bauer:

$$A = k\, U_4\, I\, c\, T_2 = \text{kVA}\, c\, T_2$$

tragga la sua fortuna dal fatto che per un dato interruttore il suo valore è *grosso modo* costante entro un certo dintorno della tensione normale, ciò che rende rapido il calcolo della corrente di apertura dell'interruttore per questo campo di tensioni.

Non si può negare a questa espressione un certo pregio, quando si devono confrontare interruttori di due reti connesse attraverso un trasformatore, perchè i valori in kVA sono immediatamente confrontabili, mentre i valori in ampère vanno ridotti nel rapporto delle tensioni delle reti.

Resta a vedere se questi limitati vantaggi giustifichino l'adozione di un'espressione errata tecnicamente e terminologicamente. Sta di fatto che a Stoccolma questo termine venne seppellito con un sorriso ironico di tutti i delegati senza alcuna discussione.

6° *Frequenza.*

È incerto se e in quale misura la frequenza intervenga nel comportamento dell'interruttore; ad ogni modo essa viene sempre citata nelle caratteristiche dell'apparecchio. Non vi è però alcuna necessità di una particolare menzione nel capitolo delle definizioni.

7° *Ciclo di lavoro.*

Secondo la pratica d'esercizio, quando per ragioni ignote un interruttore scatta, esso viene subito richiuso, e se il primo scatto è avvenuto per un c. c. che perdura, questa richiusura viene fatta sotto c. c. e sarà per forza di cose seguita immediatamente da una nuova apertura; in sostanza quindi il lavoro che deve eseguire un interruttore in caso di c. c. consiste in una serie di aperture e chiusure a breve intervallo di tempo; quindi è logico dover precisare bene questo compito e farlo rientrare nelle definizioni e specificazioni.

Sulla scelta di questo ciclo a Stoccolma è stata intavolata una discussione quanto mai lunga e sproporzionata, a mio avviso, all'entità della questione. Dico questo perchè, pur riconoscendo la necessità di una definizione, ritengo che questa non abbia grande importanza tecnica, dato che la costruzione dell'interruttore è indipendente dal ciclo adottato e in secondo luogo perchè teoricamente si presuppone di ripetere svariate volte lo stesso lavoro, mentre è impossibile che in tutte le operazioni previste dal ciclo restino costanti ed identici tutti quegli elementi che concorrono a determinare il lavoro di rottura. Comunque la discussione è stata ampia e più che altro impostata sui vari cicli già adottati dalle altre norme e precisamente quelli indicati dalle seguenti espressioni:

1) *o-t-co-t-co* (Francia, Svizzera, Canadà);
2) *co-t-co-t-co* (Cecoslovacchia);
3) *o-t-co* (Inghilterra);
4) *c-t-c* (Inghilterra);
5) *co-t-co* (Norvegia).

dove *c* significa chiusura, *o* apertura, *t* un intervallo di tempo da stabilirsi e *co* una chiusura seguita immediatamente da apertura.

Delle cinque espressioni, tolta la 4ª di cui si parlerà a parte, mi trovo imbarazzato a dire se vi siano ragioni per cui una debba preferirsi all'altra.

C'è da osservare che le formule 4) e 5) sono già contenute nella 1) e nella 2); quindi la scelta va limitata a queste due ultime che differiscono soltanto per le condizioni iniziali. Alla fine ha prevalso la formula 1). Però la C.E.I. non ha proseguito la discussione per fissare in quale condizione dovrebbe trovarsi l'interruttore dopo simili operazioni.

Al riguardo le norme americane, svizzere e inglesi precisano che l'interruttore deve essere in grado di funzionare regolarmente ai carichi normali; le prime due norme però ammettono che possa essersi prodotta una diminuzione d'efficienza tale che l'interruttore non sia in grado di funzionare sotto nuovi violenti c. c. senza un'opportuna revisione.

Potrebbe discutersi sull'opportunità di questa postilla specialmente se si ha riguardo che la revisione dei grossissimi interruttori per più di 100 kV e per installazione all'aperto implica giornate di interruzione.

Notevolmente rigorosa è la prescrizione francese secondo la quale, per dichiarare che un interruttore ha superato regolarmente le prove, occorre che durante le operazioni del ciclo non vi sia stata fuoruscita di olio.

Circa la proposta 4) basta osservare che la sua ragione di essere risiede nel fatto che gli inglesi hanno introdotto nelle norme la classe di interruttori non automatici, i quali, pur non dovendo interrompere c. c., tuttavia possono, per cause accidentali, essere chiusi su c. c. Per tale classe di interruttori vale quindi il ciclo di cui all'espressione 4), ciclo ammesso anche dalla C.E.I. a Stoccolma.

8° *Varie.*

Nelle varie norme si incontrano numerose altre definizioni di carattere però essenzialmente formale, quali quelle dei contatti principali, secondari, del numero delle rotture ecc. (Le definizioni inglesi comprendono 34 voci, quelle americane altrettante). Ciò riguarderà più che altro l'estensore delle norme italiane e non credo che interessi per il momento il lettore.

PRESCRIZIONI E COLLAUDI.

Nel capitolo precedente riguardante le definizioni molto spesso ho dovuto sconfinare dall'argomento e parlare anche delle norme, così ora poco resta a dire a questo riguardo.

a) Tipo d'interruttore.

Il tipo d'interruttore, secondo le norme inglesi, viene definito dai seguenti elementi:

1) Numero dei poli (sistema di corrente).
2) Tensione normale.
3) Corrente normale.
4) Frequenza »
5) Capacità di rottura (kVA).
6) Corrente di chiusura.
7) Corrente di sovraccarico momentaneo.
8) Marca di qualità.

Gli americani invece di capacità di rottura adottano la corrente di rottura. Essi omettono poi la corrente di chiusura.

Gli inglesi omettono invece per la categoria di interruttori non automatici le voci 5), 6) e 7).

A Stoccolma è stato invece deciso che « il potere di funzionamento di un interruttore è determinato da uno o più cicli di operazioni che questo interruttore può sopportare nelle determinate condizioni di corrente, tensione, fattore di potenza e frequenza » cioè questi elementi devono essere specificati per caratterizzare l'apparecchio. Non è però detto a quale condizione di funzionamento devono corrispondere tali dati.

Qui mi sembra opportuno porre un quesito, chiedere cioè se le indicazioni di targhetta o di listino devono dare la corrente di rottura di c. c. massima assoluta oltre la quale l'apparecchio può essere danneggiato, oppure un valore opportunamente ridotto.

La domanda trae origine dal fatto che leggendo i resoconti di prove di interruttori capita spesso di osservare che apparecchi, dati commercialmente per una certa corrente di c. c., alle prove hanno interrotto bensì tale corrente, ma con manifesti segni di avere rasentato il limite massimo della loro efficienza.

Ciò dimostrerebbe la tendenza da parte almeno di qualche costruttore di battezzare i propri apparecchi secondo tale limite, e il fatto non avrebbe niente di grave se il sistema fosse generalizzato e sopratutto ben noto perchè allora l'esercente sa che è suo compito applicare i coefficienti di sicurezza.

Osservo però che usualmente per il macchinario elettrico le potenze indicate dalle targhette possono essere utilizzate al 100 % ed anche sorpassate, perchè le targhette stesse vengono compilate tenendo conto dei coefficienti di sicurezza occorrenti e quindi secondo un criterio diverso da quello accennato per gli interruttori.

b) *Tensione normale.*

Trattasi più che altro di questione di isolamento che non può dare luogo a gravi divergenze; sotto questo titolo rientra la scala delle tensioni normali: a titolo di informazione riporto quelle inglesi ed americane:

Inglesi: kV 0,66; 3,3; 6,6; 11; 22; 33; 44; 55; 66; 88; 110; 132; 165; 220.

Americane: kV 0,75; 1,5; 4,5; 7,5; 15; 23; 34; 46; 69; 92; 115; 138; 161; 196; 230; 345.

c) *Tensione di rottura.*

A complemento di quanto già detto nel capitolo precedente deve solo aggiungersi che, se questo termine viene introdotto nelle norme, è necessario specificare come deve essere misurata tale tensione. La difficoltà riguarda i circuiti polifasi e nasce dal fatto che lo spegnimento dell'arco non avviene contemporaneamente su tutte e tre le fasi.

Ciò ha doppia influenza in quanto che:

1° i dati delle varie fasi che si desumono dagli oscillogrammi non corrispondono allo stesso istante;

2° la tensione che si stabilisce fra i due contatti di una fase ad ogni passaggio per lo zero della corrente varia a seconda del numero delle fasi del sistema.

Un esame dettagliato di questi fenomeni porterebbe ad una digressione fuori dei limiti fissati per questa nota; a me basta aver accennato al fatto, indicando che la questione non è stata svolta in nessuna norma esistente. Queste considerazioni sono valide anche per quanto riguarda la misura delle correnti e delle capacità di rottura, così che il presente accenno mi dispensa dal ritornare sull'argomento.

d) *Corrente normale.*

Ovviamente questo dato è necessario per il dimensionamento dei contatti nei riguardi del limite di riscaldamento. Questo limite è stabilito in 30° C nelle norme francesi e in 30° C o 40° C nelle norme inglesi e tedesche a seconda che si tratti di interruttori fino od oltre i 2000 Ampère.

Anche per le correnti occorre stabilire la scala delle intensità normali, scala che risulta così composta nelle norme inglesi:

30, 60, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000 Ampère,

e invece nelle norme tedesche:

60, 100, 200, 350, 600, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 Ampère.

e) *Corrente di rottura di c. c.*

L'argomento è stato esaurientemente esaminato in precedenza. Si è già fatto anche accenno alla questione della misura di questa corrente così che non rimane che indicare i valori *standard* adottati a questo riguardo dalle varie norme. Contemporaneamente si danno i valori *standard* delle potenze o capacità di rottura (v. Tabella I e II).

Dall'analisi della tabella inglese risulta che praticamente la tensione di rottura viene considerata eguale alla tensione normale. Occorre ricordare che per gli inglesi la corrente di rottura comprende la componente continua.

A proposito di questa componente può essere qui il luogo di far risaltare la decisione della C.E.I. di limitarne l'entità al 30 % del valore della corrente fondamentale. Formula strana per dire che le norme non considerano gli interruttori estremamente rapidi: però più logica di quella svizzera secondo la quale l'interruttore deve essere in grado di interrompere anche la più forte possibile corrente iniziale di c. c.

f) *Corrente di chiusura.*

Ritorno su questo argomento, quantunque sia stato già esaurientemente discusso in precedenza, per segnalare un quesito riguardante le modalità per la prova di collaudo. Si do-

TABELLA I.

CORRENTI DI ROTTURA STANDARD INGLESI

Capacità di rottura kVA (1)	Tensione normale in kV													
	0,66	3,3	6,6	11	22	33	44	55	66	88	110	132	165	220
5.000	4.400	880	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.000	8.800	1.760	880	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15.000	13.000	2.600	1.300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.000	22.000	4.400	2.200	1.300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50.000	44.000	8.800	4.400	2.600	1.300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75.000	66.000	13.000	6.600	3.900	2.000	1.300	—	—	—	—	—	—	—	—
100.000	88.000	17.600	8.800	5.200	2.600	1.750	1.300	—	—	—	—	—	—	—
150.000	—	26.000	13.000	7.800	4.000	2.600	2.000	1.560	1.300	—	—	—	—	—
250.000	—	44.000	22.000	13.000	6.600	4.400	3.300	2.600	2.200	1.600	1.300	1.100	—	—
350.000	—	61.000	30.500	18.500	9.250	6.100	4,625	3.600	3.050	2.300	1.800	1.525	1.225	—
500.000	—	88.000	44.000	26.000	13.000	8.800	6.500	5.200	4.400	3.200	2.600	2.200	1.750	1.30
750.000	—	—	66.000	40.000	20.000	13.000	10.000	7.800	6.600	4.800	3.900	3.300	2.650	2.00
1.000.000	—	—	88.000	52.000	26.000	17.500	13.000	10.400	8.800	6.400	5.200	4.400	3.500	2.60
1.500.000	—	—	132.000	80.000	40.000	26.000	20.000	15.600	13.000	9.600	7.800	6.600	5.300	4.00

(1) Valori approssimativi.

TABELLA II.

CORRENTI DI ROTTURA STANDARD AMERICANE

(Interruttori per aperto)

Capacità di rottura kVA (1)	Tensione normale in kV								
	23	34,5	46	69	92	115	138	161	230
125.000	3.000	2.000	1.600	1.300	—	—	—	—	—
350.000	9.000	5.900	—	—	—	—	—	—	—
500.000	—	—	6.500	4.200	3.100	2.500	—	—	—
750.000	19.000	13.000	—	—	—	—	3.100	2.700	—
1.000.000	25.000	17.000	13.000	8.400	6.300	5.000	—	—	—
1.500.000	—	25.000	19.000	12.600	—	7.500	6.300	5.400	3.700
2.000.000	—	—	—	—	—	—	—	—	6.300
2.500.000	—	—	—	21.000	—	12.500	10.500	9.000	—

(1) Valori approssimativi.

manda cioè se è possibile, per interruttori ad altissima tensione, fare questa prova ad una tensione inferiore alla tensione normale dell'interruttore. È evidente il grande vantaggio che si otterrebbe se si potesse ammettere una simile semplificazione, senza contare che in tale modo si potrebbe ovviare in parte all'inconveniente che l'arco di chiusura riduce od abolisce la componente continua.

Infatti, supposto di dover provare un interruttore per 100 kV a 50 periodi avente l'olio con una rigidità dielettrica di 10 kV per mm ed avente una velocità di chiusura di un metro al secondo, la possibilità che l'arco si adeschi comincia quando i contatti sono a 10 mm di distanza fra di loro, il quale spazio è percorso in 1/100 di secondo, tempo comprendente un intero mezzo periodo.

Adottando invece una tensione di prova di 10 kV tali valori si riducono rispettivamente ad 1 mm, 1/1000 di 1" ed a 1/20 di periodo. È facile vedere, con un calcolo ed un diagramma che si omettono per brevità, che nel primo caso l'arco si adescherà per una tensione istantanea sempre superiore al 42 % della tensione massima, quindi la componente continua avrà sempre un valore ridotto: nel secondo caso invece vi è il 25 % di probabilità che l'arco si adeschi a tensioni inferiori al 42 % e quindi anche a tensione zero, cioè vi è anche la probabilità che l'arco non si adeschi del tutto.

g) Corrente di tempo ridotto.

Quanto detto sopra a proposito della corrente di chiusura può ripetersi a proposito della corrente di tempo ridotto; in questo caso anzi la tensione non entra affatto in giuoco, così che deve essere indifferente la tensione di prova.

Divergenze sono sorte a Stoccolma sulla durata di questa corrente di sovraccarico, questione però che esula completamente dal campo tecnico. Dopo qualche discussione fra 1" e 5" infine è stato adottato questo ultimo valore.

h) Fattore di potenza.

In conformità a quanto detto in precedenza a questo proposito sarebbe desiderabile che le prove fossero fatte con fattore di potenza praticamente uguale a zero. Però a ciò si oppongono ragioni di possibilità pratica di realizzare un simile $\cos \varphi$, e così a Stoccolma è stato deciso che le prove devono essere fatte con un fattore di potenza non superiore a 0,15.

i) Ciclo di operazioni.

Nulla avendo da aggiungere a quanto già detto circa la capacità di rottura e la frequenza, ritorno senz'altro al *ciclo di operazione* a proposito del quale resta da fissare il valore dell'intervallo di tempo *t* che risulta nelle espressioni citate.

La pratica d'esercizio porterebbe a fissare tale tempo in un minuto circa; però contro questo limite sta la difficoltà di eseguire accuratamente tutte le operazioni necessarie in così breve intervallo di tempo. Dato che anche la preparazione degli oscillogrammi richiede un tempo non indifferente e che in realtà un maggiore intervallo di tempo avrebbe limitatissima influenza sull'esito delle prove, a Stoccolma è stato adottato per *t* il valore di tre minuti primi.

Insisto ancora su quanto già detto a questo proposito nel capitolo definizioni, cioè che occorre anche indicare in quali condizioni deve trovarsi l'interruttore dopo le prove.

l) Categoria delle prove.

Un altro argomento che merita di essere esaminato riguarda l'opportunità di stabilire due categorie di prove e cioè quelle di tipo e quelle individuali.

Le prime dovrebbero servire a rilevare le caratteristiche di un dato tipo di interruttore e potrebbero essere fatte una volta tanto: esse dovrebbero comprendere le prove di chiusura su c. c. a tensione normale e le prove di apertura di c. c.

Le prove individuali invece servirebbero a rilevare eventuali difetti di lavorazione o di materiale e potrebbero essere limitate alla chiusura sotto c. c. la quale prova sottopone tutto l'interruttore a violenti sforzi meccanici.

Le ragioni che militano a favore di una distinzione di questo genere sono le stesse che indussero a fare analoga distinzione nelle prove degli isolatori; non credo quindi sia il caso di diffondersi in proposito.

m) Varie.

In vari studi tecnici è stato proposto di introdurre nelle norme per la specificazione degli interruttori quegli elementi, quali il numero delle rotture per fase, la distanza fra le varie interruzioni, la velocità e la corsa dell'equipaggio ecc. in base ai quali risultasse possibile calcolare la portata dell'apparecchio.

Le norme moderne pur riportando nelle definizioni tali elementi non prescrivono però al costruttore di comunicare tali dati.

Sta di fatto che il calcolo fatto su di essi può dare tutti i risultati che si vogliono scegliendo opportunamente sia la formula che i coefficienti che entrano in essa.

Più importante ancora è però la considerazione che tale calcolo non risulta più possibile, e quindi risulta inutile la prescrizione di fornire tali dati, con i nuovi tipi di interruttori quali quelli a camere d'esplosione, o a cellule deionizzanti per limitarci ai più noti.

CONCLUSIONE.

Nelle premesse ho limitato lo scopo di questa nota all'analisi delle divergenze tecniche che possono nascere nelle compilazioni delle norme per interruttori in olio. Ora sono perfettamente conscio di avere appena sfiorato le questioni più importanti e di averne tralasciate moltissime altre. Tuttavia non credo opportuno insistere, perchè dovrei entrare in questioni di dettaglio o di forma, questioni che potranno essere trattate con molto maggior profitto quando, accordatisi i tecnici sulle questioni qui svolte, il lavoro delle norme risulterà nettamente impostato e in massima parte risolto.

Per finire mi permetto di insinuare che per quanto sia necessaria ed utile la compilazione delle norme, queste però non potranno essere studiate in modo da soddisfare l'aspettativa dei tecnici fino a quando o per iniziativa di un sindacato di imprese elettriche o di qualche ditta costruttrice anche l'Italia non disporrà di una stazione sperimentale per lo studio ed il collaudo degli interruttori.

ING. LEONARDO MAGGI.

ING. NOVERINO FALETTI

« DINAMO » SOC. IT. PER IMPRESE ELETTRICHE

Un interessante gruppo per trazione, con regolazione della potenza in funzione della tensione della linea di contatto, installato nella Centrale di Varzo della società Dinamo

PREMESSE.

In seguito ad accordi intervenuti fra le Ferrovie dello Stato Italiane e le Ferrovie Federali Svizzere, queste ultime, che già avevano l'esercizio della trazione a vapore sul tratto di linea Domodossola-Iselle-Confine, furono incaricate di eseguire per il maggio 1930 l'elettrificazione di tale tronco ferroviario, per conto delle Ferrovie dello Stato Italiane, con corrente alternata monofase a 15 000 V e 16,7 periodi.

In questa occasione le Ferrovie Federali hanno dovuto trasformare in monofase 16,7 periodi, il sistema di trazione sulla Briga-Iselle, comprendente la galleria del Sempione, che era una delle pochissime sezioni a trazione trifase della rete elettrificata della Svizzera; e così sono state trasformate l'officina di Massaboden in Svizzera e quella di conversione della Società Dinamo a Varzo che produceva energia trifase a 3 300 V e 16,7 periodi per l'alimentazione della trazione attraverso la galleria del Sempione suddetta.

Poichè dopo la trasformazione il nuovo gruppo da installare a Varzo avrebbe dovuto funzionare in parallelo con l'intera rete delle Ferrovie Federali Svizzere, venne deciso di abbandonare il gruppo convertitore esistente (dalla trasformazione del quale si sarebbe del resto ottenuta una potenza monofase insufficiente) e di installare invece un nuovo gruppo generatore monofase, costituito da turbina idraulica-alternatore, col quale sarebbe stato possibile regolare meglio il funzionamento in parallelo e la ripartizione del carico (fig. 1).

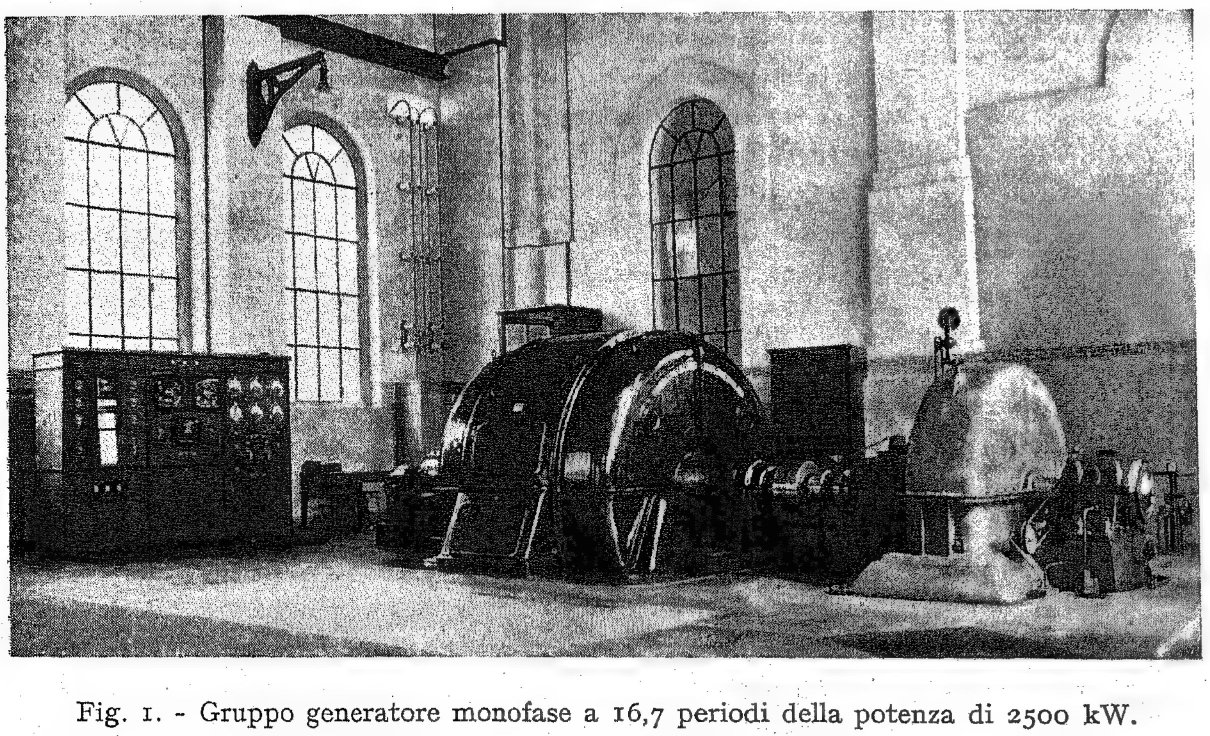


Fig. 1. - Gruppo generatore monofase a 16,7 periodi della potenza di 2500 kW.

CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO DEL GRUPPO.

Le Ferrovie Federali hanno interesse a ritirare il minor quantitativo possibile di energia da Varzo perchè la loro disponibilità di energia è tale da garantire in ogni caso un valore normale della frequenza su tutta la loro rete. Il gruppo di Varzo serve quindi, alle Ferrovie Federali, sovratutto per ridurre la caduta di tensione sul tronco di linea di contatto Briga-Domodossola, ed il prelievo di energia da Varzo viene limitato al minimo necessario per impedire che tale caduta di tensione abbia a superare un valore massimo prestabilito.

La Dinamo a sua volta ha interesse ad evitare che il gruppo abbia a funzionare a carico troppo basso e quindi in cattive condizioni di rendimento.

Il gruppo è poi destinato a rendere alle Ferrovie Federali un importante servizio di riserva nel caso di guasti alle linee elettriche di alimentazione della Centrale di Massaboden od alle linee di contatto fra Briga e Iselle.

In questi casi il gruppo di Varzo deve provvedere alla trazione funzionando in parallelo con la sola Centrale di Massaboden o deve addirittura, funzionando da solo in servizio separato, provvedere ad una circolazione ridotta dei treni sul tratto Iselle-Domodossola.

Avuto riguardo sopratutto alla possibilità di questo servizio separato, la potenza del gruppo è stata fissata in 2 500 kW a $\cos \varphi = 0,8$.

Tenute presenti le considerazioni di cui sopra le condizioni di funzionamento del gruppo sono state stabilite come segue.

In servizio normale le variazioni della potenza erogata dal gruppo (e quindi l'apertura e la chiusura del distributore della turbina) non devono dipendere dalle variazioni di frequenza della rete, come avviene normalmente, ma invece dalle variazioni della tensione sulla linea di contatto delle Ferrovie Federali Svizzere a Varzo.

La regolazione della turbina deve pertanto essere sottratta all'influenza del pendolo centrifugo e deve invece essere comandata da uno speciale regolatore di potenza, sensibile alle variazioni di tensione e collegato alla rete.

A questo scopo, una volta avviato il gruppo ed effettuata la manovra di parallelo, il pendolo, mediante una opportuna

puleggia conica montata sul suo albero, viene fatto girare ad una velocità del 10 % inferiore a quella corrispondente alla velocità normale della turbina. Contemporaneamente viene inserito il dispositivo automatico di regolazione, costituito dal regolatore di potenza suddetto, il quale agisce, con l'intermediario di due relais ausiliari, sul motorino variagiri che comanda l'apertura e la chiusura della turbina.

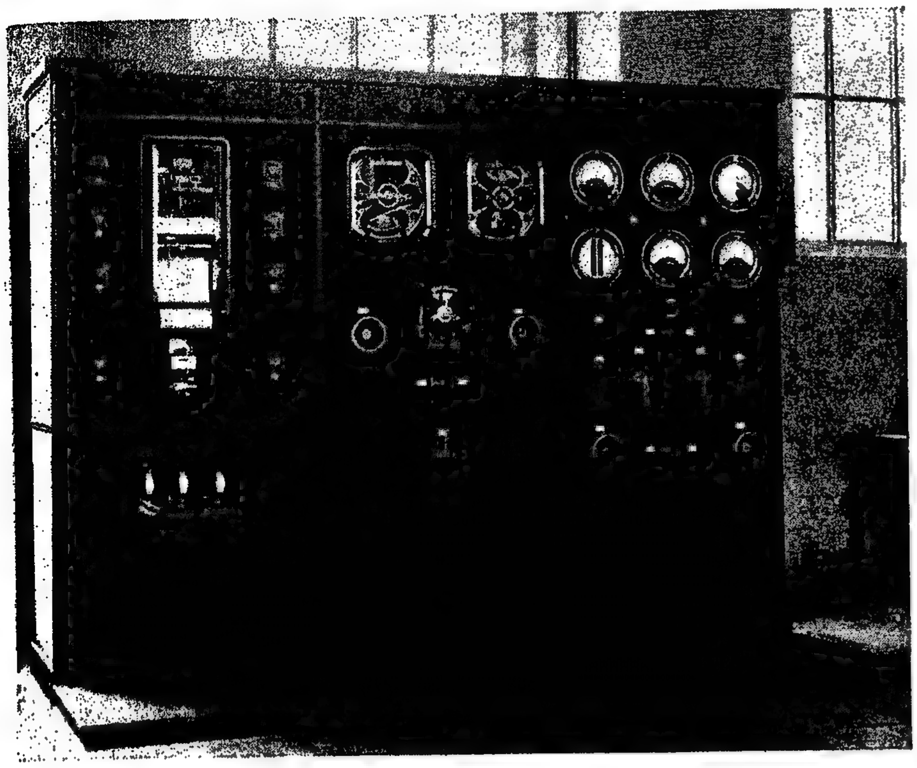


Fig. 2. - Quadro di manovra e regolazione.

In queste condizioni, in caso di distacco improvviso del carico per lo scatto degli interruttori automatici, il regolatore di velocità interviene non appena il numero dei giri del gruppo sia salito ad un valore del 10 % superiore alla velocità normale di 500 giri. Gli aumenti di velocità del gruppo dovuti a brusche riduzioni del carico e le nuove velocità di regime conseguenti sono quindi del 10 % superiori a quelle che si avrebbero in condizioni normali di taratura del pendolo centrifugo.

La regolazione della potenza in relazione alla tensione deve avvenire nel modo seguente:

a) Fino a che il valore della tensione alla linea di contatto (misurata ai morsetti secondari del trasformatore elevatore di Varzo) rimane compreso fra 16 000 e 14 300 V l'alternatore funziona come compensatore di fase sovraeccitato e la turbina deve rimanere ermeticamente chiusa, trascinata in rotazione dalla macchina sincrona funzionante come motore. In queste condizioni la macchina sincrona deve poter assorbire automaticamente, per effetto del regolatore automatico di tensione di cui è provvista, ed a mano a mano che la tensione diminuisce, fino alla massima potenza apparente a cos $\varphi = 0$ sovraeccitata indicata nell'ordinazione;

b) Non appena la tensione scende al disotto del valore di 14 300 V, il regolatore di potenza deve mettere in moto il motorino variagiri provocando l'apertura della turbina, fino a raggiungere una potenza erogata dal gruppo non inferiore a 840 kW circa (1/3 della potenza normale).

Se la tensione continua a diminuire, la potenza erogata deve aumentare gradatamente fino a raggiungere il massimo di 2 500 kW quando la tensione assume il valore di 13 800 V;

c) A mano a mano che la turbina si apre, il regolatore di tensione deve ridurre automaticamente l'eccitazione dell'alternatore in modo che la corrente erogata da questo non abbia mai a raggiungere un valore superiore a quello corrispondente alla potenza normale in kVA dell'alternatore, e che in corrispondenza del carico massimo di 2 500 kW la corrente stessa venga erogata con cos $\varphi = 0{,}8$ in ritardo.

d) Se la tensione aumenta, la richiusura completa della turbina non deve avvenire se non quando il valore della tensione sia risalito a 14 800 V.

e) Le manovre di apertura e di chiusura devono comunque avvenire in modo che quando il gruppo fornisce una potenza attiva, questa non sia mai inferiore a 840 kW circa (1/3 della potenza normale).

f) Quando la tensione sulla linea di contatto supera il valore di 16 000 V, la macchina sincrona deve funzionare come compensatore di fase sottoeccitato e assorbire automaticamente, per effetto del regolatore automatico di tensione, ed a mano a mano che la tensione aumenta, fino alla massima potenza apparente a cos $\varphi = 0$ sottoeccitata indicata nell'ordinazione.

g) In caso di bisogno il gruppo deve poter fornire in modo continuo tutta la sua potenza normale anche indipendentemente dal valore della tensione sulla linea di contatto; deve cioè poter funzionare con lo speciale regolatore di potenza escluso e col regolatore della turbina influenzato come normalmente dalle variazioni di velocità della rete.

Caratteristiche del gruppo.

Turbina Pelton ad un getto calcolata per N = HP 3 800, H = m 445, Q = 775 l/sec, n = 500 giri al primo.

Alternatore monofase 3 150 kVA, cos $\varphi = 0{,}8$ in ritardo, 16,7 periodi, 3 250 ± 10 % V; munito di una eccitatrice principale e di una eccitatrice ausiliaria. Potenza apparente come condensatore sincrono a 3 500 V e cos $\varphi = 0$: 2 600 kVA se sovraeccitato, 2 100 kVA se sottoeccitato.

Trasformatore monofase 3 200 kVA, 16,7 periodi, 3 250/13 800 V a pieno carico e cos $\varphi = 0{,}8$.

In sede di collaudo è stato constatato che il gruppo può sviluppare fino alla potenza massima di 2 800 kW e che l'alternatore, funzionando da condensatore sincrono sovraeccitato, può assorbire l'intera sua potenza apparente di 3 150 kVA a cos $\varphi = 0$.

Regolazione automatica della tensione.

Il regolatore automatico di tensione è il noto tipo di regolatore ad azione rapida della Brown Boveri; la fig. 3 ne mostra lo schema d'inserzione. Come si vede il sistema motore del regolatore è influenzato oltrechè dalla tensione anche dalla corrente fornita dal gruppo ed i collegamenti sono disposti in modo che gli effetti prodotti sul sistema motore stesso dalla tensione e dalla corrente si sommano. Ne segue che, a mano a mano che cresce la corrente, l'equipaggio mobile del regolatore può restare in equilibrio per valori sempre più bassi della tensione; in altre parole, un aumento di corrente influisce sul regolatore in modo da farlo intervenire a ridurre l'eccitazione dell'alternatore.

L'effetto di compensazione della corrente I sul regolatore dipende però manifestamente dallo sfasamento φ fra essa e la tensione V. È facile vedere che la componente della I in fase con V esercita la sua influenza sul regolatore quasi esclusivamente attraverso la resistenza regolabile R e che invece la componente della I in quadratura con V fa sentire la sua influenza pressochè solo attraverso la bobina di mutua induzione B.

Infatti se indichiamo con:

$\overline{V}$ la tensione disponibile ai morsetti secondari del riduttore di tensione;

$\overline{I}$ la corrente nel circuito secondario del riduttore di corrente;

$\overline{Z}$ l'impedenza complessiva del circuito alimentato dal riduttore di tensione;

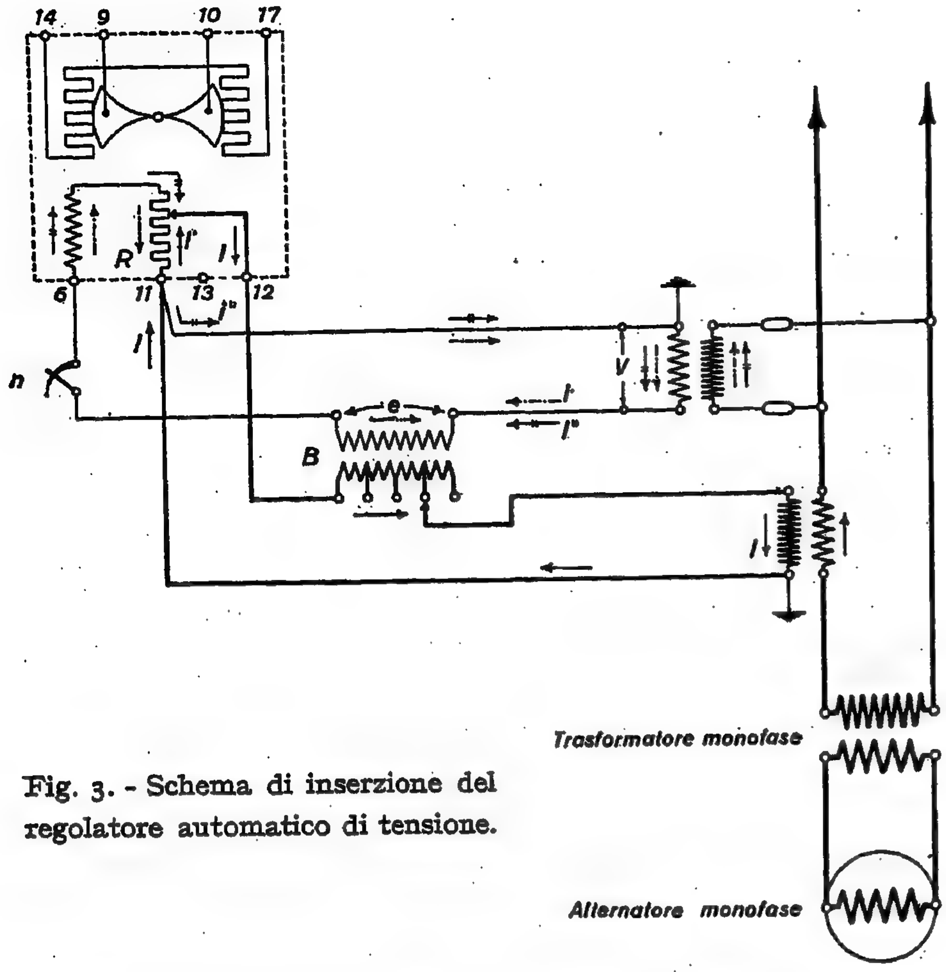


Fig. 3. - Schema di inserzione del regolatore automatico di tensione.

R la porzione della resistenza regolabile inserita nel circuito del riduttore di corrente;

$\mathcal{M}$ il coefficiente di mutua induzione della bobina B (che si può ritenere pressochè costante perchè il poco ferro su cui sono avvolte le due bobine è saturo);

$\bar{e} = -j\,\omega\,\mathcal{M}\,I$ la tensione indotta, attraverso la bobina di mutua B, dalla corrente I nel circuito su cui agisce la V;

si ricava che la corrente I_v che circola nel sistema motore del regolatore è data, in espressione vettoriale, da

$$\bar{I}_v = \frac{\bar{V} - \bar{e} + R\,\bar{I}}{\bar{Z}}$$

ossia:

$$\bar{I}_v = \frac{\bar{V} + (R + j\,\omega\,\mathcal{M})\,\bar{I}}{\bar{Z}}$$

per cui se φ è lo sfasamento fra I e V e se $I_w = I \cos\varphi$ e $I_r = I$ sen φ sono rispettivamente le componenti di I in fase e in quadratura con V ($\bar{I} = I_w - j\,I_r$), il valore reale di I_v risulta espresso da

$$I_v = \frac{\sqrt{(V + R\,I_w + \omega\,\mathcal{M}\,I_r)^2 + (\omega\,\mathcal{M}\,I_w - R\,I_r)^2}}{Z}$$

e poichè il termine $\omega\,\mathcal{M}\,I_w - R\,I_r$, che è sempre molto piccolo rispetto all'altro, si può trascurare, si può ritenere con buona approssimazione

$$I_v = \frac{V + R\,I_w + \omega\,\mathcal{M}\,I_r}{Z}$$

Risulta cioè che la I_v (corrente che agisce sul sistema motore del regolatore) sente l'influenza della I_w, componente in fase della I, quasi solo attraverso la R e della I_r, componente in quadratura della I, quasi solo attraverso la $\mathcal{M}$.

La cosa si può vedere anche graficamente considerando separatamente gli effetti della R e della $\mathcal{M}$.

Per effetto della resistenza R la corrente I, arrivata al nodo 11, si divide in due correnti: la I' che percorre la R e la I'' che percorre il circuito motore del regolatore, sovrapponendosi in questo alla corrente i dovuta alla sola tensione V. Tenuto presente che la R è una resistenza ohmica quasi priva di induttanza lo sfasamento fra I' e I'' risulta di pochissimo superiore a quello esistente fra V e i. I diagrammi a della fig. 4 mostrano

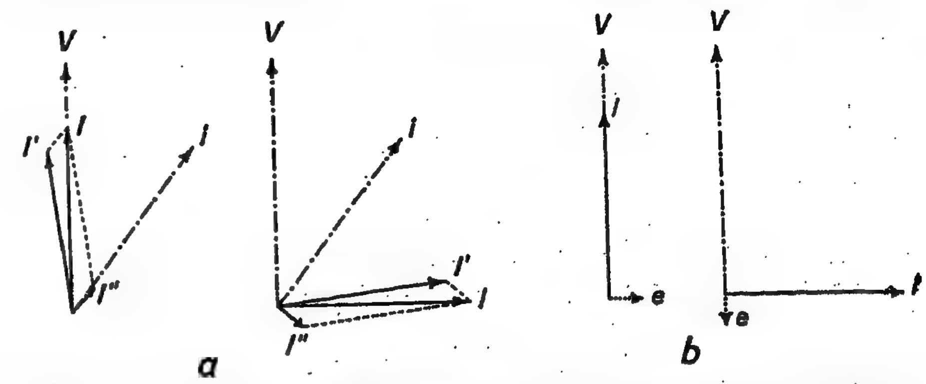


Fig. 4. - *a*) Influenza della corrente I sul circuito del regolatore - *b*) Influenza della tensione indotta e sul circuito del regolatore.

allora chiaramente che il massimo effetto di compensazione della I si avrà quando la I è pressochè in fase con V, perchè in questo caso la sua componente I'' si somma aritmeticamente alla i, mentre un effetto quasi nullo si ha quando I è in quadratura con V.

La bobina di mutua induzione B per effetto del passaggio della corrente I nel suo avvolgimento primario induce nel secondario (ossia nel circuito su cui agisce la tensione V) una f. e. m. $e = \omega\,\mathcal{M}\,I$ e spostata di 90° in ritardo sulla I. È chiaro che l'effetto massimo di e si avrà quando essa ha la stessa direzione di V ossia quando I è in quadratura e effetto quasi nullo si avrà quando I è in fase con V (vedi diagrammi fig. 4*b*).

Si può pertanto concludere:

1) che, — dopo aver messo a punto il regolatore, mediante il reostato n, in modo che alla tensione di 16 000 Volt l'alternatore funzioni come sincrono a cos φ = 1, — la condizione di funzionamento prescritta al paragrafo *a*) — e cioè che la potenza apparente a cosfi = 0 assorbita dall'alternatore, funzionante come compensatore sovraeccitato, vada da zero al massimo di 3 150 kVA mentre la tensione passa da 16 000 a 14 300 V — può essere realizzata mediante opportuna regolazione del valore della mutua induzione $\mathcal{M}$;

2) che la condizione di funzionamento prescritta al paragrafo *c*) — e cioè che l'eccitazione dell'alternatore venga ri-

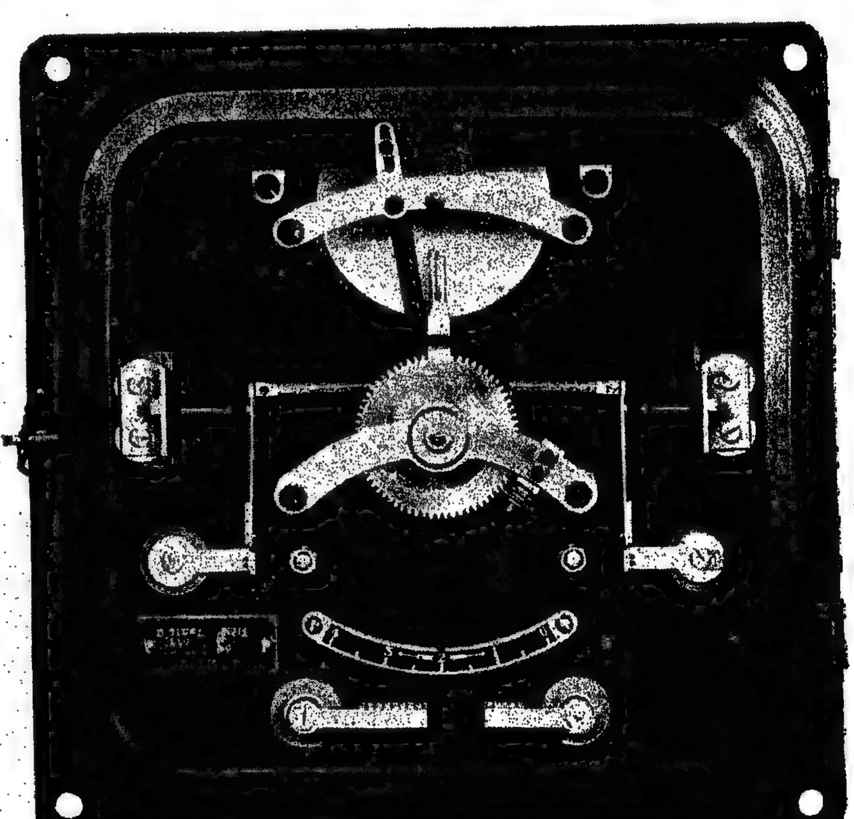


Fig. 5. - Relais di comando B. B. che funziona da regolatore di potenz.

dotta automaticamente a mano a mano che si apre la turbina in modo che in corrispondenza al carico massimo di 2 500 kW l'energia venga erogata a cos $\varphi = 0{,}8$ — si può realizzare mediante opportuna regolazione della resistenza *R*.

Soddisfatta la condizione *a*) resta implicitamente soddisfatta anche la *f*) perchè, funzionando l'alternatore come compensatore sottoeccitato invece che sovraeccitato, il vettore corrente in quadratura s'inverte di senso, e s'inverte pertanto anche l'effetto di compensazione della corrente sul sistema motore del regolatore. In queste condizioni l'equipaggio mobile del regolatore potrà restare quindi in equilibrio per valori sempre più alti della tensione a mano a mano che cresce la corrente, come prescrive appunto la condizione *f*).

Regolazione della potenza.

Il regolatore di potenza (*RP*) è uno speciale « relais di comando » di costruzione Brown Boveri che si vede nella fig. 5 e che è inserito nel circuito di regolazione secondo lo schema riportato nella fig. 6.

La vista esterna, il sistema motore ed il sistema ammortizzatore sono del tutto uguali a quelli del noto regolatore di tensione. Mancano invece le resistenze del comune regolatore ed in loro vece si trova qui un dispositivo di contatto costituito di due contatti di chiusura provvisti ciascuno di una calamita permanente; questa determina una chiusura ed un'apertura di contatto rapida, sicura e senz'arco.

Il sistema motore, essendo alimentato dalla tensione della linea di contatto, sviluppa una coppia che è funzione della tensione stessa; a questa coppia si oppone la coppia meccanica di una molla principale, regolabile per mezzo di una opportuna vite di regolazione. Per un dato valore della tensione le due coppie si fanno equilibrio e l'equipaggio mobile rimane in riposo nella posizione media del relais; ma se la tensione aumenta o diminuisce, la coppia elettrica o la coppia meccanica hanno rispettivamente la prevalenza e l'equipaggio mobile si sposta a destra o a sinistra e chiude l'uno o l'altro dei contatti. Questi

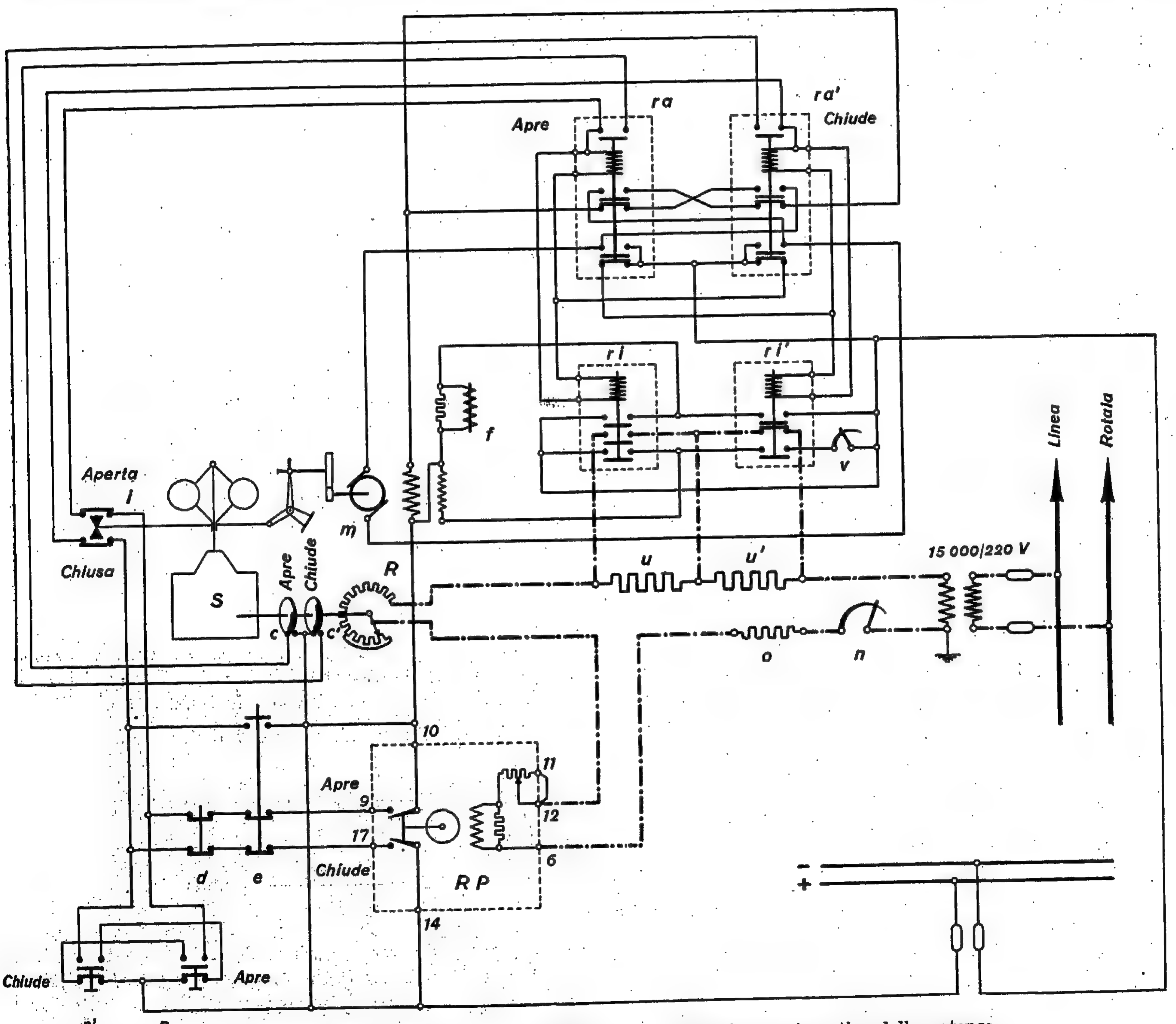


Fig. 6. - Schema degli apparecchi e dei circuiti per la regolazione automatica della potenza.

RP - regolatore automatico di potenza
ra-ra' - relais ausiliari (per aprire o chiudere la turbina)
ri-ri' - relais intermediari
m - motorino variagiri a c. c. compound
f - freno elettromagnetico con resistenza di protezione
i - interruttore di fine corsa
v - reostato per variare la velocità del motorino (nel movimento di chiusura della turbina)
S - servomotore della turbina
c-c' - contatti comandati dall'albero del servomotore
e - contatti dell'interruttore di eccitazione
d - contatti del commutatore di parallelo
p-p' - pulsanti per il comando a mano
R - resistenza comandata dall'albero del servomotore
u-u' - resistenze di stabilizzazione
o - resistenza addizionale
n - reostato di messa a punto del regolatore di potenza.

eccitano l'uno o l'altro di due relais ausiliari, ciascuno dei quali agisce sul motorino variagiri della turbina facendolo ruotare in un senso o nell'opposto per chiudere o rispettivamente aprire la turbina.

La coppia meccanica della molla antagonista cresce, come è noto, con l'angolo di avvolgimento della molla; occorrono perciò due valori differenti della tensione di alimentazione del regolatore per mantener l'equipaggio mobile in equilibrio nelle sue due posizioni estreme, cui corrisponde la chiusura del contatto di sinistra o di quello di destra. Questa differenza fra le due tensioni di funzionamento (la tensione che provoca la chiusura e quella che provoca l'apertura della turbina) è chiamata « staticità » del regolatore. Il suo valore si può regolare mediante una molla addizionale che agisce sull'equipaggio mobile del regolatore per compensare la variazione della coppia meccanica della molla principale per effetto dell'angolo di avvolgimento. Se la compensazione è completa la staticità diventa nulla, il regolatore diviene astatico e la tensione di funzionamento è costante; ma in queste condizioni la regolazione darebbe luogo a dannose oscillazioni. Per ottenere una regolazione stabile occorre un certo grado di staticità non inferiore a $(3 \div 4)$%. Per evitare la surregolazione e i movimenti pendolari che ne risulterebbero, si inseriscono inoltre, nel circuito di alimentazione del regolatore, delle resistenze di asservimento che hanno lo scopo di interrompere prematuramente il movimento di regolazione. Queste resistenze, che nello schema di fig. 6 sono indicate con le lettere *u*, *u'*, vengono inserite o cortocircuitate per mezzo dei contatti di due relais intermediari comandati dal regolatore. Così ad esempio se la tensione diminuisce e il regolatore chiude il contatto di sinistra per far aprire la turbina, il relais intermediario *ri*, eccitato per effetto della chiusura del contatto suddetto, mette in corto circuito la resistenza *u* producendo nel sistema motore del regolatore lo stesso effetto di un repentino aumento di tensione e sollecitando l'equipaggio mobile del regolatore a riaprire il contatto che aveva prima stabilito.

Regolando opportunamente il valore delle resistenze *u* e *u'* si è riusciti ad ottenere, per una gamma sufficientemente estesa di valori della tensione della rete, che la chiusura dei contatti del regolatore abbia una durata brevissima (1 sec) cosicchè i movimenti del motorino variagiri siano pure essi brevi e frequenti.

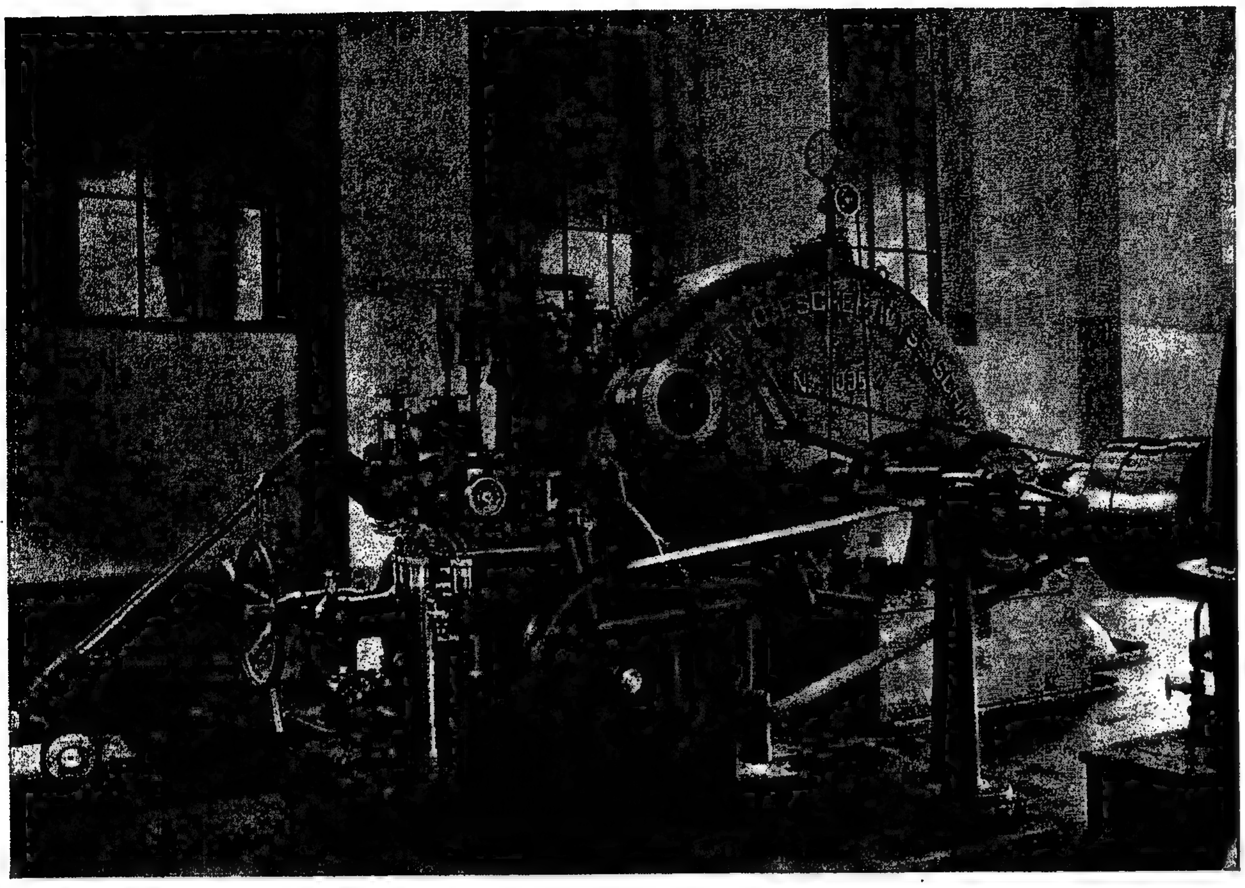


Fig. 7. - Turbina e regolatore.

Il motorino variagiri è anche provvisto di un freno elettromagnetico che ne determina il rapido arresto non appena è stata raggiunta la nuova posizione di regolazione.

Nel circuito di alimentazione del regolatore, oltre le resistenze *u* e *u'* già ricordate, sono inseriti il reostato *n* e la resistenza *R*.

Il reostato *n*, regolabile a mano, serve per la messa a punto del regolatore e quindi per ottenere che, a turbina tutta chiusa, l'inizio dell'apertura si effettui alla tensione prescritta di 14 300 Volt.

La resistenza *R* è montata sulla turbina (fig. 7) ed è comandata dall'albero principale del regolatore della turbina stessa in modo da essere tutta inclusa o tutta esclusa dal circuito a seconda che la turbina è tutta chiusa o tutta aperta. Il suo valore è tale da compensare esattamente la diminuzione della coppia elettrica sviluppata dal sistema motore del regolatore quando la tensione di alimentazione passa da 14 300 a 13 800 Volt. In altre parole la corrente I_V assorbita dal regolatore per mantenere chiuso il contatto di sinistra (apertura della turbina) rimane la stessa sia che la tensione abbia il valore di 14 300 Volt con la resistenza *R* tutta inserita e sia che la tensione scenda a 13 800 V ma con la resistenza *R* tutta esclusa. In questo modo la turbina che inizia il suo movimento di apertura quando la tensione scende a 14 300 V non potrà essere completamente aperta se non quando la tensione sia scesa al valore più basso di 13 800. Questo aggiunge stabilità alla regolazione e permette di soddisfare alla prescrizione *b*) delle condizioni di funzionamento.

Considerato che il rapporto di trasformazione del riduttore di tensione è 15 000/220 V (e quindi alle tensioni primarie di 14 300 e 13 800 V corrispondono rispettivamente 210 e 202 V secondari),

che la corrente assorbita dal regolatore per chiudere il contatto di sinistra è 1,5 A e

che il cos φ del circuito alimentato dal riduttore (esclusa la resistenza *R*) è pressochè uguale all'unità per l'elevato valore della resistenza ohmica « o » in serie nel circuito,

si ricava facilmente il valore di *R* dalle seguenti espressioni:

$$\frac{202}{Z} = 1{,}5 \qquad \frac{210}{Z + R} = 1{,}5$$

e quindi

$$R = \frac{210 - 202}{1{,}5} = 5{,}3\ \Omega \text{ circa.}$$

Il rapporto di trasformazione del riduttore di tensione in parola era stato fissato dal costruttore in 15 000/55 V; ma alla messa in servizio un siffatto rapporto si è dimostrato inopportuno.

Infatti ripetendo il conto di prima con la tensione secondaria di 55 V, e tenendo presente che il cos φ del circuito era uguale a 0,89 ca, risulta per la resistenza *R* un valore $R = 1{,}5\ \Omega$ circa, cioè così basso da essere influenzato da tutte le eventuali resistenze di contatto del circuito. Si riscontrava infatti che, dopo aver messo a punto il *R P*, mediante il reostato *n*, in modo che l'inizio dell'apertura della turbina avesse luogo a 14 300 V,

l'altra condizione di turbina tutta aperta a 13 800 V era soddisfatta solo saltuariamente e bastava modificare la pressione di una molletta di un reostato del circuito per variare tale tensione.

Riavvolto il riduttore di tensione per l'attuale rapporto di 15 000/220 V, il valore della *R* è risultato, come s'è visto, di oltre 5 Ω — valore che si è dimostrato sufficiente per rendere stabile la taratura del regolatore.

Così pure, alla messa in servizio, la prescrizione *d*) che la turbina fosse di nuovo tutta chiusa quando la tensione fosse risalita a 14 800 V non era soddisfatta: messo a punto il *RP* come sopra, la turbina non si chiudeva completamente che a 15 300 Volt. L'inconveniente era manifestamente dovuto ad un valore troppo alto della staticità del *RP* Si sarebbe dovuto ridurre la staticità aumentando l'azione compensatrice della molla ausiliaria, ma per non metter mano alle parti interne dell'apparecchio si raggiunse lo stesso scopo aumentando opportunamente l'angolo di avvolgimento della molla principale. Così la staticità ha potuto essere ridotta a circa il 3,5 % e le due tensioni estreme occorrenti per chiudere rispettivamente i contatti di sinistra e di destra del regolatore sono risultate di 14 300 e 14 800 V come prescritto.

L'albero del regolatore della turbina che comanda la resistenza *R* comanda anche i due dischi portacontatti *c* e *c'*; questi servono per realizzare la prescrizione *e*) delle condizioni di funzionamento e cioè che la potenza fornita dal gruppo non sia mai inferiore a circa 1/3 della potenza normale. Questi contatti servono infatti a mantenere il polo + della corrente continua a quello dei due relais ausiliari che si trova già eccitato per effetto del *RP*. Il contatto *c'* ha uno sviluppo corrispondente al primo terzo preciso di apertura della turbina; quando la turbina chiudendosi per il comando del *RP* (relais ausiliario « chiude » eccitato) ha compiuto i 2/3 del movimento di chiusura, il contatto *c'* si stabilisce e mantiene eccitato il relais ausiliario « chiude » fino alla completa chiusura della turbina; analogamente il contatto *c* si stabilisce all'inizio dell'apertura della turbina e mantiene eccitato il relais ausiliario « apre » fino a che la turbina si è aperta di 1/3.

Il contatto *c* però copre un angolo più piccolo di quello coperto dal contatto *c'* cosicchè la corrente al motorino viene tolta prima che il servomotore abbia raggiunto la posizione corrispondente ad 1/3 di apertura della turbina; questo si è dovuto fare per tener conto dell'inevitabile ritardo con cui il servomotore segue i movimenti del motorino variagiri, ritardo che dipende solo dalla velocità del motorino e che perciò è costante perchè è costante la tensione di alimentazione del motorino medesimo.

In pratica è stato assai facile determinare lo sviluppo opportuno del contatto *c* al quale corrisponde l'apertura della turbina fino a 840 kW circa.

Lo schema originale prevedeva un solo contatto *c*, comandato dall'albero del servomotore della turbina, e collegato ai due relais ausiliari come si vede in fig. 8. Il funzionamento sarebbe stato ugualmente corretto se il servomotore avesse seguito senza ritardo i movimenti del variagiri, ma alla messa in servizio, si è dovuto constatare che ciò non avveniva.

Il ritardo del servomotore a seguire i movimenti del variagiri faceva sì che quando la turbina raggiungeva l'apertura di 1/3 e toglieva corrente al motorino, questo aveva già portato il comando del regolatore di velocità della turbina alla posizione corrispondente ad un carico di circa 1 500 kW e la turbina continuava infatti ad aprire fino a 1500 kW invece degli 840 prescritti.

Un lieve miglioramento si era ottenuto riducendo alla metà la velocità trasmessa dal motorino all'asta filettata del regolatore della turbina, ma la completa eliminazione di siffatto inconveniente non si è potuta ottenere che con l'aggiunta di un secondo contatto *c* come nello schema attuale.

Sul regolatore della turbina, e da questo comandato, è poi montato un interruttore di fine corsa; esso toglie corrente all'uno o all'altro dei due relais ausiliari di comando del motorino variagiri rispettivamente quando la turbina è tutta aperta o tutta chiusa.

Nello schema originale esso interrompeva semplicemente il

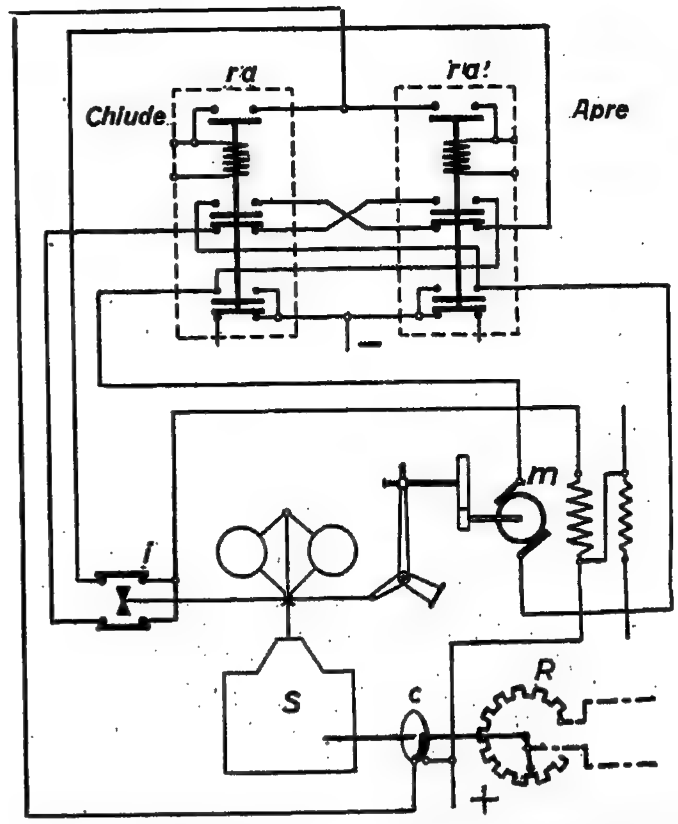


Fig. 8. - Particolari dello schema che hanno causato inconvenienti alla messa in servizio.

circuito del motorino variagiri, come si vede nella fig. 8; questa disposizione aveva l'inconveniente che a turbina tutta chiusa o tutta aperta e con tensione rispettivamente maggiore di 14 800 o minore di 13 800 V, il *RP* continuava a chiudere o ad aprire eccitando o diseccitando a brevissimi intervalli i relais ausiliari corrispondenti, determinando un funzionamento fastidioso e pericoloso alla buona conservazione degli apparecchi perchè può durare per molte ore consecutive.

Con la disposizione attuale se la turbina è chiusa e la tensione maggiore di 14 800 V, il *RP* rimane permanentemente nella sua posizione di chiudere (chiuso contatto di destra) e il relais ausiliario corrispondente non viene eccitato.

Notiamo infine che il regolatore di potenza può essere escluso interrompendo il circuito che lo collega ai relais ausiliari; questo circuito può essere interrotto mediante contatti *e* montati sull'interruttore di eccitazione e altri *d* montati sull'interruttore del circuito di parallelo. I primi escludono il *RP* quando scatta l'interruttore di eccitazione (che mette in corto circuito il campo dell'eccitatrice ausiliaria diseccitando l'alternatore); contemporaneamente un terzo contatto, pure montato sull'interruttore di eccitazione, eccita il relais ausiliario che chiude la turbina. I secondi escludono il *RP* quando si eseguisce la manovra di messa in parallelo del gruppo con la rete (in questo caso il motorino variagiri viene comandato coi due pulsanti a mano *p* e *p'* che si vedono nello schema) e quando si vuol far funzionare il gruppo senza la regolazione automatica della potenza erogata in funzione della tensione della linea di contatto (prescrizione *g*) delle condizioni di funzionamento).

Condizione di miglior funzionamento del gruppo.

Come si è già detto l'alternatore di Varzo ha sovratutto il compito di fornire una parte della corrente assorbita dai treni che transitano sul tratto Domodossola-Briga in modo che la caduta di tensione sulla linea di contatto sia mantenuta in limiti tollerabili; è chiaro quindi che la condizione di miglior

funzionamento dell'alternatore sarà quella per cui il valore di tale caduta di tensione risulta minimo.

Trattandosi di linea corta e di tensione modesta, la caduta

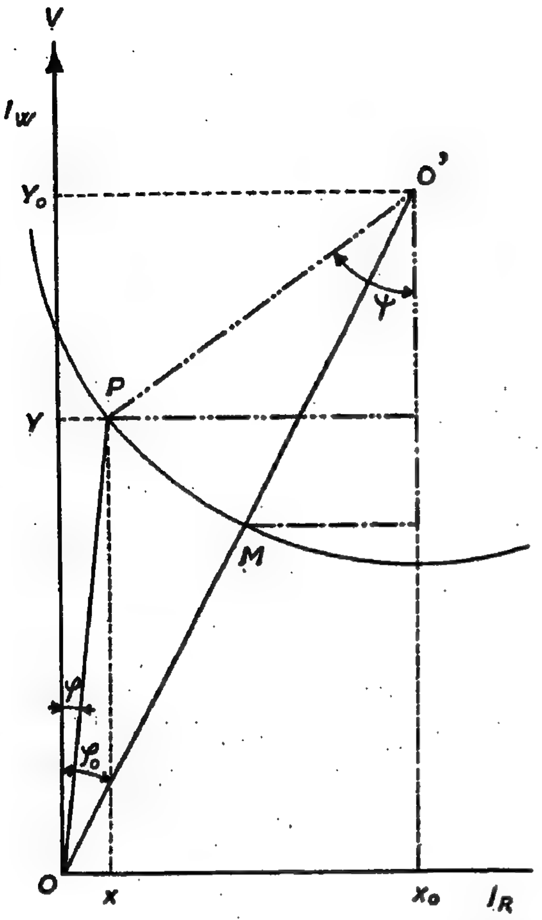


Fig. 9. - Condizioni di funzionamento dell'alternatore per avere la caduta di tensione minima

$OO' = I_0$; $OP = I$; $FO' = I_m$.

di tensione, lungo la linea di contatto da Briga a Varzo, si può ricavare con sufficiente approssimazione, dall'espressione:

$$R\, I \cos\varphi + X\, I \operatorname{sen}\varphi$$

dove R ed X sono rispettivamente la resistenza e la reattanza della linea, I la corrente che percorre la linea da Briga verso Varzo, φ lo sfasamento in ritardo di tale corrente rispetto alla tensione.

Nella fig. 9:

$O\,O' = I_0$ rappresenti la corrente massima assorbita dai treni, col fattore di potenza $\cos\varphi_0$, nel tratto Varzo-Domodossola;

$M\,O'$ la corrente massima che l'alternatore di Varzo può erogare con lo stesso fattore di potenza $\cos\varphi_0$;

supposto, come è realmente, che l'alternatore possa erogare la sua massima potenza in kVA a fattori di potenza variabili entro un certo intervallo, i vettori rappresentativi delle correnti che l'alternatore può erogare, nelle diverse possibili condizioni di funzionamento suddetto, saranno raggi della circonferenza di centro O' e raggio $O'\,M$.

Sia $P\,O' = I_m$ la corrente erogata dall'alternatore, con fattore di potenza $\cos\psi$, alla quale corrisponde la minima caduta di tensione sulla linea di contatto; sarà $O\,P = I$ la corrente che percorre la linea Briga-Varzo col fattore di potenza $\cos\varphi$.

Si tratta di determinare il valore dell'angolo ψ per il quale è minima la funzione

$$F = R\, I \cos\varphi + X\, I \operatorname{sen}\varphi$$

Dette x_0, y_0 le coordinate del punto O' e x, y quelle del punto P risulta:

$x = I \operatorname{sen}\varphi$ ed $y = I \cos\varphi$, epperciò la funzione da rendere minima diventa:

$$F = R\,y + X\,x \qquad (1)$$

dove le variabili x e y sono legate fra loro dall'equazione del circolo al quale appartiene il punto $P_{(xy)}$ e cioè dalla relazione:

$$f(x,y) = x^2 + y^2 - 2\,x_0\,x - 2\,y_0\,y + I_0^2 - I_m^2 = 0 \qquad (2)$$

Il minimo di F si ha per

$$\frac{dF}{dx} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{d^2F}{dx^2} > 0$$

Dalle (1) e (2) si ricava:

$$\frac{dF}{dx} = X - R\,\frac{x_0 - x}{y_0 - y} \qquad \frac{d^2F}{dx^2} = \frac{R\,I_m^2}{(y_0 - y)^3} \qquad (*)$$

poichè in tutto il campo in cui l'alternatore funziona da generatore è $y < y_0$, la $\frac{d^2F}{dx^2} > 0$ è soddisfatta;

la $\frac{dF}{dx} = 0$ è soddisfatta per $\frac{x_0 - x}{y_0 - y} = \frac{X}{R}$ (3)

ossia per $\operatorname{tg}\psi = \operatorname{tg}\theta$; $\psi = \theta$ (avendo posto $\operatorname{tg}\theta = X/R$).

Risulta cioè che la minima caduta di tensione sulla linea di contatto si ha quando l'alternatore di Varzo eroga la sua massima potenza apparente con una corrente sfasata in ritardo sulla tensione di un angolo ψ uguale all'angolo caratteristico dell'impedenza della linea ($\operatorname{tg}\theta = X/R$).

In queste condizioni il valore minimo della caduta di tensione, che si ricava dalla combinazione delle relazioni (1), (2), (3), è dato da $F = R\,I_0 \cos\varphi_0 + X\,I_0 \operatorname{sen}\varphi_0 - I_m \sqrt{R^2 + X^2}$, ossia dalla caduta che si avrebbe in linea senza l'alternatore di Varzo diminuita del prodotto della corrente erogata dall'alternatore per l'impedenza della linea.

Nel caso in esame, essendo $R = 0{,}098\ \Omega$, $X = 0{,}13\ \Omega$ la resistenza e la reattanza di 1 km di linea, sarà $\operatorname{tg}\psi = 1{,}33$ e quindi $\cos\psi = 0{,}60$.

Risulta cioè che la condizione più favorevole di funzionamento dell'alternatore di Varzo è quella per cui esso eroga la totale potenza apparente di 3 150 kVA a $\cos\psi = 0{,}6$ pari cioè ad una potenza reale di 1 900 kW circa.

È intuitivo che se la turbina è libera di arrivare alla completa apertura, il gruppo non si arresterà spontaneamente alla potenza di 1 900 kW, corrispondente alla minima caduta di tensione, perchè in questa posizione esso si trova in condizioni di

---

(*) $\frac{dF}{dx} = R\,\frac{dy}{dx} + X$ ed essendo y funzione implicita della x definita dalla (2) si ha

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\dfrac{\partial f(x\,y)}{\partial x}}{\dfrac{\partial f(x\,y)}{\partial y}} = -\frac{2x - 2x_0}{2y - 2y_0}$$

e sostituendo:

$$\frac{dF}{dx} = -R\,\frac{x_0 - x}{y_0 - y} + X$$

Analogamente si calcola

$$\frac{d^2F}{dx^2} = \frac{d}{dx}\left(\frac{dF}{dx}\right) = -R\,\frac{-(y_0 - y) - (x_0 - x)\left(-\dfrac{dy}{dx}\right)}{(y_0 - y)^2}$$

e sostituendo

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{x_0 - x}{y_0 - y}$$

si ricava

$$\frac{d^2F}{dx^2} = R\,\frac{(y_0 - y)^2 + (x_0 - x)^2}{(y_0 - y)^3} = \frac{R\,I_m^2}{(y_0 - y)^3}$$

equilibrio instabile. Basta infatti che esso oltrepassi appena questa condizione perchè, provocando una caduta di tensione maggiore, determini l'intervento del *R.P.* nel senso di aprire ulteriormente la turbina ciò che provocherà un ulteriore abbassamento della tensione e conseguente nuova apertura della turbina fino all'apertura completa.

I due interruttori delle due linee partenti sono pure muniti di relais di massima corrente montati direttamente sui poli. Le cose sono disposte in modo che il funzionamento di uno qualunque dei tre relais di protezione dell'alternatore provoca l'apertura contemporanea dei due interruttori di linea e dell'interruttore di eccitazione, e che solo lo scatto *contemporaneo* dei due

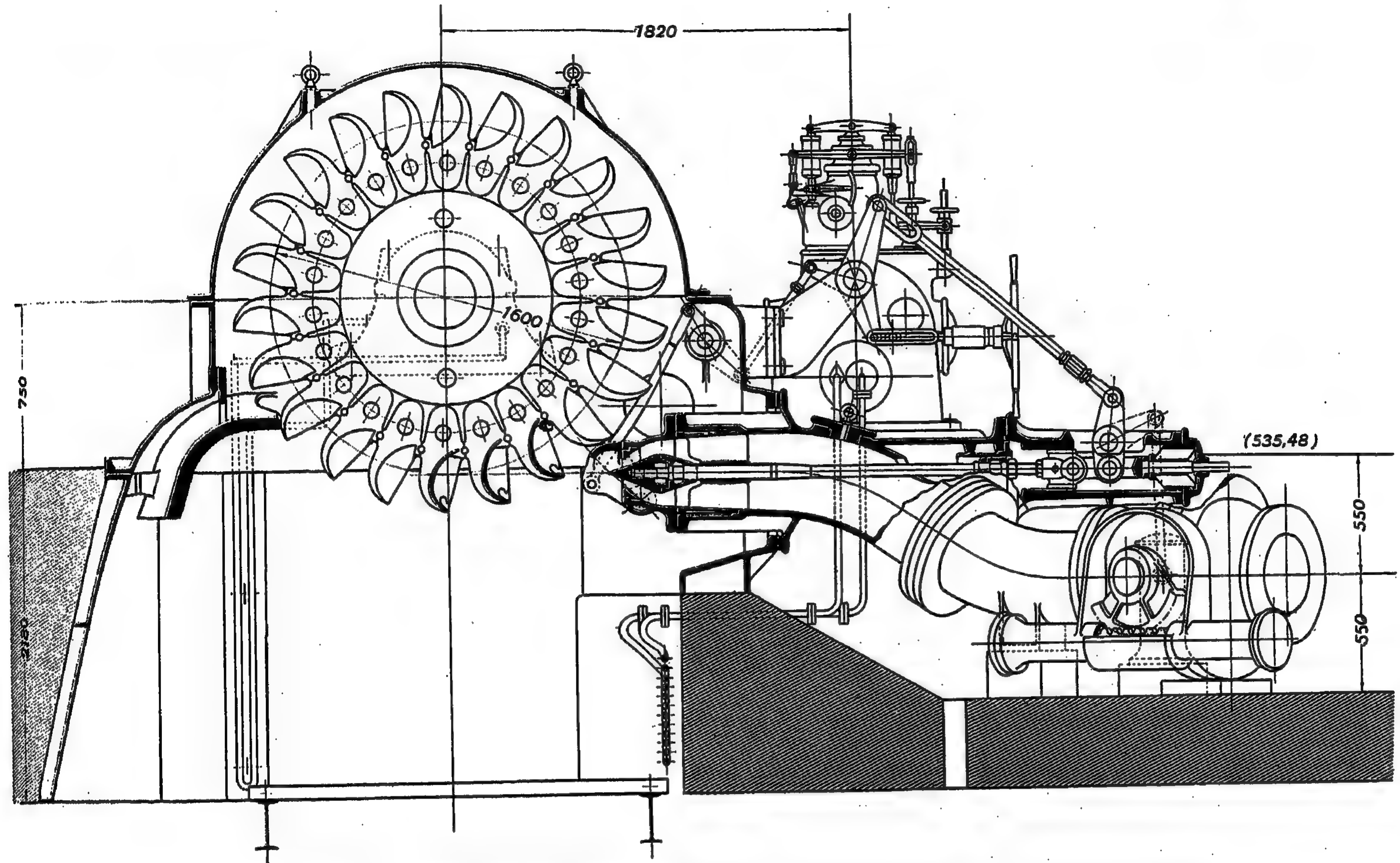


Fig. 10. - Turbina De Pretto Escher-Wyss - tipo Pelton ad un getto, 3800 HP, 500 giri, 445 metri.

Occorre pertanto limitare espressamente il grado di apertura della turbina alla potenza massima di 1 900 kW mediante il dispositivo limitatore di carico di cui è provvisto il regolatore di velocità della turbina. Nel caso in esame, in corrispondenza al carico massimo previsto sulla linea Domodossola-Briga di 5 700 kW a $\cos \varphi_0 = 0{,}89$, la caduta di tensione minima a Varzo risulta di circa 800 Volt ed a Domodossola di circa 1 700 V.

Altre particolarità dello schema generale dell'impianto.

Lo schema generale delle connessioni è riportato in fig. 11. Sono previste due dinamo di eccitazione, una principale ed una ausiliaria che fornisce la corrente di eccitazione alla dinamo principale. Questa disposizione permette un funzionamento stabile del gruppo anche con valori assai bassi della corrente di eccitazione, il che avviene appunto quando il gruppo è chiamato a funzionare come condensatore sottoeccitato.

Sul circuito di eccitazione è inserito il noto interruttore di eccitazione che in questo caso porta i tre contatti ausiliari, di cui si è già parlato, per l'esclusione del *RP* e la chiusura della turbina in caso di scatto dell'interruttore di eccitazione medesimo.

Sono installati un relais di massima tensione, uno di massima corrente e un relais di terra inserito mediante riduttore di corrente fra il punto di mezzo dell'avvolgimento dello statore e la terra, con una opportuna resistenza in serie tale da limitare a 1 Amp. la corrente permanente di corto circuito.

interruttori di linea determina pure lo scatto dell'interruttore di eccitazione con conseguente diseccitazione dell'alternatore. Per questo fra i circuiti secondari dei relais e le bobine di scatto dell'interruttore di eccitazione e degli interruttori di linea è inserito un relais ausiliario di scatto, e sugli interruttori di linea sono montati opportuni contatti.

Altra particolarità notevole è costituita dai cartellini di segnalazione dell'avvenuto funzionamento di un relais; ciascuno di essi ha la propria bobinetta in serie con i contatti di chiusura del corrispondente relais epperciò cade in seguito al funzionamento di questo. È infatti molto utile, per la ricerca delle cause di una interruzione, di sapere quale dei relais di protezione ha provocato l'apertura degli interruttori.

La misura della potenza e dell'energia fornita, trattandosi di corrente a 16,7 periodi, è fatta con un wattmetro registratore e integratore del recente tipo costruito dalla C.G.S. di Monza.

Un interruttore centrifugo montato ad un'estremità dell'albero della turbina provoca, per mezzo di un elettromagnete, la chiusura della valvola di ammissione della turbina quando la velocità del gruppo raggiunge i 700 giri.

Disposizione dell'impianto.

La installazione è stata fatta nel locale dove prima era installato il gruppo convertitore trifase e che era destinato a ricevere tre di tali gruppi convertitori se la elettrificazione della Domodossola-Iselle fosse stata eseguita con corrente trifase come si riteneva.

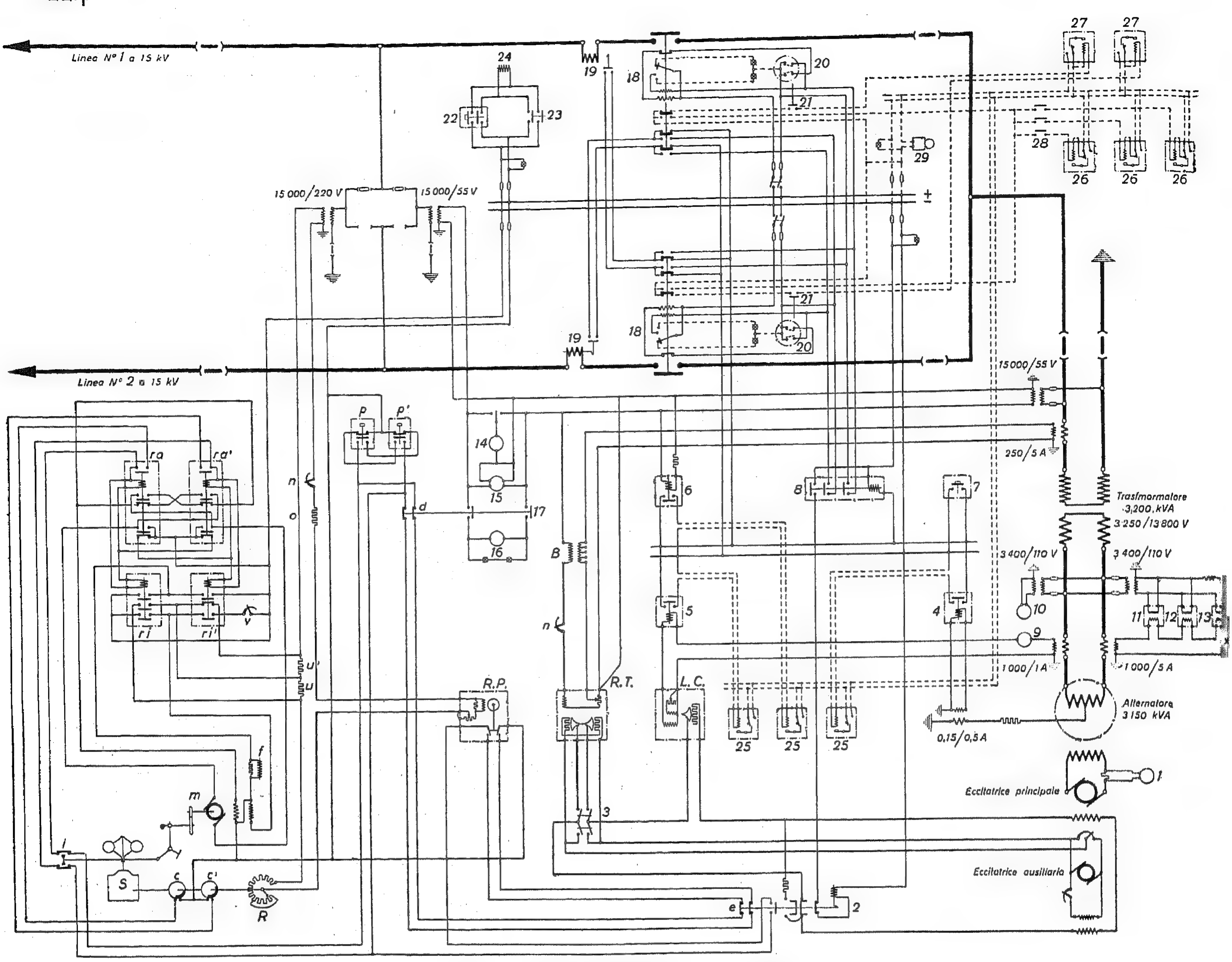


Fig. 11. - Schema generale delle connessioni.

1 - Amperometro di eccitazione
2 - Interruttore » »
R P - Regolatore automatico di potenza
R T - » » tensione
L C - Limitatore » » corrente
3 - Commutatore di inserzione del *R T*
4 - Relais di terra
5 - » » massima corrente
6 - » » » tensione
7 - Bottone di scatto
8 - Relais ausiliario
9 - Amperometro di macchina
10 - Voltmetro » »
11 - Contatore di kWh
12 - » » Var.
13 - Kilowattmetro registratore con integratore
14 - Voltmetro
15 - Frequenziometro a doppia serie di lamelle
16 - Voltmetro e lampade di fase
17 - Commutatore di parallelo
18 - Interruttore automatico a 15 kV con comando a distanza
19 - Relais di massima corrente
20 - Commutatore di comando interruttori
21 - Contatto commutatore 20: si apre e si chiude rispettivamente dopo manovra apertura e chiusura interruttore
22 - Pulsante per chiusura valvola rotativa
23 - Interruttore centrifugo montato sull'albero della turbina
24 - Elettromagnete chiusura valvola rotativa
25 - Cartellini segnalazione funzionamento relais
26 - » » circolazione olio, acqua e massima temperatura trasformatore
27 - Cartellini segnalazione scatto interruttori
28 - Contatti apparecchi segnalazione circolazione olio, acqua e massima temperatura trasformatore
29 - Suoneria d'allarme.

Il gruppo convertitore è stato smontato ed al suo posto è stato installato il nuovo gruppo generatore; è previsto lo spazio per l'installazione di un secondo gruppo (vedi figura 12).

Dovendo utilizzare un locale esistente, il trasformatore ha dovuto trovar posto nella stessa sala delle macchine.

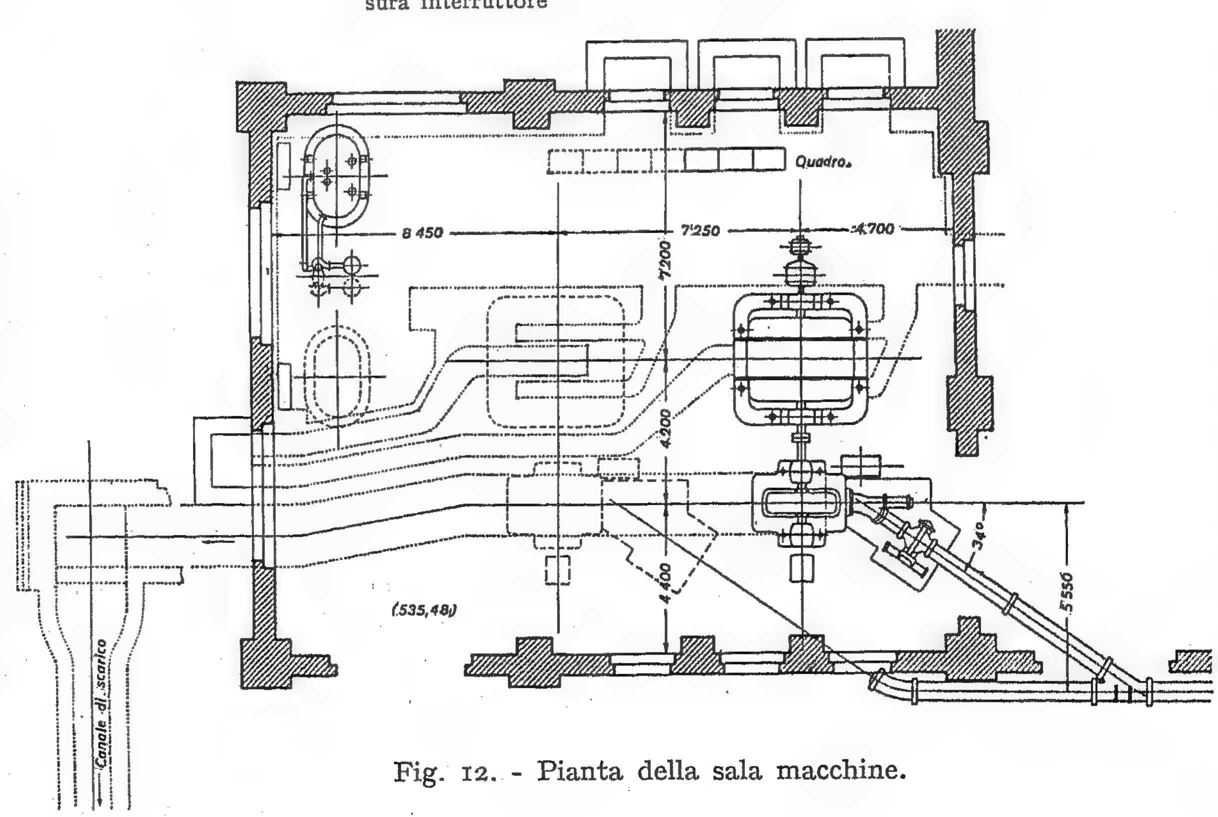


Fig. 12. - Pianta della sala macchine.

Risultati del collaudo.

Il collaudo del gruppo ha dimostrato che si tratta di due ottime macchine sia nei riguardi del rendimento come del funzionamento.

Le perdite a vuoto del gruppo sono risultate molto piccole cosicchè esso ha un ottimo rendimento anche a carichi ri-

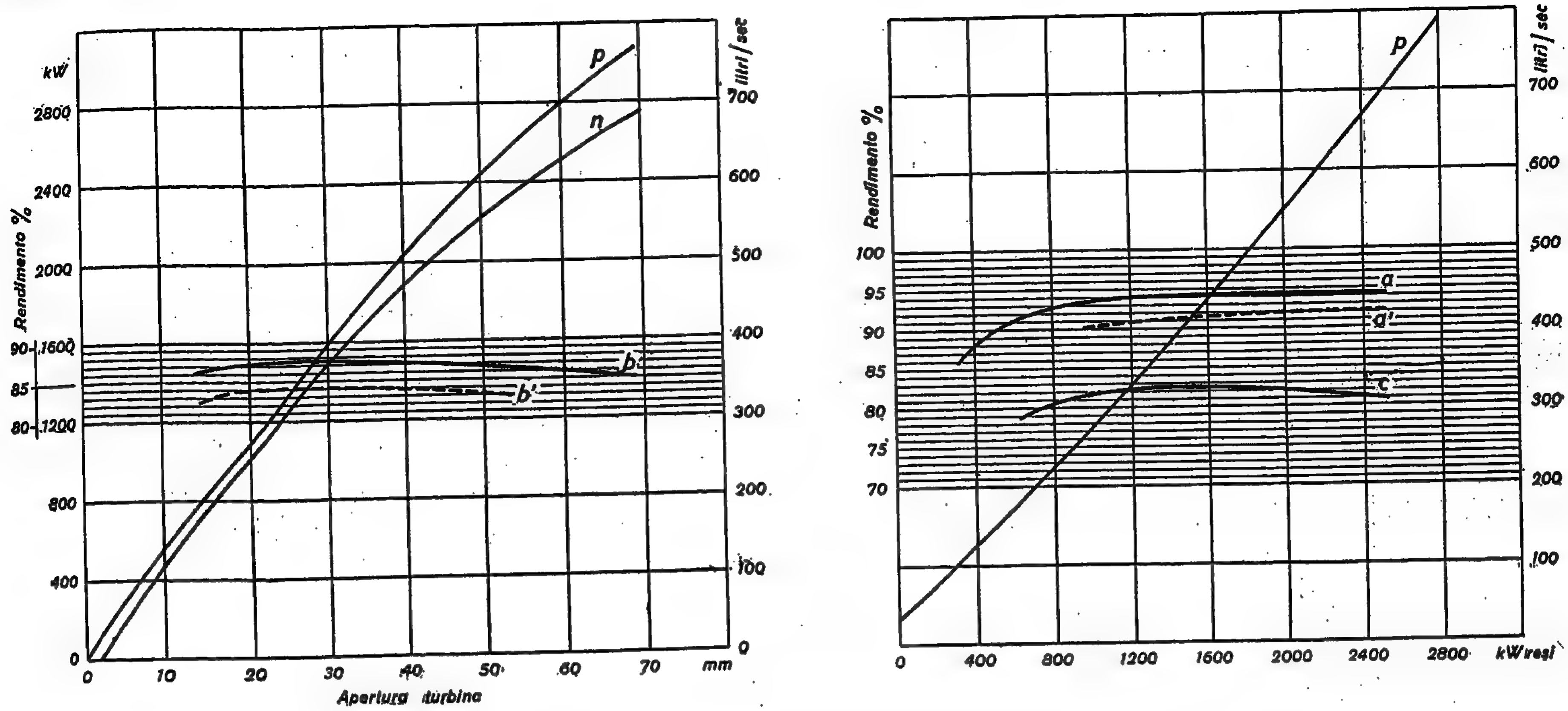


Fig. 13. - Curve caratteristiche del gruppo.

b - curva rendimento effettivo turbina
b' - » » garantito »
n - » kW resi

a - curva rendimento effettivo alternatore a cos φ = 0,8
a' - » » garantito » » »
c - » » gruppo a cos φ = 0,8 ($a \times b$)

p - curva portate.

dotti, come si conviene ad un gruppo che è destinato ad un servizio di trazione. La curva dei rendimenti della turbina (fig. 13) mostra anzi che il rendimento è migliore a carichi piuttosto bassi; esso raggiunge l'87,5 % circa fra 1/3 e poco più di 1/2 carico, contro un rendimento massimo garantito dell'84 %.

L'alternatore ha anch'esso una curva di rendimento molto pianeggiante e superiore alle garanzie.

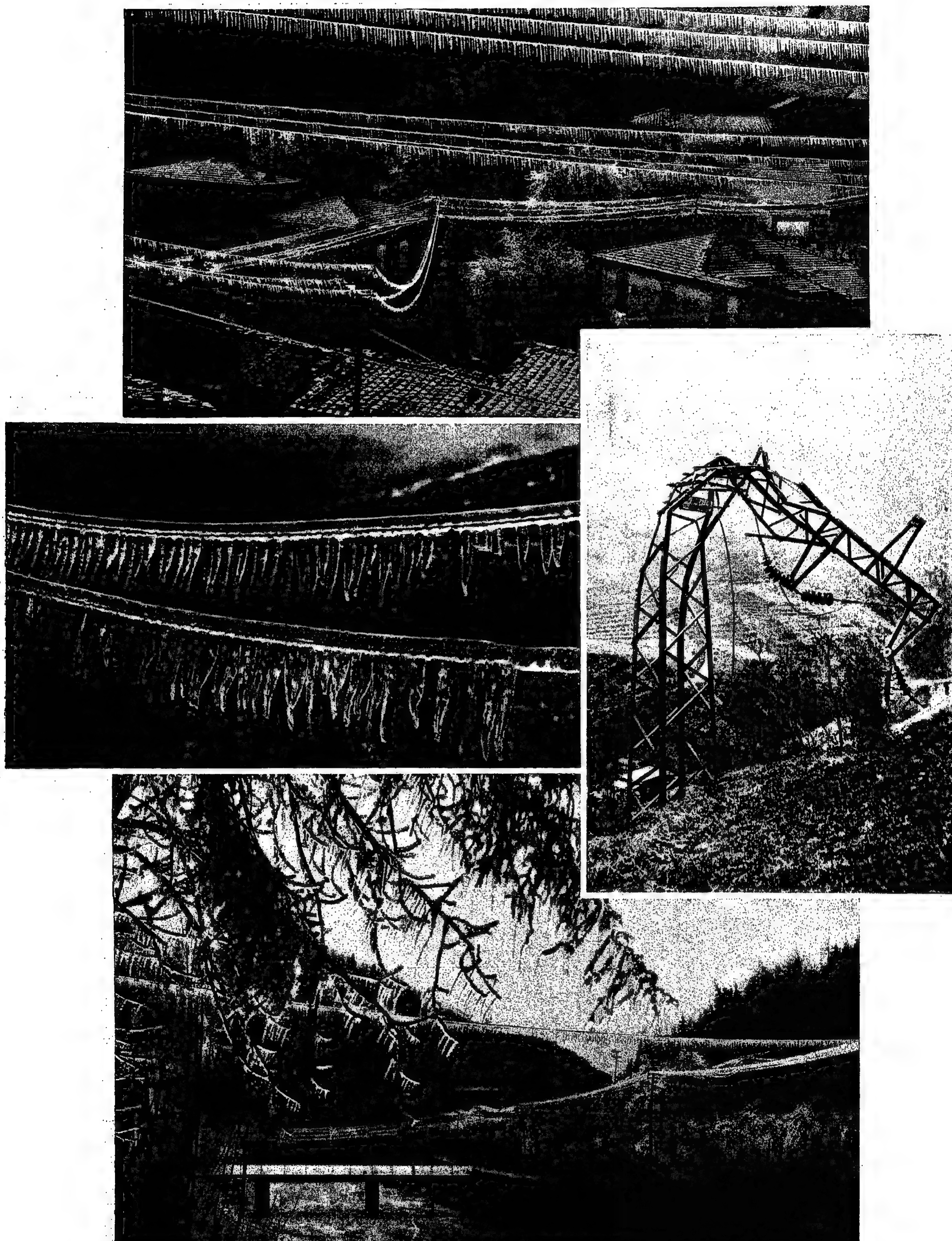
Un risultato interessante si è pure avuto dalla misura separata delle perdite meccaniche della turbina e dell'alternatore, misura eseguita sia con le curve di rallentamento e sia facendo funzionare l'alternatore come motore sincrono a vuoto e cos $\varphi = 1$. Le perdite totali di 60 kW circa sono risultate dovute per metà alla turbina e per metà all'alternatore. Di solito, quando non si eseguisce la misura diretta, si usa attribuire alla turbina una frazione assai minore delle perdite totali del gruppo.

È stata pure eseguita, con risultato completamente soddisfacente, la prova di chiusura della valvola rotativa di ammissione alla turbina con la turbina funzionante al pieno carico.

La chiusura si è effettuata regolarmente in 40" senza produrre nessuna vibrazione e senza nessuna visibile sovrapressione alla condotta.

Per quanto riguarda il funzionamento, dopo aver provveduto ad eliminare gli inconvenienti verificatisi alla prima messa in servizio del gruppo, questo ha sempre funzionato egregiamente rispondendo in modo perfetto a tutte le speciali condizioni di funzionamento che gli sono state imposte.

ING. NOVERINO FALETTI.



Aspetti caratteristici ed effetti della formazione di ghiaccio sui conduttori di linee elettriche della Montagna Pistoiese durante le ultime nevicate susseguite da nebbie e da gelo.

(Fotografie trasmesse dalla "Centrale,,)

ING. LUIGI PASSERINI

Impiego monofase del motore asincrono trifase

Nel fascicolo 18° dell'*E. T. Z.* del 1930 il Bergmann descrive un suo motore a collettore in serie, caratterizzato da un freno centrifugo, destinato a rallentare il motore quando, per una diminuzione di carico, assumerebbe una velocità eccessiva.

Tuttociò costituisce una conferma che il motore a collettore, per molte applicazioni, così com'è, non è il più conveniente, a causa della sua caratteristica velocità - momento motore troppo elastica.

Il motore creato dal Bergmann ha rimediato a tale fatto però con un dispositivo che, per quanto geniale, è pur sempre causa di maggiore costo e di ulteriore complicazione.

Vediamo perciò come possa ottenersi più semplicemente lo stesso risultato anche dal motore asincrono a campo rotante.

***

Il problema del motore monofase ad induzione è così antico e così ricco di poderose indagini, da rendere alquanto arrischiata l'aggiunta di nuove note.

Il concetto della scomposizione del campo alternativo nelle sue componenti simmetriche, rotanti oppositamente, risale infatti già a Galileo Ferraris, dietro il quale poi tanti e valenti studiosi si incanalarono per chiarire il meccanismo della concezione nei suoi più minuti particolari.

Così Heyland in « Eine Methode zu Experimentellen Untersuchungen an Induktionsmotoren » (Enke 1904); così Thomälen in « E.T.Z », pag. 1111, 1905.

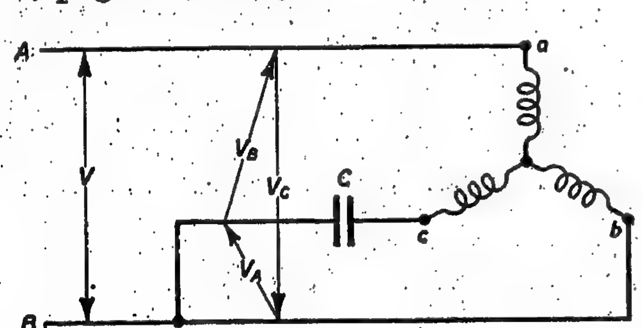


Fig. 1.

Ma oggi più che mai si cerca di diffondere le piccole applicazioni dell'elettricità, per le quali nuovi studi sono appunto necessarii per la creazione del motore a passo rigido, super-robusto, della massima semplicità costruttiva e di manovra, nonchè di basso costo.

Il motore provato dallo scrivente non è né più né meno che un normale motore trifase ad induzione con rotore a gabbia, derivato dalla linea monofase secondo lo schema della fig. 1 e cioè mediante l'inserzione di condensatori sulla fase *C*.

Il motore in queste condizioni sviluppa quasi la stessa potenza di quando viene alimentato in trifase, si avvia facilmente e per cambiare il senso di rotazione basta spostare il filo *C* dal conduttore *B* a quello *A*.

Il sistema costituisce uno di quegli aggruppamenti che, per l'amatore, si prestano a studi interessanti.

In sostanza ci troviamo di fronte ad una macchina simmetrica da alimentare con una terna dissimmetrica limite, attraverso una linea dissimmetrica.

La capacità aggiuntiva è infatti ciò che costituisce la ragione di dissimmetria della linea, dissimmetria voluta per compensare, finchè possibile, la dissimmetria della terna di alimentazione.

La teoria delle componenti simmetriche dei circuiti trifasi è quella che ci offre i mezzi di calcolo più semplici per dare uno sguardo al fenomeno, già di per sè peraltro abbastanza intuitivo.

Non sarebbe infatti possibile venirne a capo tanto facilmente con le relazioni letterali, se non conoscessimo le equazioni semplificatrici del Fortescue, relative al funzionamento di un motore simmetrico, sotto qualunque condizione di alimentazione.

***

Nel nostro caso la dissimmetria del trifase di alimentazione arriva al limite di avere una delle tensioni concatenate ridotta a zero, si ha cioè:

$$V_A = 0; \quad V_B = -V; \quad V_C = V$$

Le tre componenti simmetriche di questo particolare trifase sono allora:

$$V_{a0} = \frac{1}{3}(V_A + V_B + V_C) = 0$$

$$V_{a1} = \frac{1}{3}(V_A + \alpha V_B + \alpha^2 V_C) = -j\frac{V}{\sqrt{3}}$$

$$V_{a2} = \frac{1}{3}(V_A + \alpha^2 V_B + \alpha V_C) = j\frac{V}{\sqrt{3}}$$

in cui: $\alpha = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}, \; \alpha^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$

e nessun segno particolare è stato adottato per distinguere i valori vettoriali, perchè lo sono tutti.

Si ha dunque: $V_{a1} = -V_{a2}$ e poichè: $V_{a1} = -j\sqrt{3}\,E_{a1}$ e $V_{a2} = j\sqrt{3}\,E_{a2}$, ne segue che $E_{a1} = E_{a2}$.

Essendo inoltre $\alpha^2 - \alpha = -j\sqrt{3}$ si ha:

$$V_C = V = V_{c0} + V_{c1} + V_{c2} = \alpha V_{a1} + \alpha^2 V_{a2} = 3E_{a1}$$

Dunque noi al sistema capacità-motore, di cui allo schema, applichiamo un trifase che ha due componenti simmetriche opposte uguali e precisamente:

$$E_{a1} = E_{a2} = \frac{V}{3}$$

Si tratta ora di determinare le espressioni delle componenti simmetriche della terna di correnti che ne risultano: I_{a1} corrente diretta, I_{a2} corrente inversa, e di discuterle.

Per questo cominciamo con lo indicare con $z_a = 0$, $z_b = 0$, $z_c = \frac{j}{\omega C}$ le impedenze dei tre conduttori *a*, *b*, *c*, che portano la corrente ai tre morsetti del motore.

Le componenti simmetriche di queste impedenze risultano:

$$z_0 = -\frac{j}{3\omega C}; \quad z_1 = \frac{1}{3\omega C}\left(-\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{j}{2}\right);$$

$$z_2 = \frac{1}{3\omega C}\left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{j}{2}\right)$$

Inoltre siano rispettivamente Z_d, Z_s le auto-mutue-impedenze diretta ed inversa, assunte dal Fortescue a base delle sue equazioni semplificate, relative ai motori asincroni simmetrici (Vedi Prof. Ercole Bottani: « La moderna matematica dei circuiti trifasi, pag. 82):

$$\begin{cases} S^1 E_{a1} = S^0 Z_{d0} \, . \, S^1 I_{C1} \\ S^2 E_{C1} = S^0 Z_{s0} \, . \, S^2 I_{a2} \end{cases}$$

Con questi elementi si può così impostare il sistema delle due equazioni:

$$\begin{cases} E_{a1} = \dfrac{V}{3} = z_0 I_1 + z_2 I_2 + Z_d I_1 \\ E_{a2} = \dfrac{V}{3} = z_0 I_2 + z_1 I_1 + Z_s I_2 \end{cases}$$

Di qui si ricavano le espressioni di I_{a1} e I_{a2}:

$$I_{a1} = \frac{V}{3} \cdot \frac{Z_s + z_0 - z_2}{(z_0 + Z_d)(z_0 + Z_s) - z_1 z_2} = \frac{V}{3} \cdot \frac{Z_s - \frac{\sqrt{3}}{6\omega C}(1 + j\sqrt{3})}{Z_d Z_s - \frac{j}{3\omega C}(Z_d + Z_s)} =$$

$$= \frac{6\omega C \, Z_s - \sqrt{3}\,(1 + j\sqrt{3})}{3\omega C \, Z_d Z_s - j\,(Z_d + Z_s)} \cdot \frac{V}{6}$$

$$I_{a2} = \frac{V}{3} \cdot \frac{Z_d + z_0 - z_1}{(z_0 + Z_d)(z_0 + Z_s) - z_1 z_2} = \frac{V}{3} \cdot \frac{Z_d + \frac{\sqrt{3}}{6\omega C}(1 - j\sqrt{3})}{Z_d Z_s - \frac{j}{3\omega C}(Z_d + Z_s)}$$

$$= \frac{6\omega C \, Z_d + \sqrt{3}\,(1 - j\sqrt{3})}{3\omega C \, Z_d Z_s - j\,(Z_d + Z_s)} \cdot \frac{V}{6}$$

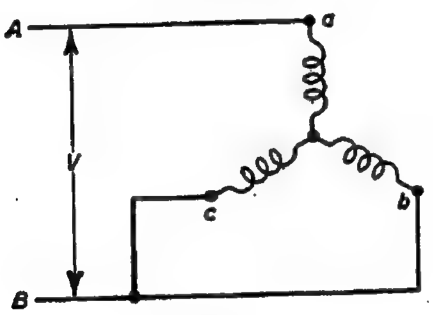


Fig. 2.

Se in queste due equazioni facessimo $z_0 = 0$, $z_1 = 0$; $z_2 = 0$ si avrebbe (fig. 2):

$$I_{a1} = \frac{V}{3} \cdot \frac{1}{Z_d} \quad ; \quad I_{a2} = \frac{V}{3} \cdot \frac{1}{Z_s}$$

E poichè in fase di avviamento per ragioni di simmetria è $Z_d = Z_s$, si ha che con un collegamento di questo genere la coppia diretta è uguale a quella inversa, per cui il motore non può partire da sè.

Questo è pure il caso di una capacità infinitamente grande inserita secondo il nostro schema.

Se in così particolari contingenze il motore viene lanciato con un mezzo meccanico esterno e poi alimentato, avendosi un valore della Z_d maggiore di Z_s (questo nell'ipotesi che il movimento sia destrorso) ne risulta una corrente diretta minore di quella inversa.

In questo caso dunque la coppia inversa si fa sentire con un'azione frenante piuttosto energica.

La relazione generale: $\dfrac{As}{B + Cs^2}$ = coppia, che conduce alla ben nota figura 3 (diagramma della coppia in funzione dello

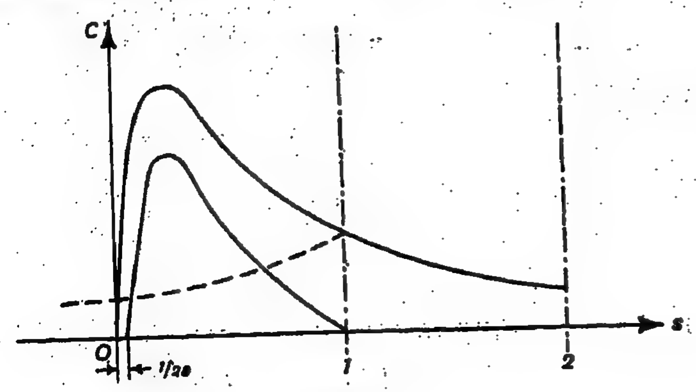


Fig. 3.

scorrimento), può far pensare che la superiorità del modulo di I_{a2} sopra I_{a1} possa venir frustrata dalla dipendenza della coppia dallo scorrimento, al punto da permettere al motore di funzionare ugualmente, sebbene in cattive condizioni di rendimento (Vedi Ing. Cesare Della Salda: « L'Elettrotecnica », 1917, pag. 298).

La pratica però dimostra (cosa che del resto si può ricavare facilmente dal diagramma circolare di Heyland applicato alle componenti simmetriche della I) che il maggior valore della I_{a2} sulla I_{a1} si fa sentire al punto di frenare rapidamente il motore, fino a lasciarlo appena muovere.

Dunque una C eccessiva nuoce al buon comportamento del motore.

Vediamo ora il limite inferiore, facendo $C = 0$ ovvero, ciò che fa lo stesso, interrompiamo il conduttore C.

Allora le espressioni I_{a1}, I_{a2} divengono:

$$I_{a1} = \frac{V}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{-j + \sqrt{3}}{Z_d + Z_s}$$

$$I_{a2} = \frac{V}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{j + \sqrt{3}}{Z_d + Z_s}$$

dalle quali si ha:

$$I = I_{a1} + I_{a2} = \frac{V}{Z_d + Z_s}$$

Questo è cioè il caso del motore monofase, e noi lo abbiamo dedotto da un punto di vista più generale da quello esposto dal Prof. Bottani a pag. 102 della sua monografia.

Senonchè il lettore che ci ha sin qui seguiti e va a confrontare le nostre posizioni iniziali con quelle del Bottani, si trova di fronte ad un'apparente contraddizione, che richiede delucidazioni: questo indipendentemente dall'avere noi interrotta la corrente nel conduttore C anzichè in quello A.

Il Bottani parte infatti dalle equazioni:

$I_a = 0$; $I_b = I$; $I_c = -I_b = -I$ (naturalmente riferendosi al caso Suo) dalle quali ha:

$$I_{a1} = j\frac{I}{\sqrt{3}} \quad ; \quad I_{a2} = -j\frac{I}{\sqrt{3}} = -I_{a1}$$

e poi dice:

« D'altra parte dette V_{a1} e V_{a2} le tensioni concatenate diretta ed inversa del circuito trifase è:

$$V = V_A = V_{A1} + V_{A2} = -j\sqrt{3}\,E_{a1} + j\sqrt{3}\,E_{a2} = -j\sqrt{3}\,(E_{a1} - E_{a2})$$

ove E_{a1} ed E_{a2} sono le solite tensioni di fase:

$$E_{a1} = Z_d \, . \, I_{a1} \, ; \quad E_{a2} = Z_s \, . \, I_{a2} \text{ ecc.}$$

Da queste equazioni risulta chiaramente che, per esser $I_{a1} = -I_{a2}$; e Z_d diverso da Z_s, deve essere necessariament E_{a1} diverso da E_{a2}.

Ma allora come va che noi, partendo da equazioni diverse d quelle del Bottani, abbiamo avuto subito l'uguaglianza del tensioni stellate opposte, E_{a1} ed E_{a2}, cioè una condizione co traddittoria con la sua, e nonostante questo siamo arriva agli stessi risultati, e cioè $I_{a1} = -I_{a2}$ (salvo gli argomen per essere noi partiti da $I_c = 0$ anzichè da $I_a = 0$)?

Il fatto dipende dal non essere le E_{a1} ed E_{a2} del Bottani a partenenti al circuito esterno ma bensì a quello del moto mentre i nostri valori appartengono proprio alla linea, prin della capacità, dove cioè per essere la linea monofase, n potrebbero esserci due E oppositamente rotanti di modulo suguale.

Se consideriamo i valori del Bottani, nel caso di $C = 0$, ci prescindiamo dall'impedenza del breve tratto di linea, nel qu esiste l'interruzione, le Sue tensioni E_{a1} ed E_{a2} diventano le stre, ugualizzate.

Chiudendo la parentesi torniamo al nostro motore nel c $C = 0$.

In tali condizioni, secondo un concetto del Rössler, il mot monofase, così ottenuto, risulta dalla disposizione in serie d statori di due trifasi, rigidamente accoppiati negli assi e perc dalle correnti in guisa che l'uno sviluppi una coppia mot opposta a quella dell'altro.

Alla partenza, cioè da fermo, essendo $Z_d = Z_s$, non si ha preminenza di una coppia sull'altra, talchè il motore, se non viene aiutato, non può partire.

In marcia la caratteristica ricordata della coppia in funzione degli scorrimenti ci dice che la coppia diretta è notevolmente superiore a quella inversa, per cui il motore, per quanto con un filo interrotto, è ancora in grado di funzionare e di fornire lavoro.

Senonchè il materiale non riesce bene sfruttato, tanto che quei costruttori, che hanno voluto far uso del comune motore trifase anche pel monofase, hanno dovuto invertire (v. fig. 4)

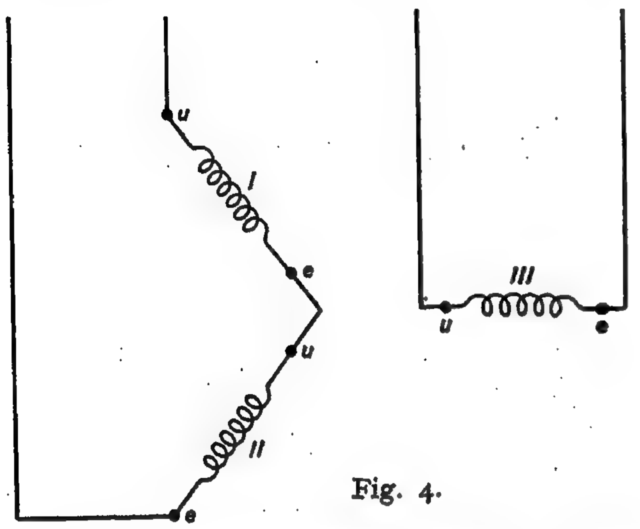


Fig. 4.

u = uscita, e = entrata, relative al servizio col trifase.

tra loro le due fasi rimaste alimentate per renderle concomitanti, unendo ad esse in parallelo, a marcia avviata, anche la terza fase, la quale in condizioni di avviamento veniva fatta operare a sè con resistenze o con capacità, come fase ausiliaria. (V. Prof. Lombardi, 2° Vol., pag. 306).

D'altronde tutta l'indagine del Thomälen sul motore monofase ad induzione (V. loco citato), è impostata sulla premessa teorica che gli Ampère-fili sulla periferia del motore monofase abbiano una distribuzione sinusoidale nello spazio.

Solo così il motore monofase riesce a dar luogo al campo rotorico di Steinmetz, ortogonale nello spazio e nel tempo a quello statorico, presentandosi nel complesso come un motore bifase.

Il motore trifase, con un conduttore semplicemente distaccato, è ben lontano da questa condizione, alla quale la pratica ci ha poi avvicinati di più col sistema accennato del Prof. Lombardi.

Dunque, interrompendo semplicemente uno dei conduttori di un motore asincrono o, ciò che è lo stesso, inserendo in esso una capacità 0, si trova per la coppia risultante del motore un altro punto di minimo, un po' più favorevole del primo (con capacità infinita) se si vuole, ma pur sempre di minimo.

E poichè dall'esame delle espressioni:

$$I_{a1} = \frac{V}{3} \frac{Z_s - \frac{\sqrt{3}}{6\,\omega\, C}\,(1 + j\sqrt{3})}{D}$$

$$I_{a2} = \frac{V}{3} \frac{Z_d + \frac{\sqrt{3}}{6\,\omega\, C}\,(1 - j\sqrt{3})}{D}$$

si vede che la introduzione di una capacità crea nei valori delle correnti diretta ed inversa una differenza sensibile, che migliora il comportamento del motore, si arguisce che tra i due minimi corrispondenti a $C = 0$ ed a C infinito deve esistere un valore di C che rende massima la coppia utile risultante.

Il beneficio nella coppia motrice si fa sentire anche all'atto dell'avviamento, appena accennata la rotazione e con senso ben definito.

In pratica per la variazione delle $Z_{d.s}$ con lo scorrimento accadrà che il valore che, diciamo « critico » della C non sarà lo stesso all'avviamento come in marcia.

Dovendosi prendere in considerazione particolarmente la condizione di marcia, ne risulta che la fase di avviamento sarà alquanto sacrificata.

Nessun motore del resto si trova in condizioni così perfette da comportarsi ugualmente bene sia in una condizione come nell'altra, senza l'intervento di manovre esterne.

Il nostro, pur trovandosi un po' sacrificato all'avviamento, opererà come possiamo desiderare, tenuto conto degli usi ai quali deve venir destinato.

A giri col sistema della capacità otteniamo un motore più silenzioso e tranquillo di uno puramente monofase.

Tutto ciò lo scrivente ha potuto constatare in un motorino di una settantina di Watt, alimentato da corrente monofase a 275 V e 42 periodi, mediante l'inserzione a sentimento di una capacità di soli 4 microfarad.

La determinazione della C più conveniente per via diretta riesce praticamente impossibile o quanto meno sproporzionata alla semplicità che si può avere rilevando gli elementi dal diagramma circolare e procedendo poscia per successive approssimazioni.

Questa indagine di carattere utilitario non è stata fatta dallo scrivente, che si è ripromesso di eseguire solo uno studio accaaccademico.

Per chiuderlo rimangono da determinare i valori delle intensità I_A, I_B, I_C nei tre conduttori.

Esse sono:

$$I_A = I_{a1} + I_{a2} = \frac{V}{6} \frac{6\omega C\,((Z_d + Z_s) - 6j}{3\omega C\, Z_d\, Z_s - j\,(Z_c + Z_s)} =$$

$$= V \frac{\omega\, C\,(Z_d + Z_s) - j}{3\,\omega\, C\, Z_d\, Z_s - j\,(Z_d + Z_s)}$$

$$I_B = I_{b1} + I_{b2} = \alpha^2 I_{a1} + \alpha I_{a2} =$$

$$= -\frac{V}{2} \frac{\omega C\,[Z_s + Z_d + j\sqrt{3}\,(Z_s - Z_d)] - 2j}{3\,\omega\, C\, Z_d Z_s - j\,(Z_d + Z_s)}$$

$$I_C = I_{c1} + I_{c2} = \alpha I_{a1} + \alpha^2 I_{a2} =$$

$$= -\frac{V}{2} \frac{\omega\, C\,[Z_s + Z_d + j\sqrt{3}\,\,(Z_s - Z_d)]}{3\,\omega\, C\, Z_d Z_s - j\,(Z_d + Z_s)}$$

da cui si ricava:

$$I_B + I_C = -V \frac{\omega\, C\,(Z_d + Z_s) - j}{3\,\omega\, C Z_d Z_s - j\,(Z_d + Z_s)} = -I_A$$

In pratica, inserendo un amperometro sul conduttore C, si ottiene un'indicazione di andamento inverso da quello degli altri conduttori, nel senso che il valore indicato diminuisce quando si frena fortemente il motore, ciò che negli altri due conduttori provoca un aumento d'intensità.

L'Ing. Cesare della Salda nel suo interessante articolo pubblicato nel 1917 nell'« Elettrotecnica », col quale preveniva coi suoi studi la teoria del Fortescue, chiudeva col seguente periodo, che riportiamo:

« .... Se quindi per il miglior funzionamento di un motore con avvolgimento simmetrico si richiede un sistema di tensioni simmetrico, mentre un sistema di tensioni dissimmetrico, al caso limite, richiede un avvolgimento pure dissimmetrico, sembra legittimo prevedere che anche per le dissimmetrie di tensione intermedie converrebbero avvolgimenti dissimmetrici ».

Ebbene nella presente nota ci siamo valsi della teoria delle coordinate simmetriche per cercare la possibilità di far uso delle macchine simmetriche anche nel caso della dissimmetria limite, rappresentata dal monofase.

Quale lo scopo?

Semplicemente quello di ridurre la serie delle costruzioni, rendendo più vasto il campo di applicazione di ogni singola macchina.

È la tendenza moderna che lo vuole, anche se ciò costa qualche sacrificio, essendo la semplicità una delle migliori prerogative meccaniche, oggi richieste dalla pratica quotidiana.

Ing. Luigi Passerini.

ING. PIERO CASINI

DIRETTORE DELLA SOCIETÀ ELETTRICA BONIFICHE IRRIGAZIONI

Notizie sulla elettrificazione rurale in Francia

Ho avuto occasione, per incarico della Società Meridionale di Elettricità, di visitare nello scorso anno 1930 alcune reti ed organizzazioni elettroagricole francesi.

Il problema aveva, in Francia, aspetti ed esigenze caratteristiche.

Così dicasi del progressivo spopolamento delle campagne, assai più preoccupante che già non sia da noi, e della distribuzione elettrica assai meno diffusa. Su circa 37.000 Comuni solo il 20 % era elettrificato nel 1920. Sono numerosi i Comuni con poche centinaia di abitanti.

Si trattava dunque non tanto di promuovere particolari applicazioni agricole (fra cui conviene accennare che l'elettropompa non era molto richiesta e si trova solo nelle reti del Mezzogiorno), quanto più generalmente di estendere l'uso della energia elettrica a tutte le zone rurali che la iniziativa industriale non aveva potuto raggiungere.

A base del programma di lavoro furono riconosciuti due punti fondamentali:

largo incoraggiamento e concorso da parte degli Enti pubblici (Stato, Dipartimenti, Comuni);

raggruppamenti di utenze e forme associative fra gli agricoltori.

In una pubblicazione ufficiale del Ministero dell'Agricoltura (« Notice destinée à faciliter la création des reseaux ruraux de distribution d'énergie électrique ») è affermato che « se gli impieghi rurali dell'elettricità sono multipli, le quantità di energia consumate sono piccolissime »; « le reti rurali rappresentano il massimo di spese per il minimo di introiti »; « bisogna limitare le spese di impianto, sia rassegnandosi a non servire le aziende troppo lontane, sia esigendo dagli abitanti un contributo a fondo perduto »; infine che « il prezzo della energia sarebbe in generale proibitivo se la totalità degli oneri di impianto pesasse sui consumatori. Per assicurare la vitalità delle imprese, è indispensabile che questi oneri siano alleggeriti da un concorso dello Stato ».

La stessa pubblicazione afferma che « mediante l'organizzazione associativa il prezzo dell'energia potrà essere notevolmente ridotto, per il trattamento dei prodotti e per il pompaggio »; che la associazione degli agricoltori « non sarà meno preziosa per l'acquisto in comune degli apparecchi »; ripete e conclude affermando che « gli agricoltori non dovranno perdere di vista come lo sforzo di cooperazione che è loro richiesto nell'interesse generale, sarà per loro stessi una ragione di profitto poichè le tariffe dell'energia potranno essere così ridotte ».

***

L'intervento dello Stato si esplica solo a favore delle collettività, mediante delle sovvenzioni a fondo perduto e dei prestiti a tasso ridotto: queste due previdenze possono concorrere a beneficiare una stessa impresa.

Le sovvenzioni furono stabilite inizialmente (5 gennaio 1924) nella misura complessiva massima del 35 %; era fissata una misura diversa per l'alta e la bassa tensione, e la percentuale aveva riferimento con la spesa di impianto per abitante, aumentando con questa. Ma, col tempo, l'elettrificazione rurale ha meglio rilevato le sue caratteristiche: serviti i più grossi Comuni, si è avvicinata a ciò che essa rappresenta per noi, ossia la distribuzione alle campagne, alle fattorie isolate, solo comprendendo ancora i più piccoli Comuni, agglomerati rurali fra i 100 e 500 abitanti.

Così, mentre, nel 1924, si prevedeva come spesa massima d'impianto difficilmente superabile i 160 franchi per abitante, questa è salita rapidamente a oltre 600 e così recentemente (7 giugno 1930) la sovvenzione è stata elevata al 50 %.

Nel caso in cui le collettività non beneficino anche dei prestiti a tasso di favore, esse possono ricevere dallo Stato un complemento di sovvenzione, in rapporto al non goduto beneficio di interessi, calcolato per una durata di trenta anni. Oggi questa sovvenzione suppletiva corrisponde a circa il 15 % della spesa di impianto.

Allo Stato si aggiungono i Dipartimenti, i quali possono dare dei contributi a fondo perduto fino al 20÷25 % dell'impianto.

Nelle disposizioni che informano e disciplinano tutti questi contributi è da segnalare il principio ripetutamente espresso che la concessione dei medesimi debba essere subordinata all'accertamento della richiesta di potenza e di consumo di energia che le nuove reti potranno presentare. Sotto certi minimi, non è concesso alcun contributo.

Si può esprimere qualche riserva sui criteri per determinare certi parametri economici degli impianti, ma è importante la affermazione esplicita che non devono essere i contributi a legittimare e giustificare tutte le linee rurali, ma queste viceversa devono giustificare il contributo nel quadro di un evidente bisogno e di un sicuro tornaconto generale.

Al 1929 risulterebbero le seguenti sovvenzioni (Rapport de la Commission des Finances portant fixation du Budget général de l'exercice 1930):

accordate	799	milioni di franchi
gia liquidate	555	» »

I prestiti di favore per la distribuzione agricola sono disciplinati dalla legge 2 agosto 1923 e dai decreti 13 dicembre 1923 - 27 agosto 1929.

L'interesse è fissato annualmente sulla metà del tasso di rendita della rendita perpetua francese in base al corso medio di questa durante l'anno precedente, senza poter mai oltrepassare il 3 %. L'ammortamento è variabile da 10 a 40 anni.

Le collettività che godono di questi mutui sono tenute al l'uso di materiale francese; non potendo — per ragioni di tempo

di prezzo, di qualità — devono essere autorizzate dal Ministero dell'Agricoltura per l'acquisto di materiale estero.

Per questi prestiti lo Stato, nel 1923, mise a disposizione dell'Ufficio Nazionale del Credito Agrario fino a 600 milioni di franchi.

***

Gli organismi che più largamente si dedicano all'elettrificazione rurale sono i seguenti:

a) il Comune o il Sindacato di Comuni,
b) le Società Cooperative fra gli agricoltori,
c) le Società di interesse collettivo agricolo,
d) le Associazioni Sindacali fra gli agricoltori.

Il Sindacato dei Comuni e le Associazioni sindacali degli agricoltori sono degli organismi di diritto pubblico; le Cooperative e le Società di interesse collettivo, di diritto privato.

a) *Sindacato dei Comuni.* — È la forma più antica, sorta e sviluppatasi per le condizioni specifiche della Francia prima accennate: un cospicuo numero di queste unità demografiche e amministrative, su una vasta estensione, in gran parte della quale l'iniziativa privata non poteva giungere con la distribuzione di energia. Si tratta cioè di elettrificazione rurale nella sua forma più lata, direi al limite, che non ha valore per noi, dove quasi ogni paese dispone già del servizio elettrico.

Nella maggioranza dei casi questo Ente funziona solo come organo di finanziamento. All'uopo provvede con la sovvenzione dello Stato, con quella del Dipartimento, con una operazione con l'Ufficio Nazionale del Credito Agrario, con gli eventuali contributi degli abitanti, con le eventuali disponibilità sui bilanci comunali, infine, se necessario, emettendo delle obbligazioni.

Quando il Sindacato è arrivato così a disporre dell'80 % circa del fabbisogno, indice la gara per la costruzione della rete, la fornitura di energia, l'esercizio. Prima oggetto della gara era solo la fornitura di energia e l'esercizio; oggi è in genere compreso anche l'impianto, essendosi riconosciuti gli inconvenienti cui dava luogo il consegnare al concessionario impianti eseguiti da terzi.

Il concessionario assume a suo carico la copertura del residuo fabbisogno. Dopo 40 anni gli impianti passano in proprietà allo Stato.

b) *Società Cooperative.* — Sono degli organismi mutui composti esclusivamente di agricoltori, a bassa quota di partecipazione. Godono di speciali agevolazioni fiscali.

Questi organismi rispondono bene e ad essi comunemente si ricorre per l'acquisto e l'uso comune di macchinario elettrorurale; si sono dimostrati invece meno idonei per la distribuzione di energia. Appunto per tale esperienza negativa sorsero le

c) *Società di interesse collettivo agricolo* (Legge 5 agosto 1920). — Queste sono una specie di cooperative, ma con maggiore elasticità di funzionamento perchè ammettono partecipanti e clienti non agricoltori, e possono fare operazioni anche con persone non partecipanti alla Società.

Il capitale è formato da azioni nominative, a piccolo taglio, cedibili solo con consenso del Consiglio di Amministrazione; tutti i partecipanti sono solidalmente responsabili per le somme anticipate dallo Stato. Al capitale non può essere corrisposto più di un certo interesse (attualmente il 6 %); il rimanente va ad un fondo di riserva che non può essere ripartito fra i soci. Alla fine della concessione i profitti così accumulati devono essere impiegati in un'opera agricola di utilità generale (bonifiche, ecc.).

d) *Associazioni Sindacali.* — Sono degli organismi di miglioramento fondiario, simili, in certo modo, ai nostri Consorzi di bonifica. Esse impegnano più che le persone, come le due forme precedenti, le proprietà, e a questa diversa natura corrisponde diverso trattamento da parte dello Stato. Così, mentre le Cooperative e le Società di interesse collettivo agricolo beneficiano principalmente di prestiti a tasso ridotto, queste ultime Associazioni possono maggiormente usufruire delle sovvenzioni a fondo perduto.

Esse sono di tre specie; libere, autorizzate, coattive; come organismi giuridici fra i più antichi, ripetendo le loro origini dalle leggi 21 giugno 1865 e 22 dicembre 1888. Ma, in quanto il movimento bonificatorio non ha avuto in Francia lo sviluppo che ha assunto in Italia e, soprattutto, in quanto esse devono limitarsi, in materia di elettrificazione, a quella che, essendo veramente elettrificazione delle campagne, come da noi intesa, è in Francia cominciata solo recentemente, non hanno avuta finora applicazione così estesa come le precedenti, per le quali la fornitura a paesi rurali era la principale, quella alle campagne la secondaria.

Oggi che il 70 % dei paesi è elettrificato (27.000 su 37.000 circa) e si tratta veramente di portare energia nei campi e nelle aziende per il miglioramento della vita e dei mezzi culturali, queste Associazioni vanno acquistando maggiore importanza applicativa.

La circolare ministeriale del 15 giugno 1920 precisa che esse, più che assumere veste di concessionari, devono limitarsi « a derivare dalle reti esistenti e nel quadro delle concessioni già accordate, delle prese che permettono di portare la corrente alle aziende rurali, le quali non potrebbero essere fornite in base alle ordinarie condizioni di fornitura, essendo il consumo di energia troppo debole, in rapporto alla lunghezza delle linee occorrenti ».

Queste linee lo Stato riconosce come opere di miglioramento fondiario.

Abbiamo così rapidamente esaminati gli organismi attraverso i quali si estende la elettrificazione delle campagne francesi. Sarà opportuno aggiungere che è ormai riconosciuto non dubbio che essi debbano limitarsi alla distribuzione di energia. Fu provata, agli inizî, la produzione autonoma di energia: i risultati furono nettamente negativi.

La già citata « Notice » del Ministero dell'Agricoltura dice esplicitamente e per tutte le collettività: « salvo casi rarissimi, l'impresa deve essere limitata alla distribuzione di energia e non comprendere la produzione: una officina autonoma non potrà fornire che dell'energia costosa, per il suo debole consumo e la cattiva utilizzazione. L'acquisto della energia non solo eviterà delle serie complicazioni, ma permetterà di realizzare delle importanti economie ».

***

Riferisco su due organizzazioni da me visitate.

La prima riguarda la distribuzione in una zona dell'Oise, della estensione di 94.727 ettari. Le abitazioni sono quasi tutte raggruppate nel capoluogo del Comune; vi sono poche abitazioni isolate, costituite principalmente dalle maggiori aziende.

Questo esercizio è fatto da un gruppo di cinque Società di interesse collettivo agricolo, unite sotto un'unica direzione ma con separate gestioni contabili.

Nella zona suindicata sono compresi 126 Comuni con 46.554 abitanti (370 per Comune, 1 abitante ogni 2 ettari).

Complessivamente al Gruppo sono associati quasi 12.000 cooperatori con la quota individuale di 25 franchi.

Gli impianti sociali rappresentano un immobilizzo di franchi 8.087.000, dei quali 2.800.000 sono stati versati dai soci, il resto dallo Stato, in parte a mutuo di favore (2 %, ammortamento 25 anni), in parte minore a fondo perduto.

Già con gli ultimi bilanci è stato raggiunto il 6 % di dividendo.

Le linee ad A.T. — derivate dalle reti industriali viciniori — sono a 6000 e 15.000 Volt; quelle a b. t. a 200.

Le cabine sono principalmente in muratura (parte in muratura circa 3.000 franchi) e contengono spesso due trasformatori, uno da 5 kVA, uno da (30÷40) kVA: il secondo è attaccato solo per utilizzazioni agricole stagionali. In alcune cabine il distacco è manovrabile dall'utente. Si è anche realizzato uno schema per cui, automaticamente, il trasformatore più forte è messo in servizio quando il carico aumenta e sezionato quando diminuisce, riducendosi alla luce. Si tratta di apparecchi assai costosi per questo genere di impianti e che possono presentare una certa convenienza solo per potenze dell'ordine di 100 kVA.

Le palificazioni, inizialmente in legno, sono tutte in corso di sostituzione con pali in cemento armato alti m 10,50, che costano, in opera, circa 250 franchi.

Conduttori in rame 50/10÷40/10; campate (70÷75) m.

La lunghezza delle linee ad A.T. è di 322 chilometri.

Fra le utenze specificatamente rurali manca la elettropompa; si diffondono gli elevatori, le applicazioni della stalla e del caseificio, il piccolo mulino, la pressatura, la trebbiatura.

Quest'ultima specialmente ha un notevole sviluppo e presenta caratteristiche migliori che da noi. Sono quasi tutte trebbie fisse, al coperto, con motori da 8 HP, al massimo 10. Questa potenza è assai minore di quanto generalmente richiesto in Italia (nel Meridionale (22÷30) HP) e concorre con la maggior durata del lavoro che, in successivi periodi discontinui e alternati fra le varie aziende, si prolungano per qualche mese. Ciò dipende dal fatto che molti agricoltori, anzichè trebbiare subito tutto il prodotto, preferiscono lavorarlo a più riprese per vendere a miglior quota.

Vi sono circa 500 trebbie elettrificate: da un consumo massimo fino a 6000 kWh si scende ad una media fra i 1000÷1500 kWh.

Molto diffusa, specialmente in vicinanza dei boschi, la lavorazione del legname. Nel Comune della Croix-St-Ouen (popolazione 1600 abitanti) più di 150 HP sono installati per tale utenza.

Complessivamente sono:

7.104 utenti luce e
1.304 » forza motrice

che corrispondono al 18 % degli abitanti.

Energia venduta (nel 1929, nono esercizio):

kWh 754.000 per luce, ossia 80,5 per utente (in massima parte luce urbana; poche sono le fattorie che arrivano a consumi notevoli, dell'ordine di 400 kWh annui);

kWh 991.000 per forza motrice, ossia 958 per utente (oltre la metà del consumo è per le trebbiatrici).

Per abitante, globalmente, kWh 33,6. In alcuni Comuni, con numerose utenze di forza motrice (artigianato rurale, piccoli mulini, piccole officine, segherie, ecc.) questa cifra sale notevolmente. Nei Comuni di Rully e Barbery — da 500 a 1000 abitanti — la potenza installata supera i 100 HP per ciascuno e il consumo annuo totale i 50 kWh per abitante.

Prezzi medi in franchi:

luce pubblica e privata (compresi i contatori ed access.)	2,76
forza motrice (mass. 1,70)	1,41

Poco applicata la tariffa binomia. Per le trebbie il prezzo è di Fr. 1,55 con garanzia di 250 ore; diminuisce per un'utilizzazione superiore.

Utilizzazione media globale molto bassa: 4.700 kVA installati nelle cabine; perdite complessive rilevanti, fra il 40 ed il 50 %.

Accanto alle perdite risultano molto elevate, come è inevitabile in ogni impianto di distribuzione rurale, le spese di esercizio e manutenzione.

Basse le spese generali e, soprattutto, in conseguenza delle agevolazioni statali sopra accennate, quelle di capitale; nel 1929, fra interessi e ammortamenti, Fr. 0,24 per kWh.

Per ultimo rileviamo che, dopo dieci anni di distribuzione, il consumo per ettaro non arriva a 16 kWh.

***

L'altra organizzazione riguarda l'aratura.

Questa applicazione è, anche in Francia, allo stato iniziale. Oggi però sembra che presenti delle notevoli possibilità, sia perchè può spuntare tariffe adeguate, sia per i lavori che si richiedono, sia perchè è stata messa a profitto l'esperienza.

Per le tariffe basta ricordare che il petrolio agricolo non gode di nessuna agevolazione fiscale, cosicchè nel 1930 (agosto) costava Fr. 2,05 al litro; da noi oggi L. 0,55. Con un consumo di 80÷100 litri per ettaro la differenza è ragguardevole.

Per i lavori bisogna bene affermare che trattore e argano elettrico hanno pieno diritto di cittadinanza in due settori separati.

Fino ai 25÷30 centimetri di profondità (è evidente che ci potranno essere degli scarti in più o in meno, ma qui si tratta di cifre medie e per la maggior parte dei casi) è difficile rinunziare al trattore in Francia, difficilissimo — per quanto sopra — in Italia. E anche se costasse qualche cosa di più per ettaro lavorato, i vantaggi che derivano dall'autonomia di esercizio, dalla libertà di impiego e di movimento compensano la differenza.

Sopra a quella profondità, sia permesso dire che il trattore ha chiuso il suo campo normale di impiego o, se prova a entrarci, si manifestano in pieno le sue caratteristiche negative: così il peso, che deve crescere anche oltre i limiti di tolleranza; così la manutenzione e le riparazioni che assorbono quote di forte rilievo e pure non impediscono una vita media brevissima.

Qui interviene l'aratura funicolare, col motore elettrico.

Nella Francia del Nord è molto diffusa la barbabietola da zucchero, e per questa è incontroversa la opportunità di lavorazioni profonde sui 40÷45 centimetri; tale fatto, insieme al maggior costo che può pagare la barbabietola, spiega come l'aratura elettrica sia applicata esclusivamente per tale cultura, mai pel grano.

Infine l'esperienza ha indicato i seguenti punti:

a) Da un lato: una lavorazione profonda, eseguita in poco tempo, con minore schiavitù rispetto alla stagione di quanto non vincoli l'impiego del trattore (che al massimo, può disporre di 100 giorni all'anno e da novembre a marzo non può lavorare), presenta tali vantaggi di rendimento economico e di organizzazione culturale che può e deve essere pagata adeguatamente. Il prodotto ricompensa.

b) Dall'altro: perchè il conto chiuda è indispensabile ridurre al minimo le spese per riparazioni del macchinario e aumentarne al massimo la produzione. Dato il costo sempre rilevante di quello e il personale occorrente, bisogna poter lavorar con un apparecchio intorno a due ettari al giorno, cioè 200÷25 all'anno. Sotto, è una fatica inutile.

Quando si ricordi che, in genere, tutto il macchinario elettro rurale e, in ispecie, gli argani per aratura sono soggetti a lavorare nelle peggiori condizioni, esposti ad ogni avversità atmosferica, sottoposti a sforzi bruschi e variabilissimi, si può concludere che il lato costruttivo degli apparecchi è preminent rispetto alla maggiore o minore ingegnosità progettistica.

Ci vogliono apparecchi che siano stati lungamente, per d versi anni, provati; è indispensabile una costruzione curat in ogni dettaglio di materiale e di disegno.

In Francia (dove si sono costruiti perfino argani pesanti ci scuno 200 quintali !) si è lavorato col « round-about » e col s stema monoargano e carro-ancora. La tendenza attuale semb escludere ambedue questi sistemi: quello, di basso rendimen (fino a 0,25) e di complicato esercizio; questo, sempre lab rioso per l'ancoraggio e lo spostamento del carro.

Si è tornati al sistema Fowler, realizzando nel macchinar Estrade un tipo sotto molti aspetti pregevole, messo sul merca dopo oltre dieci anni di prove, costruito da una casa di prir ordine.

Esso risulta di due argani — ciascuno del peso di 52 quintali — che si collocano sulle due capezzagne, a distanza fino ai 400 metri. Per l'alimentazione si dispone di 1.840 metri di cavo 3×20. Su ogni argano vi è un motore da 45 HP (500 Volt), completamente protetto, del tipo Boucherot a doppia gabbia rotante, l'esterna a forte resistenza per l'avviamento, l'interna a piccolissima resistenza per il funzionamento normale (forte coppia di avviamento, con limitato richiamo di corrente, massima semplicità di manovra, ridotta a un interruttore stella-triangolo); un cambio per due velocità del bilanciere (0,80 e 1,20 al secondo); l'argano e un altro piccolo motore (5÷10 HP) per le traslazioni del macchinario.

La particolarità meccanica dell'apparecchio Estrade è poi data da una leva mobile, con un freno idropneumatico, portante una puleggia su cui scorre il cavo traente prima di scendere al tamburo, che ha per oggetto di migliorare la stabilità dell'argano contro lo sforzo di trazione e di assicurare a questa una certa regolarità.

Personale occorrente: tre operai (uno per l'argano, uno sul bilanciere) e il capo cantiere.

Lo sforzo massimo di trazione è dell'ordine di 3500 kg.

Produzione: per profondità 0,25÷0,30, si può lavorare anche col trivomere facendo oltre ettari 2,5 nella giornata; col bivomere a 0,30÷0,40, su ettari 1,8÷2. Sopra, fino a 0,60÷0,70, col monovomere.

Nella regione intorno a Beauvais si sono costituite delle cooperative fra gli agricoltori, le quali hanno acquistato macchinario del tipo sopraindicato. Il prezzo di questo — compreso il bilanciere, il carro per ricambio di personale e officina, il carro cabina, i quattro tamburi dei cavi, ecc. — arriva al mezzo milione di franchi (la cifra sembra elevata). Per un terzo le Cooperative hanno provveduto coi loro capitali, per due terzi con prestiti del Credito Agrario (3 % – 10 anni).

Ciascuna cooperativa ha quindi stipulato una « Convention d'exploitation » con una Società industriale (« Société Éléctrique des Travaux Agricoles ») alla quale ha affidato la gestione degli apparecchi, con l'impegno di corrispondere determinati prezzi per ettaro e, d'altro lato, obbligandosi la Società a tutte le spese di esercizio e di manutenzione e a rendere gli apparecchi alla Cooperativa dopo dieci anni in perfetto stato di funzionamento.

Il prezzo unitario è stabilito per una certa cifra di ettari; sotto aumenta, sopra decresce; varia inoltre, notevolmente, con la profondità e il tipo della lavorazione e anche con « l'index économique de haute tension ». Questo tiene conto del carbone e della mano d'opera. Alla mano d'opera si dà un peso notevolmente maggiore che al carbone.

Prima era a carico della Società la corresponsione delle annualità sul capitale mutuato e di un certo interesse sul capitale della Cooperativa, ma questo sistema è poi stato abbandonato, sia perchè lo Stato mutuante non voleva rapporti con terzi, sia perchè i cooperatori potevano essere indotti a considerare l'iniziativa come un semplice impiego di capitali, esimendosi dal richiedere il lavoro dei propri terreni.

Così, ormai, nessun carico di capitale pesa sulla Società (la quale non possiede e non costruisce linee) dovendosi intendere che in tal fatto si è tenuto conto nella determinazione del prezzo.

Il personale del cantiere è pagato con la forma mista: un tanto al giorno, un premio per ettaro lavorato.

I prezzi delle lavorazioni nel 1930 erano i seguenti: arature profonde 0,30÷0,35, Fr. 420 per ettaro; idem ma con 0,10 di ripuntatura, Fr. 500.

Si può considerare, poi, un ulteriore costo capitale — a carico delle Cooperative — fra 150÷180.

E si può aggiungere che nell'Italia Meridionale, per lavorazione a 0,30÷0,35, difficilmente si spuntano — ancor oggi — le lire 280.

ING. PIERO CASINI.

RAG. LUIGI SERRA

DIRETTORE MUTUA D'ASSICURAZIONI FRA ESERCENTI IMPRESE ELETTRICHE

L'assicurazione contro gli infortuni degli operai sul lavoro

L'ANDARE DA CASA AL LAVORO E RITORNARVI COSTITUISCE « OCCASIONE DI LAVORO » ?

Il primo capoverso dell'art. 7 della legge 31 gennaio 1904, n. 51 per gli infortuni degli operai sul lavoro dice: « L'assicurazione deve essere fatta a cura e spese del capo o dell'esercente dell'impresa, industria o costruzione per tutti i casi di morte o lesioni personali provenienti da infortunio che avvenga per causa violenta *in occasione del lavoro*, ecc. ».

Da ventisette anni e cioè da quando vige la legge suddetta, l'elemento « occasione di lavoro » è stato fonte di continue discussioni fra assicuratori ed operai con l'emanazione di sentenze le più disparate e contraddittorie. Uno dei casi più frequentemente sottoposti al giudizio del magistrato è stato ed è quello comunemente detto dell'*andata e ritorno dal lavoro*.

Trascurando alcune sentenze di gradi inferiori emesse nei tempi passati da magistrati aventi più visione personale od ultra umanitaria oppure ultra fiscale che giuridica della questione, la maggioranza di esse dimostra lo studio acuto dei particolari e delle circostanze con cui ebbe a verificarsi l'infortunio, per tentare di ravvisarvi o meno la esistenza di un elemento qualificabile « occasione di lavoro ». Rammento le motivazioni di due sentenze emanate dalla Corte di Cassazione di Firenze ad otto giorni di distanza l'una dall'altra, le quali sembrano al profano contraddittorie fra di loro, mentre decidono in base ad elementi che rispettivamente ammettono o negano l'occasione di lavoro.

Nel primo caso trattavasi di operaio che prima di entrare in miniera (dove mancava assolutamente l'acqua mentre era necessaria per dissetarsi a causa dell'arsura creata dall'ambiente e dal pulviscolo della lignite) si recò a prendere acqua con un fiasco ad una fontanella prossima all'entrata dello stabilimento e scivolando cadde recidendosi col vetro del fiasco i tendini flessori della mano destra.

Ritenne la Corte esistere nel fatto un rapporto mediato col lavoro poichè condizione indispensabile affinchè l'operaio potesse lavorare era quella di potersi dissetare e mancando l'acqua nella miniera, il fatto di andarne a prendere alla fontanella esterna costituiva un atto preparatorio al lavoro ed a quest'ultimo necessario.

Nel secondo caso trattavasi di operaio che anzichè percorrere la strada comune per recarsi in miniera, prese una scorciatoia attraversante località impervie, sdrucciolò e cadde fratturandosi una gamba. La Corte non ritenne ravvisare l'occasione di lavoro perchè l'operaio scelse di sua iniziativa e non per obbligo impostogli, una via difficile e pericolosa, correndone quindi tutte le alee in proprio.

La questione dell'andata e ritorno dal lavoro interessa molto da vicino le imprese elettriche ed il relativo Sindacato Mutuo di assicurazione, ma poichè parecchie di esse imprese assorbite da ben altre cure, credono che i rifiuti opposti dal Sindacato a riconoscere i danni avvenuti in tali occasioni, siano il frutto di una deplorevole fiscalità, ho ritenuto opportuno portare l'argomento sulla rivista di categoria affinchè esse si convincano che in base alla recente giurisprudenza i rifiuti del Sindacato sono fondati e che comunque la contestazione ha base giuridica.

La Corte di Cassazione del Regno con sentenze:
12 maggio 1930 - Pecchioli contro Soc. La Fondiaria
16 maggio 1930 - Panconi ved. Fani contro Sacchetti
16 maggio 1930 - Ronchi contro Sindacato Fiorentino Infortuni (*Rassegna Previdenza Sociale*, n. 7 del 1930) ha stabilito la massima che:

« L'infortunio che colpisce l'operaio durante il percorso per accedere al luogo del lavoro o per tornarne può ritenersi indennizzabile solo nel caso in cui, per necessità inerenti al lavoro o per ordine dell'imprenditore, l'operaio sia costretto (senza possibilità di scelta da parte sua) a percorrere una determinata via pericolosa od avvalersi di uno speciale mezzo di locomozione ».

Con altra sentenza
13 giugno 1930 - Sacchetti contro Soc. Ind. Laterizia di Castel Fiorentino e Cassa Naz. Infortuni ha deciso:

« La legge infortuni tutela l'operaio soltanto dai rischi specifici, dai rischi, cioè, cui egli è necessariamente soggetto per ragioni di lavoro.

« Non è pertanto indennizzabile il sinistro che incolga l'operaio nel percorrere in bicicletta una strada provinciale per portarsi sul luogo del lavoro ».

Sostanzialmente la Cassazione del Regno con queste sentenze afferma il principio:

« Con la legge sugli infortuni non si è voluto creare in favore della classe operaia una condizione privilegiata in guisa da assicurarle un certo indennizzo per qualsiasi infortunio prescindendosi da ogni indagine sulla causa di esso e sulle circostanze di tempo e di luogo nelle quali siasi verificato. La legge infortuni indennizza solo gli infortuni determinati da causa violenta in occasione di lavoro, e per giurisprudenza costante del Supremo Collegio a costituire il rapporto di occasionalità richiesto è indispensabile che tra il lavoro ed il sinistro esista il triplice nesso di causa, di tempo e di luogo.

« Tale nesso non esiste quando l'infortunio si verifica durante il percorso che l'operaio fa per recarsi al luogo del lavoro o per tornarne, perchè si è fuori della cerchia di quel rischio che la legge ha voluto garantire, il rischio cioè inerente all'attività lavorativa, e si è invece in presenza del rischio generico che può incogliere a chiunque perchè non determinato dalla speciale condizione di chi ne è colpito nè dalla specialità della sua occupazione ».

La seconda sentenza poi in modo speciale ed esplicito dichiara a proposito dell'infortunio *in itinere*:

« In quel momento non ancora si è iniziato, o si è già chiuso il periodo di tempo destinato al lavoro ed al quale è proporzionata la retribuzione corrisposta all'operaio; l'operaio non è ancora o non è più nella sfera in cui si svolge la sua attività lavorativa nè la necessità di accederne vale a stabilire un nesso di causalità od anche di sola occasionalità giacchè quello stesso evento può verificarsi in persona di chiunque si trovi a compiere lo stesso percorso per ragioni anche indipendenti dal lavoro ».

In ordine all'uso della bicicletta la Cassazione ritiene che la bicicletta è ormai un mezzo comune di locomozione e non determinato da necessità eccezionali del lavoro.

***

Interessantissime poi sono le sentenze della Corte d'Appello di Trieste 28 maggio 1930 (Sindacato Giuliano Infortuni contro Bastiancich) e della Corte d'Appello di Roma 7 agosto 1930 (Cassa Nazionale Infortuni contro Roberti). La prima per la motivazione molto ampia ed esauriente, la seconda per il mancato riconoscimento dell'infortunio benchè l'ora di tempo occorribile all'operaio per andare da casa al lavoro e viceversa, fosse retribuita dalla ditta per patto di lavoro.

Ed ecco le due sentenze:

Corte di Appello di Trieste, 28 maggio 1930. Pres. Brogiani, Est. Antonini. SINDACATO GIULIANO INFORTUNI c. BASTIANCICH.

Occasione di lavoro - Infortunio nell'andare o tornare dal lavoro - Condizioni particolari per la risarcibilità.

L'infortunio che incolga l'operaio nell'andare o tornare dal lavoro potrà considerarsi indennizzabile — in quanto conseguente a rischio determinato od aggravato dal lavoro — solo nei casi di cui l'operaio stesso: *a*) debba servirsi di una determinata via a lui apprestata dall'industriale o di un mezzo di trasporto da questi fornitogli; *b*) il tempo occorrente per recarsi o recedere dal lavoro gli venga calcolato ai fini della retribuzione; *c*) nonostante il tempo pessimo e la strada pericolosa si rechi ugualmente al lavoro perchè l'industriale glielo abbia imposto minacciando sanzioni; *d*) trasporti egli seco istrumenti pesanti ed ingombranti che gli rendano difficile il cammino e malagevole la difesa dai pericoli.

DIRITTO

Considerato che nella tanto dibattuta questione della indennizzabilità di sinistri incorsi ad operai nel recarsi al lavoro o nel tornare, questa Corte non crede di poter seguire quanti fanno unicamente appello al principio di reciprocità (*ubi commoda ibi et incommoda*) e dicono: Del fatto che l'operaio la mattina esce di casa e va al lavoro, l'impresa, come trae beneficio, così, per reciprocità, deve sopportare il danno, se lungo la via da percorrere e durante il tempo necessario a percorrerla l'operaio stesso venga colpito da sinistro e se anche questo sia da riconnettere ad un rischio uguale a quello che incombe su ogni altro cittadino. Essi nell'interpretare la parola della legge («l'assicurazione deve esser fatta..... per tutti i casi di morte e lesioni personali provenienti da infortunio che avvenga per causa violenta in occasione del lavoro.....») sostengono che è semplicemente il rapporto di occasionalità tra l'attività lavorativa di un individuo ed il sinistro a render questo indennizzabile, che non bisogna pretendere un rapporto di causalità tra la prima ed il secondo. Tale rapporto di occasionalità riconoscono sussistente in tutto quell'insieme di atti, che s'inizia coll'uscir di casa per andare al lavoro ed ha termine col rientrare a casa a lavoro finito. Ma, per essere in tutto coerenti, dovrebbero andare più in là, dovrebbero dire ad esempio che il primo atto della serie può essere quello, in cui l'operaio scende dal letto per vestirsi, approssimandosi l'ora del lavoro, e che l'ultimo potrebbe essere anche quello, in cui l'operaio, rientrato a casa, si lava e si spoglia degli abiti del lavoro per indossarne altri da festa. Non giungono invece a tanto, perchè comprendono che sarebbe assurdo attribuire al legislatore il proposito di addossare al capo od esercente dell'impresa, industria o costruzione un onere così grave quale quello di un premio atto a comprendere nell'assicurazione a favore dei proprii operai anche alcuni dei sinistri, da cui costoro potrebbero essere colpiti entro la loro stessa abitazione. Essi inoltre, poichè sono costretti dalla forza delle cose ad aggiungere che si deve però in ogni fattispecie esaminare se il rapporto di occasionalità di cui sopra non sia stato per avventura interrotto dall'operaio per avere sostato in un'osteria, in un teatro, in un qualsiasi luogo che nulla abbia da vedere col fine proprio dell'attività lavorativa, non si accorgono che ad altri eccessi tale temperamento del principio darebbe luogo. L'operaio, per evitar di perdere il beneficio dell'assicurazione, dovrebbe uscire da casa in anticipo sull'ora di inizio del lavoro o dovrebbe rientrarvi a distanza dall'ora in cui il lavoro ha avuto termine, di quel tanto di tempo che nelle sue condizioni fisiche gli è strettamente necessario per percorrere la via più breve (o più comoda?) tra la propria abitazione e l'officina, il cantiere, la miniera, senza indugiarsi nel percorso per alcun motivo. In tal modo, mentre la teoria in esame non avrebbe neppure il pregio di diminuire le controversie relative a sinistri avvenuti sulla via del lavoro, in quanto la non indennizzabilità di essi verrebbe ugualmente sostenuta sotto il profilo dell'interruzione del rapporto di occasionalità, si perverrebbe a dover negare la corresponsione dell'indennizzo a chi non si fosse servito di un mezzo di locomozione di cui avrebbe potuto servirsi, a chi non avesse camminato con tutta quella celerità che le sue gambe gli avrebbero consentito, a chi si fosse indugiato, a mo' d'esempio, per brevi istanti a guardare una vetrina o a scambiare qualche parola con un conoscente, a chi avesse preso una strada piuttosto che l'altra anche se minima tra le due la differenza nella lunghezza e così via dicendo. Si scenderebbe insomma addirittura nel ridicolo. E bisognerebbe poi che ogni operaio all'atto della sua assunzione ricevesse istruzioni precise sulla strada da percorrere, sul tempo in cui percorrerla, sul mezzo di locomozione da adoperare ecc. ecc.

Ora nel fatto che i sostenitori della teoria suaccennata sentono di non poter portare alle ultime conseguenze il principio da cui partono, negl'inconvenienti cui questo darebbe luogo, nelle difficoltà di controllo contro le quali si andrebbe a cozzare, è la prima dimostrazione che il principio stesso non è esatto.

E non è esatto perchè, mentre il legislatore si è riferito al lavoro dell'operaio, questi, quando vi si reca o ne torna, compie un atto preliminare nel primo caso, successivo nel secondo caso al lavoro, compie cioè in entrambi i casi atti dal lavoro logicamente distinti.

La legge sugl'infortuni del lavoro va interpretata largamente, ma non tanto largamente da dimenticare le basi su cui poggia. Il rischio professionale, dalle cui conseguenze l'industriale vuole essere sollevato con l'assicurazione, non può scaturire dal di fuori dei limiti di quello che sarebbe da chiamare il regno di esso industriale.

Tutto ciò che avviene dove questi non può e non deve esercitare atti di vigilanza, di protezione, di oculatezza per i propri operai non va mai considerato come avvenuto durante il lavoro, in occasione del lavoro. Adoperando quest'ultima frase il legislatore non ha inteso prescindere da un rapporto etiologico tra lavoro ed infortunio, ha voluto solo significare che invece di pretendere un nesso immediato e diretto tra l'uno e l'altro, si accontentava di un nesso mediato ed indiretto. Il lavoro non deve essere semplice occasione al rischio dell'operaio, deve dare causa al rischio ed occasione all'infortunio. Deve aver determinato per l'operaio un rischio, che per la generalità dei cittadini non sussiste, o almeno aggravato un rischio che per la generalità sussiste solo in minor grado, quel rischio al quale si trovò esposto l'operaio nel momento in cui il sinistro lo incolse. Non potrà così parlarsi di rischio determinato od aggravato dal lavoro se non quando l'operaio è posto in contatto coll'industria, si muove, agisce entro l'orbita di essa e dei suoi congegni, si trova in una situazione di fatto in cui è stato messo dalle condizioni peculiari di quell'industria. Rischio specifico occorre, non generico, ed esso sarà ravvisabile, per quanto attiene all'ipotesi dell'andata e del ritorno dal lavoro, nel caso in cui l'operaio debba servirsi di una determinata via a lui apprestata dall'industriale o di un mezzo di trasporto da questi fornitogli, nel caso in cui il tempo, che gli occorre per recarsi da casa all'opificio o per tornare da questo a casa, venga calcolato e retribuito, nel caso in cui l'operaio, che altrimenti non si sarebbe recato al lavoro per il tempo pessimo o per la strada pericolosa, vi si rechi perchè l'industriale o chi per lui glielo ha imposto, minacciando altrimenti delle sanzioni, nel caso in cui lo stesso operaio sia costretto a recarsi al lavoro trasportando seco strumenti pesanti ed ingombranti, che gli rendono difficile il cammino e malagevole la difesa dai pericoli. Al di fuori di tali casi e di altri ad essi assimilabili, in cui luoghi estranei a quello normale di lavoro possono essere considerati come un'estensione di esso ed un tutt'unico in cui è stato l'industriale ad allargare la cerchia della propria responsabilità, non è lecito andare.

***

Corte di Appello di Roma, 7 agosto 1930. Pres. Leucadito, Est. Francavilla. ROBERTI c. CASSA NAZIONALE INFORTUNI.

Occasione di lavoro - Infortunio nell'andare o tornare dal lavoro - Irrisarcibilità.

La legge infortuni non tutela che i rischi a cui l'operaio vada incontro, nel campo del lavoro che espleta, dal momento in cui imprende a quello in cui lo smette.

Orbene il discendere le scale della propria abitazione sia pure per recarsi al lavoro (come il percorrere allo stesso scopo una strada di normale transito) è esplicazione di attività comune ad ogni viandante e non rischio professionale.

Ed è irrilevante che siffatto sinistro avvenga in ora in cui l'operaio sia già da considerarsi in servizio per disposizione interna dell'impresa (nella specie: tramviere cui era concesso dall'azienda datrice di lavoro il compenso della così detta

« ora fissa » pel quale egli era considerato in servizio mezz'ora prima dell'assunzione al lavoro e mezz'ora dopo la cessazione di esso).

DIRITTO

La decisione dei primi giudici, con la quale essi ritennero non dovute le indennità d'infortunio all'operaio Roberti per quanto gli accadde nel mattino del 2 aprile 1929 non merita censura.

Infatti è pacifico in dottrina e in giurisprudenza, che la legge su gli infortuni degli operai sul lavoro copre i rischi a cui l'operaio va incontro nel campo del lavoro che espleta dal momento in cui lo imprende al momento in cui lo smette; come del resto chiaramente si evince dall'art. 7 della legge del 1904, quando dispone che l'assicurazione dev'essere fatta a cura e spese del capo o dell'esercente dell'impresa, industria o costruzione per tutti i casi di morte o lesioni personali provenienti da infortunio, che avvenga per causa violenta in occasione di lavoro..... Il che importa che la causa violenta, da cui l'infortunio procede, debba essere in rispondenza del lavoro, per modo che vi sia rapporto tra di essi, e che il lavoro dia l'occasione alla causa violenta determinatrice del sinistro. E si badi, l'occasione esige la legge; e quindi non occorre un nesso di causalità immediata o diretto, essendo sufficiente, come in materia si riafferma tutti i giorni, quello mediato e indiretto.

Ma quando la causa violenta scoppia lungi dal lavoro, e non è con questo in una tale relazione, e deriva invece da una coincidenza di eventi, per cui, come nella specie, incoglie l'operaio nell'atto in cui egli al lavoro si avvia, è ovvio, in tal contingenza, che il fatto dannoso è ad esso estraneo e non assume carattere di infortunio per la semplicissima ragione che può toccare non all'operaio come tale, ma all'operaio come un privato qualsiasi.

In questo caso il male patito trova il suo movente in una delle tante cause ordinarie della vita e dipende dal cosidetto rischio generico, che non ha di comune con quello specifico o professionale, che le conseguenze del danno, mentre non gode delle guarentigie speciali della legge sugli infortuni. Queste infatti non potevano aver di mira che la tutela del lavoro generatore di fortune e guadagni per colui a cui è prestato e fondamento di comune benessere; giacchè si versa appunto nel campo di una legge la quale non protegge che un lato dell'attività umana, il lavoro, non tutta l'attività, come fanno altre leggi, che hanno di mira più ampi scopi di previdenza sociale.

In altri termini, discendere per le scale e cadere fratturandosi una clavicola, come nella specie, o andar per la via ed essere soggetto ad uno dei tanti accidenti della strada, sia pure per recarsi a raggiungere il luogo del lavoro, costituisce una disgrazia, che può accadere all'individuo come tale, non all'individuo perchè operaio; e in questo caso il rischio, non può essere coperto dalla legge su gli infortuni, che ha sfera limitata e particolare, e non ampia e generale come altre leggi.

Nè giova al Roberti eccepire, come fa, che al personale tramviario, essendo stato concesso l'accennato beneficio dell'ora fissa, era egli a considerarsi in servizio allorquando gli accadde il sinistro, perchè verificatosi in quel giorno nella mezz'ora che precede il lavoro. Tale beneficio costituisce un fatto, invero, di ordine interno delle categoria tramviaria, che risponde al fine di una maggiore disciplina del lavoro, e, non si può pretendere che una norma d'indole interna possa mutare il carattere del sinistro toccato all'operaio, e da generico, qual'è, renderlo specifico. Rimane invero, in questo caso che il danno è sempre dovuto ad un fatto che rientra nel campo della mera disgrazia, e non in quello dell'infortunio, secondo il significato che la legge ha dato a questa parola. In conseguenza le ragioni dell'operaio addotte contro il pronunziato dei primi giudici, non possono valere ad infirmarlo.

***

Ho volutamente riportate sentenze provocate da altri istituti assicuratori tacendo quelle avute in argomento dal Sindacato Infortuni Imprese Elettriche, per dimostrare come non solo noi ma tutti gli enti confratelli mantengano viva l'eccezione per danni comuni che si vorrebbero far rientrare nell'ambito degli infortuni sul lavoro.

La legge per gli infortuni è quella che è; normalmente già i magistrati largheggiano verso la classe operaia infortunata, nel senso di estendere la portata della legge stessa per un ben inteso senso di umanità, che, se costa denaro agli istituti assicuratori, viene da questi ultimi riconosciuto come giusto e doveroso verso chi lavora. Ma giungere all'assurdo come in certe sentenze delle epoche « rosse » era cosa oltrechè dannosa all'economia nazionale, moralmente non approvabile per l'abito mentale che si veniva a creare nella classe operaia nel senso che gli enti assicuratori *dovevano comunque e sempre pagare* non più come tali ma come *istituti di beneficenza*.

Mi si potrà obbiettare che la giurisprudenza, assai incostante per lungo tempo in materia di andata e ritorno dal lavoro e da qualche tempo decisamente contraria agli operai, potrebbe di nuovo oscillare e modificare i propri giudicati.

Esattissimo. Ma ciò non viene che a confermare la necessità che gli enti assicuratori mantengano sempre viva l'eccezione pregiudiziale fino al giorno in cui, riformata la legge infortuni, venga stabilito in modo preciso se il rischio in parola debba ritenersi o meno rientrante nella legge stessa.

RAG. LUIGI SERRA.

Torino, febbraio 1931.

AVV. PROF. ANNIBALE GILARDONI

La relazione 1926-29 dell'Avvocatura dello Stato e i giudizi attinenti l'elettricità e l'industria elettrica

L'Avvocatura dello Stato, ha pubblicato, anche per il quadriennio 1926-29, la Relazione al Capo del Governo sulla attività dell'Avvocatura stessa a tutela e difesa dell'Erario, nelle varie controversie occorse dinanzi alla giurisdizione ordinaria e alle varie giurisdizioni speciali nel predetto periodo di tempo.

Tale relazione presenta notevole interesse per tutti i rami del diritto sostanziale e procedurale e ne presenta anche per l'industria elettrica e per le contestazioni attinenti l'elettricità.

Come ho fatto per la relazione del precedente periodo (1), anche per quella 1926-29 darò un breve riassunto della parte della relazione che può interessare i lettori di « *Energia* ».

***

Debbo premettere che la pubblicazione della Relazione presentata a S. E. il Capo del Governo da S. E. l'on. Scavonetti, Avvocato Generale, è prezioso ed autorevole contributo allo studio delle varie questioni che si connettono ai rapporti giuridici ed economici dello Stato coi cittadini e cogli Enti pubblici. Si può dire che la Relazione è una specie di Pandette.

Nell'organica distribuzione del documento, dopo una premessa generale, particolarmente interessante, si procede alla ripartizione delle materie (Proponibilità dell'azione contro lo Stato – Rapporti fra le giurisdizioni speciali e l'autorità amministrativa – Contenzioso del dopo guerra – Rapporto d'impiego pubblico – Demanio – Espropriazione – Appalti – Imposte – Diritto Ecclesiastico – Diritto nobiliare – Ferrovie – Foro erariale – Diritto e procedura civile – Diritto commerciale – Diritto e procedura penale) il tutto secondo un piano opportunamente maturato.

Ad ogni capitolo della Relazione precede una tesi o un principio giuridico, che è tesi e principio dell'Avvocatura dello Stato. Segue poi l'esposizione della giurisprudenza acquisita dall'Avvocatura stessa a sostegno di quella tesi o di quel principio. Ora, se fosse lecito un rilievo, pure rispettosissimo, potrebbe dirsi che tale metodo espositivo può presentare talvolta qualche dubbio. Le specifiche sentenze, riferibili a un certo periodo di tempo e riguardanti determinati punti di diritto controverso, ma in concreto applicate a certi fatti non costituiscono sempre esauriente argomento dimostrativo di una tesi giuridica generale che non può trarre conforto solamente dalle soluzioni di una ristretta, e spesso singolare, casistica. D'altra parte, gli insegnamenti della giurisprudenza sono, per le stesse Preleggi, importantissimo, ma non unico criterio di interpetrazione della legge.

Questo è detto come rilievo di studio e non come obbiezione a un documento che mira a dimostrare i risultati concreti raggiunti dalla difesa degli interessi erariali. D'altra parte S. E. l'on. Scavonetti e i suoi illustri e valorosi collaboratori, ben sanno che non senza particolare intenzione è stato variato col recente decreto il nome dell'Istituto cui la legge affida la rappresentanza e la tutela della pubblica Amministrazione in giudizio. Infatti è noto che l'Avvocatura *Erariale* si chiama oggi Avvocatura *dello Stato* (2), quasi per dare a tale Istituto una rigida tutela giudiziale dello Stato, ma nei limiti di giustizia. E può sembrare utile — a tale proposito — il ricordo delle affermazioni espresse in istile lapidario dal Ministro di Giustizia On. Rocco alla Camera dei Deputati nella tornata del 9 marzo 1928 e che furono le seguenti: « Lo Stato fascista..... è anche uno Stato giuridico, vale a dire uno Stato forte, ma nella legge, forte, ma con giustizia. Il sentimento della giustizia, primordiale nell'uomo, è sviluppatissimo nel popolo italiano. Lo Stato fascista intende questo ideale della giustizia, lo fa suo, lo realizza al massimo grado ».

(1) Cfr. in *Energia* 1927, fasc. VI: « Le acque pubbliche e la Relazione Scavonetti ».

(2) Decreto Legge 30 novembre 1930, n. 1483/1804.

***

Il primo capitolo della Relazione Scavonetti (pag. 14) si riferisce *alla proponibilità dell'azione contro lo Stato*, in ogni sede di giudizio.

La improponibilità è caldamente sostenuta dall'Avvocatura con la tendenza manifesta ad allargarne sempre più l'applicazione, o per il titolo o per la natura o per la funzione dello Stato o per il carattere dell'attività in concreto o per la caratteristica della materia o per espressa dizione di legge. Gli interessi della difesa militare, ad esempio, la polizia di sicurezza, le necessità supreme dell'economia giustificano spesso tale principio di improponibilità; ciò non osta peraltro che, nei casi opportuni, siavi luogo a indennità a favore dell'interessato. Percorrendo la relazione Scavonetti, a pag. 97, si legge a proposito delle contestazioni sui provvedimenti di polizia quanto appresso:

« L'improponibilità *assoluta* dell'azione è ora sancita espressamente per gli atti di polizia di sicurezza dall'art. 6 del nuovo testo unico 6 novembre 1926, n. 1848, n. 2132, il quale, come riconoscevano le Sezioni unite con sentenza 25 giugno 1928 in causa Ministero Interno contro Soc. Ital. elettrica Sarda (*Giur. Ital.*, 1928, I, 1, 1078), dichiara che « non è dovuto alcun indennizzo per i provvedimenti adottati dalle autorità di pubblica sicurezza nell'esercizio delle facoltà ad esse attribuite dalla legge ».

Ora chi rilegge il testo della sentenza citata può nutrire qualche dubbio sul riferimento del principio, che riguarda proprio l'industria elettrica e precisamente la Società elettrica sarda, per la contestazione, che ebbe notevole rilievo, derivata dal fatto che la Società si era vista requisiti gli impianti e poi restituiti — senza indennità di rifusione della differenza di valore — per una contestazione sul lodo Labriola. La Cassazione a Sezioni Riunite, colla sentenza 25 giugno 1928, su ricorso del Ministero dell'Interno che aveva eccepito appunto l'improponibilità assoluta dell'azione così ebbe a motivare:

« Osserva che col primo motivo si riproduce, sotto un diverso profilo giuridico, la tesi della improponibilità assoluta della domanda e si argomenta da questa il difetto di giurisdizione da parte del magistrato ordinario, in quanto l'attuale testo unico della legge di pubblica sicurezza, sopravvenuto nelle more del giudizio, con l'art. 6, applicabile, quale norma di diritto pubblico, anche ai rapporti anteriori, avrebbe sanzionato il principio che non spetti verun indennizzo per i provvedimenti adottati dalle autorità di pubblica sicurezza nell'esercizio delle facoltà loro attribuite. *Tale eccezione però, si appalesa infondata,* vuoi per i limiti entro i quali devesi contenere la interpetrazione della norma anzidetta, come per il presupposto al quale si richiama la domanda giudiziale della Società elettrica sarda e che fu nitidamente fissato con l'anteriore decisione della Suprema Corte. Giova notare che l'art. 7 della legge sul contenzioso amministrativo, cui si coordina il provvedimento prefettizio del 1° gennaio 1921, pur consentendo all'organo dell'autorità amministrativa di disporre senza indugio « della proprietà privata nel caso di grave necessità pubblica », lascia « senza pregiudizio i diritti delle parti ». Codesta riserva, che trovasi testualmente riprodotta nel cennato decreto, è conforme al sistema con cui il nostro giuridico ordinamento tutela la inviolabilità del maggiore fra i diritti patrimoniali (art. 29 dello Statuto, 438 Codice Civile, 24, 39, 40, 46 legge sulle espropriazioni per pubblica utilità 20 giugno 1865). È risaputo invero, che quando imperiose esigenze di ordine pubblico lo reclamino, gli organi di Governo hanno la facoltà d'imporre alla proprietà privata determinati oneri e limitazioni e perfino di sopprimerla; senonchè, nell'un caso e nell'altro, pur essendo l'atto amministrativo legittima esplicazione di una potestà discrezionale, il diritto limitato o soppresso si reintegra e rivive sotto la forma di equivalente pecuniario, cioè a dire, attraverso la prestazione

da parte dello Stato, di un congruo indennizzo o giusto prezzo. Il valore rappresentativo subentra alla cosa, e, per effetto di codesta convenzione, si lascia, sostanzialmente, inalterato il patrimonio del singolo, in quello che è il suo contenuto economico, rimanendo soltanto modificati gli elementi qualitativi di esso. Il principio informatore di siffatta conversione, che si è voluto, erroneamente, additare nella cosidetta responsabilità obbiettiva, va ricercato in una fondamentale norma di giustizia distributiva, la quale non consente che il sacrificio imposto dalle contingenti necessità di ordine pubblico ricada sul singolo, mentre di esso si avvantaggia la collettività. Codesta norma impronta tutto l'organico complesso delle leggi speciali con cui lo Stato, a fine di contemperare il diritto subbiettivo dei singoli con le disparate esigenze della collettività, sanzionò limiti e restrizioni nel campo della proprietà privata, poichè in ciascuna di quelle leggi è riprodotto, quale termine correlativo alla facoltà d'imposizione di codesti limiti, l'obbligo, da parte dell'amministrazione di pagare un congruo corrispettivo.

« Or se tale è il concetto dominante nel campo della nostra legislazione e della più autorevole dottrina pubblicistica, *è da escludersi che con il richiamato art.* 6 *dell'ultima legge di pubblica sicurezza siasi voluto instaurare un ordine giuridico radicalmente nuovo, che sovvertirebbe, in fondo, la garanzia statutaria del diritto di proprietà ed il principio, che ne è logica derivazione, circa la forma succedanea che il diritto medesimo assume, attraverso l'indennizzo spettante al titolare di esso, nei casi anzidetti* ».

E dopo ciò la Cassazione richiama la legge Federzoni di pubblica sicurezza del 1926 e i suoi motivi e così conclude *proprio sull'eccezione di improponibilità* generale e assoluta proposta dall'Avvocatura:

« Tanto nella prima ipotesi come nell'altra, così come l'esperienza ammoniva, la revoca o la dichiarata nullità del provvedimento avrebbe, il più delle volte, fornito appiglio a giudizi di rivalsa contro la pubblica amministrazione; e di qui l'interesse di sanzionare, a tutela di questa, una categorica norma, qual'è quella dell'art. 6, *con cui si dichiara, in fondo, la carenza d'azione per ogni eventuale responsabilità che si volesse far risalire alla detta amministrazione in rapporto al preteso comportamento colpevole dei suoi organi.* Se tale è il concetto che si rende palese attraverso l'avvicinamento dei due articoli, nella specie, torna vano il richiamo al secondo di essi, per giustificare la eccepita improponibilità della domanda, giacchè questa ha come obbietto *non* già un'azione di rivalsa *ex iniuria*, ma un'azione che si riannoda ad un legittimo provvedimento (decreto di requisizione), in base al quale la Società attrice, pur riconoscendone la legittimità, chiede, così come le sezioni unite dichiararono nell'anteriore sentenza, la riconsegna, od il valore rappresentativo, di cose che furono apprese dalla pubblica Amministrazione in dipendenza del cennato provvedimento e non furono poi restituite nella medesima quantità, quando, in base ad un secondo atto amministrativo, cessò la ragione della apprensione ».

Dal che si deriva che l'improponibilità dell'azione per le conseguenze degli atti di polizia di sicurezza, fu dalla Cassazione ipoteticamente affermata per il solo caso di responsabilità indiretta per danni come effetto di atto illecito, ma la proponibilità dell'azione fu invece rigorosamente affermata, (e quindi esclusa l'improponibilità assoluta), nei casi in cui — come in quello in dibattito — dal provvedimento di polizia di sicurezza fosse derivata diminuzione patrimoniale, che è perfettamente risarcibile, a seguito di azione perfettamente proponibile.

***

In linea generale e nell'esposizione della casistica, la Relazione stessa espone le tendenze e le applicazioni giudiziarie di improponibilità.

Nella materia elettrica, la Relazione in esame cita la controversia, risoluta definitivamente dal Tribunale Supremo delle Acque e dalla Cassazione a Sezioni riunite (1), sorta fra l'Amministrazione del Canale Villoresi e il Ministero delle Finanze, risoluta nel senso che è improponibile dinanzi al giudice ordinario, e riservata esclusivamente al Ministero delle Finanze, ogni contestazione sulla riduzione del quadruplo dei canoni di concessioni di acqua pubblica aumentati per il D. L. 25 febbraio 1924, n. 456. E su questo punto non sembra possibile il dubbio, posto che l'elevazione al quadruplo era la regola generale e ogni riduzione di tale multiplo era affidata *alla facoltà* del Ministro.

***

Ma la improponibilità di un'azione può essere perpetua o temporanea; in certi casi il diritto scritto pone un *limite di tempo* perchè possa esperimentarsi l'azione contro lo Stato, limite entro il quale l'interessato deve svolgere la sua attività in certe forme o dinanzi a certi Corpi o Collegi speciali. Nel campo dell'industria elettrica, il caso si è manifestato, in materia di elettrodotto, per una controversia sulla corresponsione di indennità, sotto forma di rimborso di spese, a carico della parte che rende necessario lo spostamento o la modificazione dei conduttori elettrici che siano stati legittimamente collocati. In tal caso, l'improponibilità fu riconosciuta in base al principio, derivante per analogia dall'art. 21 del Regolamento 21 maggio 1903, n. 253 per i telefoni; e in proposito la relazione Scavonetti cita la sentenza che sottopone l'azionabilità, in tal caso, del diritto dell'interessato, alla condizione dell'esaurimento in linea amministrativa, delle provvidenze opportune per la modificazione dei conduttori e lo spostamento della linea.

(1) Trib. Acque 30 ottobre 1928 (*Foro Italiano* 1929 I, 521) e Cass. 27 novembre 1929 (*Riv. Demani* 1929, 718): Canale Villoresi c. Min. Finanze e LL. PP.

E la sentenza che l'Avvocatura ha conseguito su tal punto così motiva:

« Il principio dell'obbligo della corresponsione di una indennità, sotto forma di rimborso di spese, a carico della parte che rende necessario « lo spostamento e la modificazione dei conduttori » delle altre parti, è qui, come, del resto, nell'art. 21 regolamento 21 maggio 1903, n. 253, per l'applicazione della legge sui telefoni, esplicitamente affermato. Però è affermato pure che sia la valutazione preliminare dei titoli di preminenza per ragioni di pubblico servizio o per preesistenza, sia la determinazione delle « ragionevoli prescrizioni per la tutela del regolare esercizio di ciascuna conduttura » e la determinazione delle modificazioni ai conduttori e degli spostamenti necessari, devono seguire in sede amministrativa davanti le competenti autorità; con questa distinzione, che cioè, per i titoli di prevalenza è possibile anche il ricorso all'Autorità giudiziaria, mentre le « ragionevoli prescrizioni per la tutela del regolare esercizio », le « modificazioni dei conduttori » e gli spostamenti sono determinati in quella sede discrezionalmente e perciò definitivamente, tanto che la legge non fa a questo proposito accenno alla possibilità di reclamo giudiziario » (1).

Anche in questo caso la tesi dell'improponibilità temporanea dell'azione sembra pienamente fondata, in quanto il diritto a un indennizzo si matura solo quando il provvedimento amministrativo sia obbiettivamente definito e completo.

Un principio analogo di improponibilità temporanea, e che sembra ugualmente fondato è quello che fu giudizialmente controverso a proposito di acque pubbliche e di inserzione nell'elenco relativo.

In proposito la relazione Scavonetti dice:

« Così fu ritenuta improponibile l'azione contro gli schemi di elenchi di acque pubbliche che vengono pubblicati a norma dell'art. 3 del decreto legge 9 ottobre 1919, n. 2161, essendo l'azione ammessa solo contro gli elenchi definitivamente approvati a seguito del giudizio del Ministro dei LL. PP. sulle eventuali opposizioni degli interessati contro i detti schemi (Trib. Acque Palermo, 27 maggio 1927, Fiducia c. Comune Misilmeri e Lavori Pubblici, *Foro Sic.*, 1927, 130). Similmente fu dichiarata improponibile l'azione pel riconoscimento del diritto alla concessione di acque pubbliche in base all'art. 5, prima che la istanza sia stata istruita e decisa in sede amministrativa (Trib. Sup. delle acque, 16 febbraio 1927, Acque e Trasp. 1927, 134 e Trib. Acque di Milano, 16 dicembre 1929, inedita, in causa Crespi c. LL. PP.).

« Nè prima che sia stato provveduto sulla istanza amministrativa, è proponibile la domanda giudiziale per ottenere il riconoscimento o la dichiarazione del diritto all'uso dell'acqua in base a titolo o possesso anteriore alla legge 10 agosto 1884, n. 2644 (Trib. acque Palermo, 12 maggio 1927, Rampolla c. LL. PP. e Ferrovie, *Foro Sic.*, 1927, 139) ».

E la Relazione dell'Avvocatura contesta quindi l'esattezza della sentenza 30 agosto 1926 del Tribunale Superiore delle acque pubbliche (Comuni. c. Granozio, Acque e Trasp., 1926, 397) quando, pur fondando una propria decisione su altra prevalente ragione, aggiungeva: « d'altro lato quell'art. 124 (della legge sulle opere pubbliche), modificato dalla legge 30 marzo 1893, n. 193 e trasfuso nell'art. 2 del testo unico 25 luglio 1904, n. 523, richiede il preventivo riconoscimento della dannosità dell'opera pubblica al regime delle acque, da parte dell'Autorità amministrativa, non mai come requisito per potersi proporre davanti l'Autorità giudiziaria l'azione per ristoro di danni, ma unicamente quale condizione per ottenere dall'Autorità amministrativa ch'essa ordini la modificazione, la cessazione o la distruzione dell'opera ritenuta dannosa ».

***

La improponibilità dell'azione assume speciale giustificazione in certe materie di natura prevalentemente tecnica, come per le opere minerarie e per quelle elettriche, per le quali si

(1) *Giurisprudenza Italiana*, 1929, I, 1238.

sostiene generalmente che certi provvedimenti amministrativi sono irreparabili in ogni sede, ma tanto più dinanzi all'autorità giudiziaria ordinaria, in sede di emendabilità del danno. Ciò si verifica per i casi in cui il motivo o il titolo del provvedimento amministrativo risiede nell'esercizio di una discrezionalità tecnica. Così la relazione Scavonetti (pag. 94) ricorda che « Sono affidati alla discrezionalità tecnica dell'Amministrazione la determinazione delle opere ed i provvedimenti idonei a regolare il deflusso delle acque pubbliche, da imporre agli utenti. Fu ritenuto perciò dal Tribunale superiore delle acque l'improponibilità del reclamo contro un provvedimento emesso dal Genio Civile per impedire abuso e sperpero di una derivazione (Materazzo c. LL. PP., 26 luglio 1927, *Acque e Trasp.*, 1927, 217).

Il caso risoluto nella specie poteva lasciare qualche dubbio a favore della tesi poi accolta dal Tribunale; in ogni modo non par lecito di poter trarre dal caso risoluto in concreto, alcuna definizione di regola generale. Se, per esempio, può ammettersi l'improponibilità per il caso della contestazione sui limiti di utilizzazione di un'acqua pubblica, *in sede di istruttoria e nel provvedimento finale di concessione*, sarebbe largamento dubbio se, attuate esattamente le opere della concessione stessa secondo il titolo e le modalità prescritte, fosse poi preclusa l'azione patrimoniale di danno per gli effetti del provvedimento amministrativo che, allegando lo sperpero (*sic*) dell'acqua pretendesse limitare o revocare parzialmente l'agibilità di un impianto elettrico in azione per legittimo titolo. Il che era appunto nel caso previsto dalla citata relazione dell'Avvocatura.

Del resto anche la giurisprudenza si è spesso opposta al criterio della improponibilità, che spesso si traduce in vero diniego di giustizia, come si dimostra nella sentenza del Trib. Sup. delle acque del 14 marzo 1927, Mazzocco c. Pref. Vicenza (1) sulla nota questione della proponibilità dell'azione e della discrezionalità della dichiarazione di indifferibilità e urgenza prevista dall'art. 71 della legge 1919. Infatti in questo caso concreto il Tribunale Superiore non solo dichiarò proponibile l'azione, ma dichiarò anche che la discrezionalità, nel caso, ha limiti obbiettivi di valutazione, la cui osservanza è sindacabile perfettamente dal giudice delle acque.

Tra le caratteristiche di rilievo di giurisprudenza in materia di acque la relazione Scavonetti cita il caso speciale, nel quale l'Amministrazione con sentenza che non viene riprodotta e che è inedita, fu dichiarata autorizzata ad emettere decreti di concessione di derivazione anche nel tempo in cui è pendente la contestazione sulla pubblicità dell'acqua (2).

Una serie di controversie ben note, si riferiscono alla applicazione del martoriato art. 40 della legge 1919 circa le riserve di acqua e i sovracanoni a favore dei Comuni rivieraschi. In proposito la relazione merita di essere testualmente trascritta:

« I Comuni, a favore dei quali possono consentirsi tali benefici sono quelli rivieraschi « nel tratto compreso tra il punto ove ha termine praticamente il rigurgito a monte della presa ed il punto di restituzione » e quindi nelle derivazioni pure e semplici non può sorgere dubbio. Ma una questione si presentò per una grande derivazione concessa dal fiume Velino e attuata con l'utilizzazione del lago di Piediluco come bacino di carico a cui doveva arrivare l'acqua di due serbatoi costituiti sui fiumi Salto e Turano, la quale, attraverso questi fiumi, funzionanti da canali adduttori, veniva immessa nel lago suddetto.

« L'Amministrazione considerò i Comuni rivieraschi quali compresi tra la presa del lago e la restituzione delle acque, ma gli altri Comuni rivieraschi ai due fiumi Salto e Turano ricorsero al Tribunale Superiore, impugnando per violazione di legge la loro esclusione dal sovraccanone.

« Il Tribunale accolse il ricorso, osservando che la complessa derivazione non si iniziava con l'opera di presa al lago di Piediluco, ma molto più a monte e precisamente dove si erano costituite le opere di adattamento e trasformazione, in virtù delle quali gli alvei dei fiumi Salto e Turano diventavano quasi canali adduttori, perchè proprio da quel punto le acque non erano più liberamente utilizzabili dai Comuni, e ricorreva perciò la condizione che la legge, interpretata nel suo spirito, richiede per potersi far luogo alla concessione del sovracanone (9 agosto 1926, Comuni Labro e altri c. LL. PP. e Società Terni, *Acque e Trasp.*, 1926, 389).

« Non pare tuttavia che il Tribunale Superiore abbia inteso esattamente la vera finalità della legge, la quale mira a compensare, della perdita degli usi e vantaggi generali delle acque, i Comuni che si trovano in riva a quei tratti di fiumi, la cui acqua viene sottratta per essere immessa nei canali di derivazione, come peraltro nella stessa sentenza si riconosce. Ma quando il fiume, come nella specie, viene trasformato nella sua funzione, nel senso che oltre a servire da colatore viene ad essere usato come canale di trasporto di *altra acqua* in esso artificialmente immessa, proveniente da speciali serbatoi, ed è solo quest'acqua aggiunta che viene poi derivata e utilizzata, che cioè è pei Comuni indisponibile, in tal caso non basta questa trasformazione perchè si verifichi la condizione della legge, intesa anche nel suo spirito, in quanto non si verifica allora quella sottrazione d'acqua dall'alveo, nella quale soltanto consiste il danno che il legislatore volle compensare.

« Che l'art. 40 cit. non dia ai Comuni un diritto civile risulta certissimo dalla dizione dell'articolo stesso; ma il corrispondente art. 28 del precedente decreto Luogotenenziale 26 novembre 1916, n. 1664, aveva una dizione apparentemente imperativa (« stabilirà.... ») epperò per le concessioni assentite, vigente quel decreto, si è creduto che i Comuni avessero un vero e proprio diritto.

« Ma la differente dizione non pare possa portare ad una diversa nozione dell'istituto, il quale, per sua natura, è tale, che necessariamente debba essere lasciato alla facoltà discrezionale dell'Amministrazione il concedere o no il beneficio. Per vero il fatto che il territorio comunale sia attraversato da un corso di acqua pubblica, non conferisce ai Comuni o ai naturali di essi alcun diritto sull'acqua che è demaniale; all'utilizzazione di quell'acqua nel proprio territorio essi non hanno niente di più che un interesse, e il compenso per un interesse non può formare logicamente oggetto di un diritto. In diverso avviso andò il Tribunale delle Acque di Torino nella causa promossa dai Comuni di Pont Bozet e di Hone (23 luglio 1926, *Acque e Trasp.*, 1926, 355). Ma su l'appello dell'Amministrazione e della Società concessionaria, il Tribunale Superiore osservò che « ove si guardi bene addentro alla sostanza delle cose, si vedrà che i due decreti ben poco differiscono tra di loro » perchè per l'art. 39 del regolamento 24 gennaio 1917, n. 85 il Ministero aveva tale ampia facoltà, nel determinare il riparto delle quote tra i Comuni, che avrebbe potuto ridurre la quota dovuta ad un Comune quasi a zero.

« Per quanto tale argomento sia indiretto, è notevole che il Tribunale Superiore in sostanza abbia aderito alla tesi erariale sebbene abbia poi finito col fondare la decisione contraria ai Comuni su considerazione diversa che cioè il loro preteso diritto non si fosse ancora perfezionato, per non essere ancora avvenuto il collaudo delle opere al sopravvenire della nuova legge che indubbiamente attribuisce alla facoltà del Governo di concedere o no il sovraccanone (7 novembre 1929, *Rivista dei Demani*, 1929, 734). La Cassazione ha però recentemente accolto in pieno la tesi erariale della improponibilità assoluta (Sezioni Unite, 11 luglio 1930, n. 2603) ».

Larga parte della Relazione Scavonetti (pag. 253 e seg.) riguarda concessioni di utilizzazione di *acque pubbliche*. Il principio fondamentale sostenuto in materia dall'Avvocatura Erariale, è quello della pubblicità sulla base della destinazione attuale e potenziale dell'acqua ad usi o funzioni di pubblico e generale interesse e ciò tanto in riferimento al bacino imbrifero che al sistema idrografico locale. Per questo, l'Avvocatura ha sempre impugnato — dice la Relazione — la distinzione, meramente teorica, fra corsi d'acqua naturali ed artificiali; riconoscesi peraltro il carattere privato delle acque derivate da fontanili o da manufatti, e ciò contro una precedente difforme giurisprudenza (Vedi le sentenze pro e contro in detta Relazione pag. 257 e seg.).

L'Avvocatura dello Stato riesamina, alla stregua dei nuovi giudicati, la nota questione dell'efficacia probatoria, ai fini della pubblicità, degli Elenchi delle acque pubbliche, in relazione specialmente alla facoltà di compilare Elenchi suppletivi. E, a tale proposito, giova riportare la massima accolta nella relazione Scavonetti, affermata dalla giurisprudenza del Tribunale delle acque nel senso che non ricorrono le condizioni per la iscrizione di un corso d'acqua nell'elenco, quando l'attitudine di servire a usi di pubblico interesse ricorre solo per il fatto di opere compiute dall'uomo (1). La pubblicità venne però affermata nel caso di colatore e *collettore di fogne cittadine*, per le quali peraltro (e non si comprende facilmente la speciale casistica) venne asserita la natura non artificiale delle opere (2); altrettanto dicasi per una *roggia* (3), ma, a quest'ultimo riguardo, la Cassazione accolse un criterio diametralmente opposto, affermando che « i caratteri di pubblicità (dell'acqua) non si perdono certamente se per ragioni di igiene o di protezione dell'abitato o di agevolazione del transito (l'acqua) viene coperta o arginata o incanalata o deviata dal suo alveo naturale e costretta a scorrere entro cavi all'aperto e sot-

(1) 4 marzo 1927 in *Acque e Trasporti* 1927, p. 138.

(2) Vedi Relazione pag. 271.

(1) Trib. Sup. delle Acque 30 agosto 1926 (*Acque e Trasporti* 1926, pag. 352).

(2) Trib. delle Acque di Milano 16 giugno 1924 (*Acque e Trasporti* 1924, pag. 409).

(3) La Relazione Scavonetti (pag. 259 nota) cita la massima tratta dalla sentenza del Tribunale delle acque 25 febbraio 1927, inedita.

terra » (1) il che dimostra ancora una volta come certi principii si possano riconoscere in casi concreti, per le particolari note di fatto, senza però giustificare regole invariabili e applicabili in ogni caso.

Tra le sentenze citate dalla Relazione Scavonetti v'è quella del Tribunale delle acque di Milano (2) che affermò la qualità pubblica in un'acqua sorgente in un alveo di un torrente per il principio dell'art. 540 del Cod. Civ., il che è contestato dalla stessa Avvocatura, non come applicazione, ma come motivo giuridico efficiente in senso generale (pag. 260 della relazione).

Tra le massime citate dalla relazione Scavonetti merita di essere ricordata quella relativa alla inscrizione negli elenchi, emessa dal Tribunale di Torino, per il lago di Viverone, che era stato prima inscritto nell'elenco della Provincia di Torino, senza contestazioni e poi successivamente in quello di Novara con impugnativa. Il Tribunale delle acque regionale (3) affermò che gli effetti della prima inscrizione dovevano ai fini della pubblicità, essere estesi anche alla seconda, sul che si poteva consentire per fini pratici, non certo per il riconoscimento di utilità di tale seconda iscrizione, se, ai fini, bastava la prima.

In materia di *utenze idriche*, la relazione Scavonetti rileva una interessante serie di giudicati. In primo luogo viene esposto il principio che tali utenze devono esse contenute nella facoltà di esercizio di un diritto pubblico subbiettivo, limitato nel tempo e subordinato alle esigenze della generalità e tale principio viene suffragato dalla giurisprudenza, affermatasi dal Tribunale delle acque di Napoli, con una sentenza che respinse la pretesa che a un diritto di acqua si potesse attribuire carattere di perpetuità, non ostante il titolo antico da cui traeva origine e che tale carattere consacrava (4).

Sempre nella materia delle utenze merita rilievo un principio, a cui la stessa Avvocatura dello Stato diede piena adesione, in virtù del quale gli utenti di fatto, quelli cioè che non abbiano ancora chiesto ed ottenuto il riconoscimento o la concessione, hanno un interesse tutelabile dinanzi alla giurisdizione ordinaria o speciale sino a quando la loro utenza non venga dichiarata abusiva per riconoscimento rifiutato o per decadenza dal diritto di chiederla (5).

Tra le controversie della materia si presenta con interesse quella riferibile alla prova, ai fini della legittimità dell'utenza, dell'uso continuo trentennale, specie per la quantità di acqua effettivamente goduta. E la relazione ricorda le varie sentenze colle quali si prescinde, ai fini suddetti, dalla efficacia probatoria delle opere di convogliamento per fermarsi, sempre per la prova di quantità, ai bisogni effettivi dell'uso attuale dell'acqua di cui l'utenza è oggetto (Vedi relazione pag. 267). Sempre a proposito delle utenze si prospetta il quesito se debbano essere previamente riconosciute, per essere fatte salve in una concessione idroelettrica; il quesito si presenta per le utenze cadute in disuso, per le quali, in ipotesi, la inazione risulta dalla mancanza di esercizio, dallo stato di fatiscenza della presa e simili. L'Avvocatura sostiene che l'inazione di fatto sia efficace per eliminare la necessità di salvezza dell'utenza decaduta in fatto. E questo principio è stato accolto dal Trib. delle acque di Roma (6), ma la Cassazione non accolse tale principio, ritenendo invece che ai fini della irrilevanza di una utenza inattiva occorra sempre la previa diffida, per intimare la ripresa di esercizio, sotto comminatoria di revoca (7).

Nella materia delle *nuove concessioni idriche* la relazione Scavonetti tenta definire il titolo giuridico dell'aspirante a tale derivazione e lo definisce nel modo seguente: « la presentazione di una domanda di derivazione e la sua ammissione all'istruttoria, sia pure per prevalenti motivi di pubblico interesse, a norma dell'art. 11 della legge 1919 (ora 1927), non creano un diritto a vedere accordata la concessione, ma attribuiscono un interesse legittimo a vedere esaminata la propria domanda (pag. 270). E ciò tanto per la natura discrezionale dell'atto di concessione (discrezionale nel senso che si possa emetterlo o non), quanto per la discrezionalità assoluta e anche di merito, circa l'apprezzamento dei prevalenti motivi di interesse pubblico (8) che attribuiscano la preferenza nella concessione. Unica limitazione in linea anche procedurale a tale discrezionalità sarebbe quella riconosciuta dalla stessa Avvocatura dello Stato, che l'interessato ha *diritto* alla ammissione alla concorrenza sulla base della presentazione della domanda, in quanto tale stato di concorrenza non pregiudica la assegnabilità della concessione, ma stabilisce solo il diritto a l'esame della domanda e del progetto (1).

Una delle sentenze circa l'estensione del diritto del concessionario di acqua pubblica, sentenza che presenta qualche interesse, è quella nella quale la formula *salvi i diritti dei terzi*, apposta alle concessioni idriche, deve essere intesa nel senso che l'Amministrazione è estranea al giudizio nel quale si contesti degli effetti di una cessazione di deflusso dovuta a fatto del terzo (anche se il terzo gode nell'inazione dello Stato per le sue funzioni di polizia dell'acqua?) (2).

Sempre nella materia delle acque è noto come sia largamente dibattuto il principio della discriminazione della *competenza giurisdizionale sulle contestazioni inerenti.*

E la Relazione Scavonetti esamina i casi decisi dal 1926 al 1929 per i conflitti tra i Tribunali delle acque e l'autorità giudiziaria ordinaria, i conflitti tra il Tribunale superiore delle acque e i Tribunali territoriali delle acque e i conflitti tra il Tribunale Superiore delle acque e il Consiglio di Stato (Sezioni giurisdizionali).

Nel primo caso la relazione ricorda la discriminazione sulla base delle due formule diritto e interesse anche se il diritto è proposto come interesse (Tribunale Sup. 30 giugno 1925, Cass. Sez. Unite 24 giugno 1926 vedi Relazione, pag. 283). Nel secondo caso di conflitto si ricordano i due giudicati che attribuiscono al tribunale territoriale la competenza per i riconoscimenti di utenza (Tribunale Sup. 25 febbraio 1929 in *Acque e Trasporti*, 1929, p. 138) e per le contestazioni sulla misura del canone (Tribunale Sup. 18 marzo 1928, *Riv. Dir. Pubbl.* 1928, II, p. 15).

Per i conflitti tra Tribunali delle acque e Consiglio di Stato, le contestazioni non sono state abbondanti. Solamente sorse controversia circa la competenza a giudicare delle questioni in materia di espropriazioni forzose per la esecuzione delle opere di derivazione. Chi era competente, per le questioni di legittimità del provvedimento amministrativo, il Tribunale Superiore delle acque o il Consiglio di Stato? La risposta di quest'ultimo Collegio fu per la propria competenza (IV Sezioni 16 luglio 1926 Cafaro Prefetto Salerno), ma la Cassazione a sezioni unite decise definitivamente che tutte le contestazioni conseguenti o relative alla utilizzazione di acque pubbliche anche se relative alle espropriazioni occorrenti per l'esecuzione delle relative opere rientrano nella competenza del Tribunale Superiore, come giudice di legittimità degli atti amministrativi inerenti (Cass. 26 novembre 1928, in *Acque e Trasporti*, 1928, pag. 348).

Sempre nella materia delle Acque la Relazione Scavonetti riferisce sulle varie questioni di procedura sorte nel quadriennio 1926-29; si ricordano le seguenti decisioni: *a*) i ricorsi in materia di acque debbono essere notificati nelle forme normali, sotto pena di nullità (Tribunale 17 agosto 1926, Catalano in *Acque e Trasporti* 1926, p. 301; *b*) entro il termine di cinque giorni prima della udienza, deve avvenire il deposito degli atti alla Segreteria del Tribunale. A tale riguardo si è però discusso se l'omissione di tale formalità importi inammissibilità del ricorso, ovvero sola declaratoria di non proposizione e nel primo senso insegnò il Tribunale Sup. delle acque con decisione 3 marzo 1924 (in *Acque e Trasporti*, 1924, pag. 296) mentre nel secondo senso decise la Cassazione 29 marzo 1929 (in *Acque e Trasporti*, 1929, pag. 127).

Sempre nella materia procedurale delle acque è dalla Relazione ricordata la sentenza che l'impugnativa delle decisioni interlocutorie è soggetta all'obbligo dell'appello solo col definitivo. In proposito la applicazione pratica è riuscita controversa (Vedi Relazione pag. 293) tanto che la stessa Avvocatura sembra indurre il dubbio se la disposizione dell'art. 112 della legge 1929 che a tal punto si riferisce, abbia effettivamente corrisposto allo scopo della brevità ed economia dei giudizi.

Con ciò è esaurita la materia della Relazione Scavonetti che interessa l'industria elettrica e l'elettricità. Della pubblicazione non può che farsi elogio, anche perchè essa è utile a conoscere quali siano le tendenze dell'Avvocatura dello Stato, per le contestazioni, purtroppo non infrequenti, che ricorrono in tale materia, con grave peso dell'industria e contro la sollecitudine che sarebbe desiderabile negli atti giuridici resi necessari dalla costruzione degli impianti o nella regolarità del loro esercizio.

AVV. PROF. ANNIBALE GILARDONI.

(1) 27 luglio 1928 in *Acque e Trasporti* 1929, 14.
(2) 15 luglio 1929 Rossi c. Min. LL. PP., in *Acque e Trasporti*, 1929, 317.
(3) Trib. Torino 30 luglio 1926, *Mon. Trib.* 1927, 356 citata dalla Relazione.
(4) 9 maggio 1923 inedita e appellata in corso vedi Relaz. pag. 264.
(5) Vedi sentenze citate dalla Relazione Scavonetti, pag. 265 e 266.
(6) 15 aprile 1926 Pucci Della Genga e Trib. Firenze, 5 aprile 1929, citata dalla Relazione Scavonetti come inedita, pag. 270.
(7) Sezioni Unite 28 febbraio 1930, *Acque e Trasporti* 1930, p. 103.
(8) Art. 9 e 11 legge 1919.

(1) Cfr. Relazione Scavonetti, pag. 281.
(2) Trib. Acque Torino 26 febbraio 1926 e Trib. Sup. 25 maggio 1927, inedite e citate dalla Relazione, pag. 278 e 279.

DIRITTO E GIURISPRUDENZA

Linee ad alta tensione - Responsabilità civile per sinistri dipendenti da imprudenza.

MASSIMA

L'imprudenza del danneggiato, causa del sinistro, esclude la responsabilità della Società proprietaria della conduttura elettrica, qualora essa abbia ottemperato alle disposizioni legislative e tecniche concernenti la costruzione e l'esercizio di detta conduttura.

Anche qualora la Società Elettrica avesse trasgredito alle suddette prescrizioni, per porre in essere una responsabilità, occorrerebbe pur sempre che fra l'inosservanza o la negligenza da parte della Società e l'evento dannoso, sussistesse un rapporto di causa ad effetto.

Tribunale de La Spezia, 5 luglio 1930. Pres. Vaquer, Est. Pezzetti. – PAGANINI contro SOCIETÀ IDROELETTRICA LIGURE.

FATTO

Dalla copia di una inchiesta penale, prodotta in causa dagli attori, svoltasi a carico di alcuni impiegati della Sccietà Idroelettrica Ligure a seguito della morte del colono Paganini Luigi dovuta a paralisi cardiaca per scarica elettrica ad alta tensione, — inchiesta chiusa con decreto del Giudisce Istruttore ai sensi dell'art. 179 Cod. Proc. Penale — i fatti posti a base della presente controversia possono così ricostruirsi:

Il mattino del 5 maggio 1928, fra le ore 10 e le 11, il colono Paganini Luigi di circa anni 60, mezzadro del Notaio Asti di Licciana, attendeva alla rimondatura di un castagno in località «Bucciarelli» di Aulla, attraversata in quel punto da una conduttura elettrica ad alto potenziale (60.000 Volts) di proprietà della SIEL sostenuta con pali di ferro a traliccio dell'altezza di oltre 10 metri.

L'albero su cui stava il Paganini era costituito da un tronco eretto, del diametro approssimativo di 20 cm alto m 5 dal suolo, e dalla cui sommità si innalzavano, in direzione pressochè verticale, cinque o sei giovani rami che in quel giorno il colono si apprestava a recidere. La distanza della estremità superiore del tronco dal conduttore elettrico più vicino era di pocopiù di m 3,50 misurati orizzontalmente, e tale conduttore elettrico si trovava in quel punto, alto dal suolo circa 6 metri, posto che il terreno compreso fra i due pali a traliccio aveva andamento accidentato ed in forte salita. Ad un dato momento il Paganini nel tagliare con l'accetta uno degli ultimi rami rimasti, della lunghezza accertata di m 4,50 ed ergentesi dal tronco con lieve inclinazione verso la conduttura elettrica, faceva sì che questo si piegasse da quella parte, e andasse a toccare con l'estremità il filo più vicino. E poichè il ramo, tenuto impugnato con la mano sinistra dal Paganini, era rimasto fatalmente ancora attaccato al calcio da una striscia di corteccia, si determinava, per il contatto col filo, una scarica della corrente a terra attraverso il corpo del Paganini stesso, che per tal modo precipitava fulminato. Questi rilievi è dato desumere con sufficiente certezza dai verbali di accesso sulla località, eseguiti dal Pretore prima e dal Giudice Istruttore poi, dalle dichiarazioni di alcuni testimoni, dalle indagini dell'Arma, nonchè dalle relazioni del perito medico e del perito elettrotecnico, il quale ultimo, rispondendo ad analogo quesito, concludeva « che la Società aveva ottemperato alle disposizioni vigenti sull'esercizio delle linee per trasporto di energia ad alto potenziale ».

Ciò premesso, i figli del Paganini Luigi, a nome Attilio, Maria ed Elvira con atto di citazione in data 12 febbraio 1930 convenivano davanti a questo Tribunale la Società Idroelettrica Ligure in persona del suo Legale Rappresentante Ing. Mario Buffa, ed assumendo che la responsabilità civile per la morte del loro autore dovesse porsi a carico della Società stessa, chiedevano la di lei condanna al pagamento di L. 40.000 a titolo di risarcimento di danni e di rimborso spese incontrate per cure, funerali ed altro, oltre gli interessi dal giorno della morte e la rifusione delle spese di lite, onorari di procuratore e di avvocato compresi.

Costituitesi le parti in giudizio, gli attori, in via principale, concludevano come in citazione; in via subordinata chiedevano l'ammissione di 7 capitoli di prova per testi, diretti ad accertare le modalità della morte del Paganini. La Società convenuta chiedeva respingersi senz'altro le pretese degli attori sulla scorta degli stessi documenti da loro prodotti, costituenti, come si è detto' la copia della inchiesta penale.

DIRITTO

È appena il caso di rilevare come il decreto di non luogo a promuovere l'azione penale pronunciato dal Giudice Istruttore per il fatto che determinò la morte del Paganini non possa precludere ai di lui aventi causa il diritto di proporre azione civile per il risarcimento del danno contro la Società, poichè la dichiarazione che in un determinato evento non si ravvisano gli estremi di un reato colposo, se vale a rimuovere la responsabilità penale, non pregiudica quella civile, per la cui esistenza può essere sufficiente un grado assai più lieve di colpa, quando pure non si debba prescindere addirittura da essa, in casi particolarmente determinati.

La causa offre elementi bastevoli per la sua definitiva risoluzione, e quindi torna inutile in ogni caso l'ammissione dei capitoli di prova per testi dedotti dagli attori, in quanto le circostanze di fatto che si vorrebbero con essi dimostrare in parte sono irrilevanti, ed in parte già risultanoprovat e dalla inchiesta penale prcdotta, la quale ha valore come fonte di convincimento anche nel giudizio civile.

La difesa dei Paganini non ha lasciato ben comprendere su quali precise ragioni di fatto e di diritto intenda fondare la responsabilità civile della Società convenuta, poichè, mentre in un primo tempo sembra appoggiarsi alla teorica della risarcibilità del danno incolpevole, riassunta nell'aforisma *ubi commoda ibi incommoda*, si diffonde in un secondo tempo, a voler rintracciare l'esistenza di una colpa nella inosservanza di specifiche disposizioni legislative e regolamentari.

È ben dire subito che la teorica del danno incolpevole, elaborata dalla dottrina tedesca, è stata quasi unanimemente respinta dalla nostra giurisprudenza, perchè il legislatore Italiano, ispirandosi alla tradizione del diritto romano, non ha ammesso responsabilità civile se non basata sulla colpa, fatta eccezione per casi specificatamente contemplati.

Ne consegue che, per sanzionare la civile responsabilità della SIEL nel caso che ci occupa, non basta dimostrare che la morte del Paganini fu causata da scarica elettrica sprigionatasi da un conduttore ad alto potenziale di proprietà della stessa, ma occorre stabilire che la morte ebbe una causa colpevole, stabilire, cioè che l'evento dannoso costituì un illecito civile, imputabile alla Sccietà o per cmissione di diligenza impostale da un vincolo obbligatorio eventualmente esistente fra lei e il leso (colpa contrattuale) o altrimenti impostale, al di fuori di ogni vincolo contrattuale (colpa aquiliana).

E poichè a quest'ultima specie di colpa si accenna dagli attori, dovrebbero essi dimostrare quale fatto positivo (art. 1151 Cod. Civ.) o quale negligenza o imprudenza (art. 1152) sia da porre a carico della convenuta per ritenerla responsabile del danno derivato.

La difesa dei Paganini si accinge ad una tale dimostrazione, invocando anzitutto l'art. 8 della legge 7 giugno 1894, n. 232 sulla trasmissione a distanza delle correnti elettriche destinate al trasporto ed alla distribuzione della energia per uso industriale, e l'art. 8 del relativo regolamento 25 ottobre 1895, n. 642.

Ma entrambe queste disposizioni non contengono alcunchè di particolare alla materia in esame e, circa l'obbligo da parte dell'utente, di risarcire i danni prodotti, riconducono alle norme comuni del codice civile. Neppure l'art. 4 della legge 3 maggio 1903, n. 196 sui telefoni, richiamato dagli attori, può avere rilievo, perchè se anche in esso è detto che i fili debbono essere collocati in guisa da non impedire al proprietario il libero uso della cosa propria secondo la sua destinazione, sta di fatto che i fili dell'elettrodotto della SIEL non hanno mai impedito, per la loro ubicazione, il libero sfruttamento del bosco al proprietario del fondo « Bucciarelli », o al di lui mezzadro.

Più attento esame merita invece l'art. 10 del citato regolamento 25 ottobre 1895. Ivi si legge:

« Nell'impianto e nell'esercizio delle condutture elettriche « l'utente sarà tenuto ad attuare, sotto la sua responsabilità « tutti provvedimenti intesi a garantire l'incolumità delle per- « sone e l'uso delle cose che saranno in ogni caso consigliati « dalla scienza e dalla pratica e ad osservare inoltre le seguenti « norme generali: 1°..... 2°..... 3° i conduttori aerei interni alle « abitazioni debbono essere disposti in modo da non poter « essere toccati da persone non addette al loro servizio, sia « lungo le tesate che sugli appoggi. Nei luoghi aperti non deb- « bono essere collocati ad una altezza inferiore a metri 6 dal « suolo, salvo quella maggiore altezza che in casi speciali ri- « sultasse necessaria... Sulle facciate delle case, i conduttori « dovranno essere fuori della portata della mano di un uomo « che stia alla finestra o su di un terrazzo, o sul tetto ».

Da tale articolo si rileva anzitutto come due siano le fonti a cui l'utente deve attingere le norme di prudenza per evitare pericoli e danni; la legge e l'esperienza, formatasi quest'ultima attraverso la pratica e la scienza. Circa la legge, nulla essa prescrive di specifico relativamente agli alberi fiancheggianti gli elettrodotti, e l'unica distanza dettata in forma concreta che può interessare il caso in esame è quella di metri 6 fra il suolo ed il conduttore più basso della linea. Questa norma può dirsi sia stata rispettata, perchè negli atti dell'inchiesta preliminare condotta dal Magistrato Penale si legge che i pali di ferro a traliccio sostenenti i fili ad alta tensione sono alti circa 10 metri, e che, nel punto del sinistro, la distanza fra il conduttore più basso ed il suolo è di circa metri 6. L'espressione « *circa metri* 6 » se letteralmente sta ad indicare la possibilità di un lieve divario in più o in meno, praticamente vuole affermare che la distanza legale fu sostanzialmente osservata, tanto più che proprio a questa indagine mirava l'accesso giudiziale, eseguito dal Giudice Istruttore. Ma se anche la distanza fosse stata lievemente inferiore ai 6 metri, non per questo la cosa avrebbe valore decisivo, in quanto non la sufficiente distanza del conduttore dal suolo, ma quella del conduttore dall'albero o dai rami, calcolata orizzontalmente, avrebbe costituito se mai la causa unica o concorrente, della morte del Paganini. Altri e non meno importanti rilievi suggerisce il citato art. 10. Il legislatore, con le norme generali ivi specificatamente stabilite non si è proposto lo scopo di evitare *in modo assoluto* ogni e qualsiasi danno a persone o a cose, ma solo si è preoccupato di garantire ai terzi un grado normale di sicurezza; di assicurar loro cioè una sfera entro la quale essi possano liberamente muoversi, senza restare sotto l'assillo che ogni più piccola imprudenza possa costare la vita. Ma al di là di questa sfera normale di sicurezza cessa la garanzia assoluta di incolumità, e viene richiesta anche ai terzi l'osservanza di una doverosa prudenza senza la quale non diverrebbe possibile all'umano consorzio il naturale sviluppo di ogni civile progresso.

Quando la legge dispone ad esempio che i conduttori aerei esterni alle abitazioni debbano essere fuori della portata della mano di un uomo che stia alla finestra ecc. e che nei luoghi aperti gli stessi conduttori non debbano essere collocati ad una altezza inferiore di 6 metri dal suolo, non esclude la possibilità che anche osservate tali norme le persone ne vengano ugualmente a contatto; ma quante volte ciò accada per fatto loro proprio, debbono subirne le conseguenze, appunto perchè l'umana imprudenza non ha limiti, e se gli elettrodotti si dovessero costruire in modo da prevedere tutte le imprudenze o negligenze altrui, non basterebbero ad eliminarle neppure le iperboliche misure di sicurezza suggerite dalla difesa dei Paganini, e delle quali in appresso diremo.

Esclusa quindi la violazione da parte della Società di una norma positiva di diritto, alla quale la morte del Paganini possa ricollegarsi con un rapporto di causa ad effetto, vediamo se dalla Società stessa sia stato omesso alcuno di quei provvedimenti intesi a garantire la incolumità delle persone e l'uso delle cose, consigliati dalla scienza e dalla pratica. A questo proposito, il Collegio non ha trovato di meglio che riportarsi alle « norme per l'esecuzione e l'esercizio degli impianti elettrici » pubblicate dall'Associazione Elettrotecnica Italiana, le quali norme e per l'alta autorità nel campo internazionale, e per la indiscussa competenza specifica dei suoi compilatori, rappresentano il responso ultimo e completo della scienza e della pratica in materia. Orbene, queste norme, all'art. 58 si limitano a prescrivere: « Gli alberi che fiancheggiano le linee devono essere « abbattuti o sfrondati in modo da togliere ogni pericolo di « contatto con i fili » Dal che è dato desumere che nessuna particolare distanza è prescritta e che unico obbligo per l'utente è quello di far sì che alberi o rami, crescendo, non vengano a contatto coi conduttori dell'energia.

Pur volendo ampliare la portata di tali prescrizioni, e trarre argomenti per analogia da quanto è disposto per le distanze dei conduttori dalle case di abitazione, non si arriverebbe mai a poter pretendere per gli alberi una distanza superiore ai m. 2,50 ed anche in tal caso la SIEL avrebbe usato della diligenza sufficiente, poichè non è contestato che la sommità del tronco del castagno su cui lavorava il Paganini era lontana dal piano verticale passante per il conduttore più vicino, m 3,50 come del pari non è contestato che il ramo, abbattutosi poi sul filo, si staccava dalla sommità del tronco in un punto quasi opposto al lato della conduttura, e si ergeva per la lunghezza di m 4,50 con una lieve inclinazione verso la conduttura stessa, in confronto della quale, quindi, non veniva mai verosimilmente a trovarsi a meno di 3 metri. Se dunque una negligenza o imprudenza è da ricercarsi, questa non può identificarsi se non nell'atto del Paganini, il quale, nel tagliare un ramo più lungo di quanto non fosse la distanza che lo separava dall'elettrodotto, doveva far sì che questo andasse ad abbattersi in diversa direzione, per evitare ogni possibilità di contatto.

Secondo le diverse pretese degli attori, avrebbe dovuto la SIEL adottare un sistema di conduttura fasciata con isolante, oppure portare i fili al di sopra delle cime degli alberi per tutto l'attraversamento, o, infine, espropriare una striscia di 20 o 30 metri di terreno. Non si nega che l'attuazione di tali consigli conferirebbe alla Società convenuta un indiscusso primato nel campo della originalità, non però nel campo della logica, perchè la irrazionalità di una simile trovata è più facile ancora intuirla che dimostrarla. Basterà ricordare ad esempio che l'art. 48 delle norme citate dispone che per l'alta tensione le linee esterne debbono essere eseguite con conduttori nudi, e che le Ferrovie dello Stato impongono per gli impianti delle loro linee elettriche a 120.000 Volt (siccome la Società convenuta ha dimostrato con le fatte produzioni) servitù di elettrodotto sui fondi per una striscia di m 4, avente per asse la linea dei pali di sostegno, e prescrivono (a differenza di quanto hanno fatto la legge del 1894 ed il regolamento del 1895, i quali tacciono assolutamente su questo punto) che nelle zone asservite potranno essere allevate piante, purchè mantenute coi rami ad una distanza non minore in senso verticale, di m 3 dai fili conduttori inferiori, ed in senso orizzontale di m 2 dai fili conduttori esterni.

L'istanza attrice deve, per le sopra esposte considerazioni, essere respinta, con la condanna dei Paganini alle spese del presente giudizio a favore della convenuta.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

La riportata sentenza del Tribunale de La Spezia ha importanza non tanto per il fatto che ha dato luogo a contestazione, quanto per la questione più generale della eventuale responsabilità (con la conseguente risarcibilità del danno), in occasione di infortuni provocati direttamente o indirettamente dalle condutture elettriche. Ognuno subito intuisce la portata di una chiara e precisa determinazione della responsabilità in materia, qualora abbia presente che ormai tutto il suolo del nostro paese è solcato da una fitta rete di linee elettriche.

Giuridicamente la questione non è certo fra le più complicate, benchè nei suoi diversi aspetti possa essere, e sia ancora, molto discussa: tutto si riduce ad una applicazione dell'istituto della colpa extra-contrattuale od aquiliana, il cui contenuto è designato dagli articoli 1151 e 1152 Cod. Civ.

Ora il termine « colpa aquiliana » indica ogni azione od omissione imputabili, che violando il diritto altrui, senza essere per ciò inadempimento di obbligazione contrattuale preesistente, eccitano la reazione dell'ordinamento oggettivo a tutela del diritto offeso, che si manifesta con l'azione di responsabilità e quindi di risarcimento contro l'autore dell'ingiuria. Cosicchè essendo la colpa, come difetto imputabile alla diligenza dell'agente e determinante la violazione del diritto altrui, la ragione principale per cui l'atto illecito è fatto giuridico, essa suppone, se non comprende, gli altri termini che entrano a costituire il fatto illecito; ciò appare maggiormente chiaro quando si pensi che, sebbene l'ingiuria oggettiva sia elemento essenziale alla esistenza dell'atto illecito quale fatto giuridico, possa tuttavia esservi ingiuria senza colpa.

In base a questa delimitazione del concetto di « colpa »

(essere ciò è spiccata caratteristica del fatto illecito) vien facile designare quali fatti diano nascita alla responsabilità.

In merito alla violazione del diritto altrui, è nel nostro caso interessante specificare la latitudine dell'espressione stessa, la quale in linea generale si può così definire: *è violazione qualunque offesa inferta al diritto altrui*, e col dire qualunque offesa s'intende qualunque modo col quale la violazione avvenga e qualunque ne sia l'entità, qualunque, infine, sia il diritto leso; naturalmente le questioni riguardanti il grado di negligenza alla quale il fatto è connesso, riguardano, come più sopra si è già detto, la colpa e non il fatto materiale della violazione.

La violazione poi, può assumere due distinte forme e cioè essere positiva o negativa; ed è quest'ultima che maggiormente ci interessa, perchè è quella che più facilmente si può riscontrare nei casi d'infortunio causati da condutture elettriche.

Vi fu chi a proposito della violazione negativa (od omissione) sostenne « che chiunque potendo impedire altri dal recare ingiustamente danno non l'avesse fatto, dovrebbe rispondere verso il danneggiato » ma giustamente quest'opinione rimase isolata, non solo a causa della illimitata ampiezza della definizione, ma anche perchè essa troppo contraddice al carattere di illegittimità che deve accompagnare la violazione. Perciò la teoria generalmente accolta, stabilisce che vi sia violazione, ossia che si debba rispondere delle omissioni, solo quando l'omittente sia *obbligato giuridicamente a fare:* in quest'unico caso può aversi la violazione ingiusta del diritto, l'*iniuria* che è fonte della responsabilità.

A maggior chiarimento ricordiamo che l'omissione è considerata materia del quasi-delitto solo in quanto contenga lesione di un diritto altrui, poichè se dall'omissione non derivi tale offesa, nulla ha in sè di ingiurioso e conseguentemente non si ha il quasi-delitto, che è uno dei modi coi quali l'*iniuria* si manifesta nel diritto positivo. Inoltre necessita che l'offesa al diritto altrui sia manifesta con un'omissione posta in essere senza diritto, chè in ciò appunto sta l'offesa: « *quid non jure factum est, hoc est contra jus* ».

Infine dicesi « diritto altrui » perchè se venne leso un diritto appartenente all'agente ben può applicarsi la massima: « *quis ex culpa sua damnum sentit, non intelligitur damnum sentire* ».

Posti questi principi basilari ben possiamo venire a parlare della risarcibilità conseguente all'accertata responsabilità di chi ha fatto od omesso di fare.

In altre parole: se il fatto illecito con la forma del quasi-delitto genera la responsabilità, essa a sua volta induce al risarcimento il quale poi esige come termine essenziale il danno. Per tale relazione fra i termini quasi-delitto responsabilità e risarcimento, è chiaro il rapporto di causa ad effetto, onde l'ultimo termine si connette ai due primi, cioè: *è risarcibile solo il danno che direttamente ed immediatamente è derivato dalla lesione, in riguardo alla quale si è dichiarata la responsabilità.*

Ossia si può anche dire ch'entri nel risarcimento qualunque danno sia *necessariamente* derivato dal fatto colposo; *necessariamente derivato, perchè se tal dipendenza mancasse o il danno fosse conseguenza del caso o del fatto altrui o di colpa dello stesso danneggiato, il risarcimento a carico dell'autore del fatto illecito dichiarato ragione di responsabilità, o mancherà o avverrà in diversa misura* secondo il concorso di quel fatto nella determinazione del danno di cui si domanda il risarcimento; *e logicamente l'indice di misurazione sarà dato dal criterio suddetto di necessaria causalità o dipendenza.*

Con questo credo di aver dato gli elementi necessari e sufficienti per ravvisare nei diversi casi possibili di infortuni per condutture elettriche, se sussista o meno colpa da parte della Società, se dell'*iniuria* essa possa essere dichiarata responsabile ed infine se si debba far luogo a risarcimento di danni ed in qual misura.

G. A. MOTTA.

FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA

Fallimento.

MASSIMA

Col fallimento rimangono sospesi tutti i contratti continuativi che erano in corso col fallito e la massa non è tenuta al risarcimento dei danni per la anticipata risoluzione del contratto (1).

Nè rileva in contrario il fatto che la inadempienza al contratto (nella specie, mancato pagamento del canone) si fosse verificata prima del fallimento, se il creditore in bonis *non abbia proposto azione giudiziaria* (2).

Applicazione al contratto di somministrazione di energia elett. (3).

Appello Milano, 20-28 novembre 1930. Pres. Vanazzi P. Est. De Napoli. – SOC. AN. PER DISTRIBUZIONE ENERGIA ELETTRICA ING. BANFI (avv. Frattini R.) c. FALL. SOC. AN. ARATA (avv. De Francesco).

DIRITTO

(*Omissis*).

In quanto all'appello della Banfi rilevarono i primi giudici che essi non potevano che riaffermare la loro costante giurisprudenza, confermata anche dalla locale Corte di appello, secondo la quale l'anticipata risoluzione del contratto di fornitura di energia elettrica, in seguito al fallimento dell'utente, non dà luogo al risarcimento di danni a carico della massa fallimentare. La corte mantiene ferma tale giurisprudenza.

Sostenne la Banfi davanti il Tribunale e continua a sostenere davanti questo Collegio, che la convenzione accettata dalla ditta Arata con l'atto 1° nov. 1926, era esplicita nella parte in cui era scritto che nel caso di rescissione anticipata dell'impegno da parte dell'utente, per qualsiasi motivo, il fornitore si riservava il diritto di chiedere la liquidazione e il pagamento degli indennizzi e compensi che gli potessero spettare in rapporto all'ammontare dei canoni garantiti sino alla scadenza del contratto, onde nell'espressione « per qualsiasi motivo » ben era da comprendersi il fallimento anche tenuto conto che l'Arata si era resa morosa prima del fallimento, sì da indurre l'appellante a toglierle l'energia elettrica. L'impegno con la Arata — prosegue la Banfi — essendo stato contratto per 5 anni, verrebbe a cessare al 1° novembre 1931, termine al quale deve riportarsi il pagamento che, secondo il computo eseguito, dà l'ammontare delle chieste L. 16.537.20.

Premette la Corte che la questione non può, nella specie, risolversi se non sotto uno stesso principio, cioè a prescindere dal fatto che la Arata si era resa inadempiente prima della dichiarazione del fallimento, dappoichè nessuna azione giudiziaria era stata intentata dalla Banfi per la risoluzione del contratto per cui non può essa fare rivivere l'azione riportandola a tempo precedente alla dichiarazione del fallimento, quando è espresso il disposto legislativo che l'inadempienza di una parte se apporta la risoluzione dell'obbligazione essa non opera di diritto, occorrendo che l'altra parte manifesti la sua volontà scegliendone o l'esecuzione o lo scioglimento (art. 1165 Cod. Civ.).

Non può, poi, la Corte lasciarsi impressionare dai motivi sentimentali prospettati dall'appellante quando questa afferma che in tanto non iniziò la causa per la risoluzione del contratto in quanto « l'Azienda distributrice dell'energia elettrica sa di essere una collaboratrice delle altre industrie produttrici, e per la solidarietà che a queste la lega deve aiutarle, per lo meno accordando il fido, e non precipitare le cose causando forse una crisi che si sarebbe potuta evitare e che avrebbe apportato all'arresto completo dell'industria, alla chiusura dello stabilimento, alla disoccupazione degli operai, all'allarme per tutti i creditori, ecc..... ».

Non si può lasciare impressionare perchè sono belle parole che non risolvono la questione e che anche ad ammettere che possano avere un qualche peso in tesi, nella specie la Banfi non può scriverle, perchè, come essa stessa ammette, aveva già tolta la conduttura elettrica (ciò per il solo fatto — il che del resto era suo diritto — del ritardo nel pagamento del canone corrisposto per oltre tre anni) e ha dimostrato, dapprima davanti il Tribunale, e ora davanti la Corte di non lasciarsi guidare da motivi sentimentali in opposizione alla pretesa di ben L. 16.537,20 per energia elettrica non fornita.

Il fallito, per il solo fatto del fallimento, non può ritenersi in colpa; egli, e per esso il curatore, o per meglio dire, la massa fallimentare, non sono obbligati a continuare nell'industria, onde il nessun diritto di pretendere risarcimenti di danni per risoluzione di contratto in base, poi, ad una clausola che se per poco dovesse prendersi in esame non apporterebbe alla non tanto facile interpretazione che vuol darne l'appellante, dappoichè dire che gli indennizzi e i compensi si sarebbero liquidati in rapporto all'ammontare dei canoni non significa che debbano senz'altro coincidere con tale ammontare.

E il rigetto della richiesta dell'appellante per la distinzione che questi ha voluto introdurre basandosi quasi esclusivamente sul fatto materiale di essersi già verificata l'inadempienza della Arata, e quindi di poter richiedere al fallimento l'esecuzione di tale clausola, non trova nemmeno applicazione nella dicitura di essa, perchè il dire che il fornitore si riserva il diritto di chiedere ecc. non fa ritenere che, in mancanza di richiesta, si debba considerare come se questa fosse avvenuta. Esisteva il diritto a chiedere, ma, se dopo sorge un ostacolo per un fatto, come nella specie, di dichiarazione di fallimento, invano si farà fare un passo indietro, riportando la richiesta a quando, pur essendosi potuta fare, non si è voluta o creduta di fare. Non occorre seguire l'appellante nella sua lunga comparsa che si fa eco di

quella parte di giurisprudenza favorevole alla sua tesi, giacchè questa viene validamente contradetta e vinta da quella richiamata dalla controparte.

La questione si riduce a questi termini: « Un'azione intentata contro la massa fallimentare per anticipato risarcimento di danni per un'obbligazione ch'era stata assunta da chi poi ebbe a fallire, non è ammissibile per i principii che regolano la materia fallimentare, anche nel caso che l'azione si fosse potuta intentare prima della dichiarazione del fallimento ».

(*Omissis*).

NOTA

(1-2-3) La Corte d'Appello di Milano persiste nel negare il diritto ai danni per la inesecuzione del contratto continuativo a seguito del fallimento dell'obbligato. Con la sentenza 10-14 marzo 1930 aveva introdotto un temperamento, per così dire, consentendo la proponibilità della domanda di danni se la mancata esecuzione del contratto risalisse a tempo anteriore al fallimento. Tale sentenza si legge in questa Rivista 1930, n. 540 con nota dell'avv. Frattini. Con la sentenza attuale tale distinzione non è più ammessa: la Corte richiede la effettiva proposizione di una domanda giudiziale.

Da ultimo veggasi la sentenza 25 luglio 3 ottobre 1930 del Trib. di Vicenza pubblicata in questa Rivista 1930, pag. 1065 con nota di richiami.

r. f.

Risoluzione contratto - Danni.

MASSIMA

In caso di risoluzione di un contratto di fornitura di energia elettrica per fatto e colpa dell'utente, prima della pattuita scadenza del contratto stesso, il danno da risarcirsi alla ditta fornitrice corrisponde all'importo del consumo minimo di energia garantito in contratto, che avrebbe dovuto corrispondersi dall'utente dalla risoluzione della fornitura fino al giorno della sua contrattuale scadenza (1).

Appello Milano 8-16 maggio 1930. Pres. Andoly P. Est. Conti. – POLATI (avv. Sulpizi) c. Soc. PER DISTRIBUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA ING. BANFI (avv. Frattini R.).

DIRITTO

(*Omissis*).

Lamenta ancora l'appellante che non sia stato tenuto conto del deposito cauzionale di L. 1800 da lui versato e che sia stato riconosciuto il diritto della attrice società ad ottenere il corrispettivo delle forniture nel minimo mensile garantito, ancorchè non sia stato consumato.

Ma anche queste censure alla sentenza appellata sono manifestamente infondate. La restituzione del deposito cauzionale non può avvenire che alla scadenza del contratto di cui legittimamente è stata domandata la esecuzione e la continuazione fino al termine convenuto al 31 agosto 1931.

Ed è nell'essenza del contratto, in cui è stato garantito un minimo di fornitura, determinato in Lire 632,40 che questo minimo venga corrisposto anche se il consumo dell'energia fornita sia stato minore ed anche nullo. Nè si verifica un indebito arricchimento della società fornitrice, la quale fin dall'inizio del contratto e per tutta la sua durata ha regolato la sua produzione a seconda degli impegni assunti, tenendo a disposizione dell'utente la quantità di energia garantita, sicchè nessun vantaggio può derivarle dal fatto che questa sia o meno consumata.

Di arricchimento indebito potrebbe parlarsi soltanto nel caso venisse dimostrato dall'utente che, in relazione al limite di produzione della società fornitrice, questa ha collocato altrimenti e tratto vantaggio pecuniario dall'energia inutilizzata dal Polati. Prova che da questo ultimo non è stata fornita nè offerta.

Nè gli giova il richiamo alla clausola di contratto a tenore della quale, nel caso di rescissione anticipata dell'impegno da parte dell'utente, per qualsiasi motivo: « il fornitore si riserva « il diritto di richiedere la liquidazione ed il pagamento degli « indennizzi e compensi che gli potessero spettare in rapporto « all'ammontare dei canoni garantiti fino alla scadenza del « contratto ».

La clausola va interpretata in relazione alla natura speciale del contratto per cui è indifferente per la Società fornitrice che l'energia da lei messa a disposizione dell'utente venga o non venga da lui consumata, sicchè dalla clausola medesima è confermata la legittimità delle domande dell'attrice società in quanto l'indennizzo che le spetta è precisamente il pagamento dei canoni garantiti sino alla scadenza del contratto.

L'essersi previsto che l'indennizzo potesse consistere in somma minore va posto in relazione ad evenienze che giustifichino la rescissione anticipata del contratto, per cause indipendenti dalla volontà dell'utente.

Anche a questo riguardo invece il Polati, che con la sua lettera 8 aprile 1929 ha preteso giustificare lo storno del contratto con motivi inadeguati, quali i difetti del macchinario, non ha offerto alcuna prova. E, poichè è al Polati che incombe l'onere della prova, così la risoluzione della controversia non va ritardata con l'ammissione della prova in contrario offerta in subordine dalla società appellata ed intesa a dimostrare che il Polati « ha concluso contratto per fornitura di energia elettrica per luce e forza motrice con altra azienda di distribuzione concorrente della Soc. Banfi ».

Con la sua pretesa di ritenersi sciolto dal contratto prima ancora della sua scadenza, il Polati ha anche contravvenuto al patto di preferenza di cui alle clausole contrattuali, donde una distinta ragione di indennizzo giustamente riconosciuta e dichiarata dalla sentenza appellata, che merita conferma, ad eccezione che nei riguardi delle scadenze dei pagamenti e relativi interessi che non possono essere anticipati rispetto alle successive epoche contrattualmente fissate.

Così è che delle 28 mensilità domandate, a far tempo da quella scaduta al 20 aprile 1929 (L. 632 + L. 15 nolo contatore = L. 647 × 28 = L. 18.116) soltanto dodici sono scadute all'epoca della presente pronuncia e per la complessiva somma di L. 7764.— rispetto alla quale gli interessi commerciali non possono farsi decorrere che su ciascuna rata di L. 647.— dalle successive scadenze mensili.

Le restanti 16 rate mensili non dovranno essere pagate che di mano in mano che andranno maturando in esecuzione del contratto fino all'ultima che matura al 31 agosto 1931. In questo senso deve essere modificata l'appellata sentenza .

(*Omissis*).

NOTA

(1) Cfr. in senso conforme Pret. di Parma, 7 dic. 1928 in questa Rivista 1929, pag. 96.

In tema di valutazione del danno si veda anche:

Trib. Vicenza, 25 luglio-3 ottobre 1930, in questa Rivista, 1930, pag. 1065; Trib. Ancona, 20 giugno 15 luglio 1930, *ibidem*, 1930, pag. 837; App. Torino, 26 giugno-12 luglio 1929, *ibidem*, pag. 48, con le rispettive note di richiamo e commento.

Tacito rinnovo - Interruzione - Risoluzione e danni.

MASSIMA

È valida la clausola del tacito rinnovo del contratto di fornitura di energia elettrica, inserita nelle condizioni generali a stampa, se risulti:

a) *che le condizioni generali siano state sottoscritte dall'utente;*

b) *che la sottoscrizione sia stata preceduta dalla formula « il richiedente in accettazione di tutto quanto è espresso nel presente modulo si firma »;*

c) *che tutto il contratto sia stampato, all'infuori del nome dell'utente e del quantitativo di energia impegnato.* (1)

L'avere la società fornitrice tagliato i fili al consumatore inadempiente non costituisce rinuncia a richiedere il danno derivato alla società stessa dalla mancata esecuzione del contratto fino alla scadenza (2).

In caso di risoluzione di un contratto di fornitura di energia elettrica per fatto e colpa dell'utente prima della pattuita scadenza, il danno da risarcirsi alla azienda fornitrice può essere determinato ex bono et aequo dal magistrato, tenendo conto dell'importo del consumo minimo garantito fino alla scadenza del contratto e della possibilità di collocare in tutto o in parte presso altro utente la energia non consumata dall'utente per colpa del quale il contratto è stato risolto (3).

Appello Milano 3-16 maggio 1930. Pres. Pezzini P., Est. Bruzzi. – Soc. AN. GHISA MALLEABILE (avv. Volonteri) c. Soc. AN. PER DISTRIBUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA ING. BANFI (avv. Frattini R.).

DIRITTO

L'appellante Fonderia Ghisa Malleabile ammette di essere debitrice dalla Banfi della somma di L. 6.163,45 e precisamente di L. 5.663, per fornitura energia motrice e L. 500,45 per for-

nitura energia luce e ciò secondo i conteggi della Banfi, ma assume che essa è in definitiva creditrice di L. 366,60 avendo anticipato alla Banfi la somma di L. 4.330,05, quale risulta dalle bollette in atti prodotte, e versate in corso della causa lire 2.000. E, mentre chiede la condanna della Banfi al pagamento di dette L. 366,60, afferma di non essere tenuta a pagare la maggior somma chiesta in citazione introduttiva di lite, dacchè il contratto di fornitura non venne rinnovato nel 1928, pur ammettendo l'appellante di avere usato l'energia elettrica dal gennaio e febbraio 1928 e di aver tollerato di pagare quanto addebitatole dalla Banfi fino al giugno in cui questa ebbe a togliere i fili di conduttura.

Ma che la Banfi abbia diritto di pretendere che la Ghisa Malleabile paghi il minimo di energia che era stato pattuito per tutti i mesi dell'anno 1928, lo si desume dal fatto che l'appellante ha sottoscritto il contratto 1º gennaio 1927 nel quale, se era stabilita la durata della fornitura per tutto l'anno 1927, era altresì pattuito come condizione generale di contratto, che a scadenza l'impegno della fornitura si intendeva tacitamente prorogato di anno in anno se da una delle parti non venisse disdetto per iscritto almeno un mese prima della scadenza. E non solo disdetta per iscritto non vi fu da parte della appellante Fonderia, ma questa riconosce di avere usato della energia fornitale dalla Banfi nei mesi di gennaio e febbraio 1928: consegue che l'appellante era tenuta all'osservanza del patto contrattuale per cui il contratto si doveva intendere rinnovato per tutto l'anno 1928, in difetto di regolare disdetta; e ciò tanto più che la rinnovazione del contratto venne implicitamente riconosciuta dalla Fonderia col fatto di avere usato della energia fornitale dalla Banfi oltre due mesi dopo la scadenza del termine originariamente pattuito.

L'affermazione dell'appellante che essa non può essere tenuta alla osservanza dell'art. 2 delle convenzioni generali della fornitura riguardante la tacita rinnovazione del contratto, perchè si tratta di un patto scritto a stampa in caratteri minuti, non ha valore perchè la firma del consigliere delegato della società appellante è stata apposta non solo in calce al contratto quasi tutto a stampa, ma dopo questa precisa dicitura: «Il richiedente in accettazione di tutto quanto è espresso nel presente modulo si firma».

La validità dei patti a stampa dei contratti è ormai pacificamente riconosciuta, e poichè nel caso in esame tutto il contratto è steso a stampa e sono inserite a penna, col nome della società cui la fornitura è fatta, solo le particolari condizioni di fornitura per la Ghisa Malleabile, non vi può essere dubbio che la società appellante fosse tenuta alla osservanza del patto di tacita rinnovazione del contratto, ancorchè tale patto sia a stampa e scritto in caratteri minuti.

Tale patto precede la sottoscrizione e la dicitura superiormente riprodotta, onde è vana l'osservazione della appellante che la firma sia stata apposta a significare la accettazione del quantitativo di fornitura di energia, e non altro.

Non basta poi a far ritenere che il patto di tacita rinnovazione del contratto non sia stato consentito dalla società appellante, la circostanza che un altro modulo di fornitura di energia elettrica prodotto dall'appellante ditta, e portante la data 7 gennaio 1925 non contenga il patto di tacita rinnovazione: il contratto in base al quale agisce la Banfi è il contratto portante la data 1º gennaio 1927, firmato dal legittimo rappresentante della società convenuta ed è solo a questo che il magistrato deve avere riguardo per giudicare se fondata o meno sia la pretesa della ditta attrice. Colla firma apposta al contratto 1º gennaio 1927 la Fonderia Ghisa ha accettato tutte le clausole che vi sono contenute, compresa quella di tacita rinnovazione in caso di mancata disdetta scritta prima della scadenza originariamente pattuita; ed il patto di tacita rinnovazione è valido perchè non è contro la legge, il buon costume e l'ordine pubblico; nè la pretesa irregolarità fiscale di un documento, che è stato sottoposto alla registrazione, potrebbe portare alla nullità dei patti che vi fossero contenuti in difetto di espressa comminatoria di nullità: potrebbe, se mai, dar luogo l'irregolarità fiscale ad opportuni accertamenti dei competenti uffici finanziari e alla applicazione di penalità che non avrebbero effetto sul contenuto delle pattuizioni intervenute fra le parti.

Le premesse considerazioni valgono a giudicare infondata la doglianza della società appellante che il tribunale abbia errato, ammettendo le prove dedotte dall'attrice dirette a stabilire l'ammontare del dovuto, nel ritenere implicitamente la validità del patto di tacita rinnovazione del contratto, validità riconosciuta anche dalla corte per essere anche di uso comune nei contratti di somministrazioni ripartite nel tempo.

Afferma l'appellante che, se anche fosse valido il patto di tacita rinnovazione del contratto, la Banfi non potrebbe pretendere danni per la mancata esecuzione del contratto durante il termine tacitamente prorogato dacchè fu la Banfi a risolvere il contratto tagliando arbitrariamente i fili delle condutture, impedendo così che l'appellante potesse valersi della energia elettrica. Ma il taglio dei fili è stato una conseguenza del mancato pagamento della energia elettrica per parte della Fonderia Ghisa Malleabile, ed il mancato pagamento dava, per patto espresso del contratto, facoltà al fornitore di sospendere l'energia elettrica (patto 9 delle condizioni generali), salvo al fornitore il diritto di ripetere quanto dovutogli e salvo a lui anche il risarcimento del danno. Irrilevante, pertanto, il capitolo 5 della prova in subordine dedotta dall'appellante per provare un fatto che non costituisce altro che l'esercizio di una legittima facoltà contrattuale da parte della società fornitrice.

(*Omissis*).

Quanto poi alla perizia ammessa dal tribunale per la determinazione del danno risentito dalla attrice per la mancata esecuzione del contratto oltre il giugno, ritiene la corte, in accoglimento dello appello incidente della Banfi che si possa senz'altro determinare, tenuto presente il minimo mensile di energia elettrica che l'appellante erasi impegnata di consumare fin alla fine del 1928 in virtù della tacita rinnovazione del contratto, senza ricorrere al mezzo costoso di una perizia che difficilmente potrebbe con tutta esattezza affermare di quanto il danno del mancato incasso delle mensilità che avrebbe dovuto ancora pagare la società appellante, possa essersi diminuito pel risparmio della energia elettrica impegnata colla Ghisa Malleabile o per l'erogazione dell'energia stessa a favore di altri.

Tenuto pertanto conto dei minimi mensili che la Banfi avrebbe incassato a termini di contratto e che ammonterebbero in complesso a Lire 8.494,50 per le sei mensilità di lire 1.415,75 cadauna, sembra alla corte che il danno — tenuto conto della probabilità che l'energia elettrica non consumata dalla Fonderia possa essere stata, almeno in parte, utilmente erogata dalla Banfi a favore di altri — possa essere *ex bono et aequo* valutato nella somma di L. 5.000; somma che già la Banfi era disposta a ricevere a titolo di transazione come risulta dalla lettera 23 ottobre 1929 dell'avv. Frattini.

Da tale somma di L. 5.000 dovranno però essere detratte le L. 366,60 in più versate dalla Fonderia Ghisa come deposito cauzionale trapassato consensualmente a saldo della energia fornita a tutto giugno.

(*Omissis*).

NOTA

(1) Cfr. in argomento circa la validità delle clausole a stampa Trib. di Belluno 10 agosto 1929, in questa Rivista, 1929, pag. 1170.

(2) Cfr. per il taglio dei fili Corte App. Torino 12 luglio 1929, in questa Rivista, 1930, pag. 48.

(3) Cfr. circa il modo di determinare i danni da inesecuzione del contratto di fornitura Pret. di Parma 7 dic. 1928 e Corte App. Torino 14 agosto 1929 in questa Rivista, 1929, pag. 9 e 1930, pag. 49; Trib. Vicenza, 25 luglio-3 ottobre 1930, *ibidem*, 1930, pag. 1065.

Si veda poi in questo stesso fascicolo la sentenza 8-16 maggio 1930 della Corte d'App. di Milano, con nota di richiamo.

Patto di prelazione.

MASSIMA

È valido il patto stipulato in un contratto di somministrazione di energia elettrica con il quale l'utente si obbliga, alla scadenza del contratto stesso, a dare la preferenza alla società fornitrice a parità di condizioni (1).

La validità del patto di preferenza non può venir meno per il semplice fatto che la società fornitrice non produca energia, ma solo la acquisti per rivenderla (2).

Il patto di preferenza obbliga l'utente ad informare la società fornitrice delle offerte fatte dalla concorrenza prima di stipulare un nuovo contratto (3).

Appello Milano 16 maggio 1930. Pres. Andreis P. Est. Bersezio. – CORBETTA, PAVESI e GILARDI (avv. Magnoni A.) c. Soc. PER DISTRIBUZIONE ENERGIA ELETTRICA ING. BANFI (avv. Frattini R.).

DIRITTO

(*Omissis*).

Procedendo nelle sue difese, l'appellante, onde sottrarsi alla responsabilità che le incombe per aver trasgredito al patto di preferenza di cui allo art. 1º del contratto di fornitura, più non impugna genericamente di nullità simile patto, come aveva fatto in primo giudizio, ma sostiene che se la validità del patto stesso può ammettersi al fine di favorire l'industria elettrica quando si tratti di concessioni di energia da parte di enti che la producono, in opposto avviso devesi venire allorchè, come nella

specie, quegli che fornisce la forza elettrica non egli la produce, ma da altri la acquista e non fa che rivenderla e distribuirla ai proprii clienti.

Ora queste considerazioni non hanno valore giuridico: o il patto di preferenza è valido, e lo è in ogni caso; o è nullo, e in ogni caso deve dichiararsi tale; chè le considerazioni le quali indussero la giurisprudenza a riconoscere la validità di simili patti, non partirono, nè lo potevano, da principi di mera opportunità, bensì invece da principi di stretto diritto.

Ed è appunto in applicazione di principi di diritto che si ritenne non infetta da nullità la clausola per cui l'utente di energia motrice si obbliga, scaduto il contratto di fornitura, a dare la preferenza alla stessa ditta fornitrice nella stipulazione di un nuovo contratto, qualora le condizioni offerte siano pari a quelle della concorrenza: tale pattuizione, se liberamente accettata, non si sa perchè non dovrebbe considerarsi valida, dal momento che nulla contiene di illecito, di immorale o di contrario alla legge: nè può dirsi che essa vincoli indefinitamente la libertà del contraente o quella dei commerci, poichè, evidentemente, non potrà avere effetto che in riguardo al contratto immediatamente successivo a quello in cui è contenuta; onde l'efficacia ne è limitata nel tempo e la limitazione dipende dalla volontà delle parti. Dunque il patto è valido e lo è tanto se il fornitore di energia ne sia anche il produttore, quanto se da altri se la procuri per distribuzione ai suoi clienti; ed allora è a ritenersi irrilevante la prova con cui l'appellante vorrebbe dimostrare che la Soc. Banfi non è produttrice di energia elettrica, ma semplice distributrice al dettaglio.

Infine la ditta Corbetta Pavesi & Gilardi sostiene e vorrebbe provare che le condizioni di ubicazione in cui si trova la propria azienda sono tali che non avrebbero permesso alla soc. Banfi di fornirle l'energia elettrica agli stessi patti ai quali gliela concedette l'Azienda Elettrica del Comune di Milano; ma queste sono semplici ipotesi, semplici supposizioni più o meno fondate le quali non bastano a giustificare la infrazione al patto.

Intanto era obbligo dell'appellante, quando volle concludere un nuovo contratto, interpellare la Soc. Banfi se accettasse di fornirle la energia alle stesse condizioni a cui offriva di fornirgliela l'Azienda Elettrica Comunale: e solo in caso di risposta negativa, era libera la ditta Corbetta di contrattare con altri: ma non essendo possibile adesso sapere quel che avrebbe fatto o non avrebbe fatto la Banfi, se e a quali sacrifici magari sarebbe andata eventualmente incontro, pur di non perdere il cliente, cadono tutte le argomentazioni e si dimostrano inconcludenti tutte le prove che l'appellante svolse e dedusse per convincere che essa aveva maggior convenienza a contrattare con l'Azienda Elettrica Municipale che non con la soc. Banfi.

Chi può infatti dire che quest'ultima, a tempo interpellata, non avrebbe accettato quelle medesime condizioni che l'Azienda municipale aveva proposto, e non si sarebbe sobbarcata ai maggiori oneri ed alle più forti spese che, secondo l'appellante, avrebbero importato i nuovi impianti e i nuovi allacciamenti?

(*Omissis*).

NOTA

(1-2-3) In merito ai patti di esclusività e di preferenza veggansi da ultimo App. Torino 14 agosto 1929; Cass. civ. 25 maggio 1929; Trib. Milano 28 giugno 1929; App. Torino 22 febbr. 1929 e Trib. Pallanza 16 maggio 1929, riportate in questa Rivista, 1930, pagg. 49, 727, 828 e 1167, nonchè Trib. Ancona, 16 dicembre 1930, *ibidem*, 1931, pag. 161.

Azione possessoria.

MASSIMA

Il contratto per fornitura di energia elettrica costituisce contratto di vendita a consegne successive, e l'utente viene in possesso dell'energia, oggetto della fornitura, di mano in mano che questa gli viene somministrata.

Conseguentemente, in caso di interruzione della fornitura, anche mediante il taglio dei fili, compete all'utente esclusivamente l'azione contrattuale petitoria per ottenere la esecuzione della obbligazione del fornitore; ma non è ammissibile la azione possessoria per il ripristino dello statu quo, *non esistendo alcun possesso da tutelare* (1).

Tribunale di Milano, 25 febbraio-10 marzo 1931. Pres. Serpi. Est. Amalfitano, in causa Soc. An. Forza e Luce (avv. Alberti e Bertoletti) c. Preatoni (avv. Cecchi).

Fatto

Con ricorso presentato in data 17 novembre 1929 al Pretore di Abbiategrasso il Sig. Preatoni Camillo esponendo che da più di un anno godeva dell'uso dell'energia elettrica fornitagli dalla Soc. An. Luce e Forza di Parabiago, per illuminazione della propria casa di abitazione e dello stabilimento per tessitura meccanica esercito in S. Stefano Ticino dalla Società in accomandita Preatoni & C. di cui esso è legale rappresentante e lamentando che improvvisamente e senza alcun motivo, nel giorno 31 ottobre 1929, i dirigenti della Soc. An. Luce e Forza inviarono nello stabile del richiedente i loro dipendenti i quali, malgrado vivace protesta provvedevano nell'interno del cortile, al taglio dei fili conduttori dell'energia elettrica, spossessando così violentemente il ricorrente dell'uso dell'illuminazione; chiedeva di essere immediatamente reintegrato nel possesso dell'uso dell'energia elettrica per illuminazione e dei relativi fili conduttori; previo occorrendo accesso sul luogo dell'avvenuto spoglio. Il Pretore eseguiva, nel giorno 21 novembre medesimo, l'accesso e constatato che i fili eran stati tagliati e che la fornitura dell'energia elettrica ad uso illuminazione era stata sospesa, ordinava il ripristino allo stato anteriore allo spoglio. Successivamente il Pretore pronunciava sentenza in data 13-24 gennaio 1930 con la quale respingendo la eccezione, opposta dalla Società convenuta, di inammissibilità nella fattispecie dell'azione di spoglio, ordinava ad essa convenuta di reintegrare il Preatoni nel possesso dell'energia elettrica per illuminazione della casa di abitazione e dello stabilimento di tessitura. Contro questa sentenza, notificata il 14 febbraio 1930, proponeva appello la Società Forza e Luce di Parabiago, con atto 24 stesso mese, e costituitosi il contraddittorio, la causa veniva introdotta per la decisione avanti questa Sezione 8 all'udienza del 2 febbraio 1930, nella quale i procuratori delle parti spiegavano le conclusioni in epigrafe trascritte.

Diritto

Il primo giudice dopo essersi soffermato a dimostrare che l'energia elettrica deve considerarsi oggetto di possesso tutelabile con le azioni possessorie ritenne che, essendo nel caso specifico risultato che l'energia elettrica veniva immessa direttamente con somministrazione continua da parte della Società produttrice, nell'abitazione e nello stabilimento del Preatoni il possesso dell'attore era perfetto ed era perciò ammissibile l'azione di reintegra.

Che l'energia elettrica sia un bene patrimoniale che può formare oggetto di possesso, è principio ormai incontroverso. Ma la questione fondamentale della causa consisteva nel decidere se l'utente di energia elettrica in dipendenza di contratto possa esercitare l'azione di spoglio nei confronti del fornitore che lo privi del godimento di detta energia. Non esita il Tribunale a riconoscere che erroneamente il Pretore ha risolto tale questione in senso affermativo. Ed invero: l'azione di reintegra, se è ammissibile per la tutela di un diritto reale, non può essere emessa per la difesa di un semplice diritto di obbligazione. Il contratto di somministrazione di energia elettrica non è che un contratto di compra vendita a consegne successive; l'utente in tanto viene in possesso dell'energia elettrica in quanto il fornitore la produce e gliela somministra di volta in volta quale prestazione da lui dovuta in corrispettivo del prezzo. Non è quindi concepibile un possesso tutelabile con gli interdetti quando l'uso e la disponibilità della cosa dipendano dal fatto di un terzo; manca in tal caso l'elemento materiale del possesso, il *corpus possessionis* consistente nel potere immediato e diretto sulla cosa da poterne fare uso quando si voglia indipendentemente dalla volontà di altre persone. Il Preatoni aveva il diritto alla somministrazione dell'energia elettrica da parte della Soc. Luce e Forza ma questo diritto avendo per contenuto la facoltà di ottenere una prestazione non era tutelabile con l'azione possessoria.

L'interruzione della somministrazione, in qualunque modo effettuata costituisce pertanto una infrazione agli obblighi contrattuali e non può dar luogo che ad un'azione *ex contractu*. In tal senso si è costantemente affermata la giurisprudenza in casi identici a quelli in esame e in casi analoghi (gas, acqua e simili). Per la esposta ragione la impugnata sentenza va riformata con la conseguente condanna dell'appellante nelle spese del giudizio sia di 1° grado che di appello.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) La sentenza del Pretore di Abbiategrasso riformata dalla annotata sentenza del Tribunale Milanese, è pubblicata in questa Rivista, nel fascicolo del mese scorso, a pag. 166, con nota di richiamo e di commento.

Rimandiamo i lettori a quella nota, in cui, criticandosi la massima del Pretore, si svolgevano sostanzialmente le stesse argomentazioni che hanno trovato lucida e autorevole sanzione nella sentenza sopra riportata.

A. P.

GIURISPRUDENZA FISCALE

Tassa di esercizio.

MASSIMA

L'acquisto, per una volta tanto, di azioni di Società Commerciali, costituisce atto di commercio. Non autorizza, però, ad imporre tassa di esercizio nel Comune dove il contratto si stipula, quando tutto il complesso delle attività sociali della società acquirente è tassato in altro Comune (1).

Cassazione del Regno, 15 novembre 1930, Pres. Petrone, Est. Marinucci, P. M. Di Muro (concl. conf.). - Soc. ELETTRICA ALTO CREMONESE (Avv. Rotati Angelina) c. COMUNE DI MILANO (Avv. Positano De Vincentiis, Muggiani).

DIRITTO

Col primo motivo di ricorso la Società lamenta la violazione della legge 11 agosto 1870, n. 5784 modificata dalla legge 23 gennaio 1902, n. 25 (specie art. 13) e del R. D. 23 marzo 1902, n. 113 (specie art. 4), in relazione all'art. 517, n. 3 c. p. c. e sostiene al riguardo che erroneamente abbia la Corte d'Appello fatto dipendere la applicabilità della tassa d'esercizio in Milano dal fatto dell'acquisto di azioni della Società Trezzo d'Adda, mentre tale singolo fatto, sia pur che l'acquisto fosse avvenuto in Milano e fosse in conformità dello statuto sociale, non poteva costituire esercizio in Milano tassabile nel senso voluto dalla legge, ma formava soltanto un coefficiente di produzione concorrente alla formazione del reddito globale della azienda, rientrante nella tassazione complessiva di tutto l'esercizio colpibile e colpito nel Comune di Soresina. Il motivo del ricorso è fondato.

Come si è già sopra in narrativa accennato, la denunziata sentenza ha fondato la propria decisione unicamente sul fatto dell'acquisto di azioni della Società Trezzo d'Adda e della partecipazione così realizzata dalla Società Alto Cremonese nell'azienda di quell'altra Società, avente la sua sede in Milano. Ma questo fatto singolo, sia pur riferibile ad un'ingente quantità d'azioni e sia pure che l'acquisto sia stato eseguito in Milano e che ivi si riscuotano dall'acquirente i dividendi della Trezzo d'Adda, al contrario di quel che ha ritenuto la denunziata sentenza, non può di per sè solo costituire in Milano quell'esercizio di una professione, di un'arte, di un commercio o di una industria, che forma, a termine dell'art. 13 legge 23 gennaio 1902, n. 25 la base dell'imponibilità per tassa di esercizio in un Comune. Invero, sebbene una singola compera di quote o azioni di società commerciale costituisca atto di commercio (art. 3, n. 5 cod. comm.), purtuttavia non basta aver fatto una singola compera per imprimere in chi l'abbia fatta la qualità di commerciante e per costituire perciò quell'esercizio commerciale, di cui parla la surrichiamata disposizione della legge del 1902.

La denunciata sentenza ha creduto richiamare come saliente nel caso in esame la circostanza che quello acquisto era stato fatto in conformità dello statuto della Società Alto Cremonese, prevedendosi in esso all'art. 2 fra gli scopi sociali anche le partecipazioni in società congeneri. Ma la circostanza richiamata non ha l'efficienza giuridica che la denunciata sentenza ha creduto riconoscerle. L'essersi la Società Alto Cremonese prefissata tra gli obietti delle sue attività sociali anche la partecipazione in società congeneri non basta a dar luogo alla tassazione in Milano per l'acquisto singolo delle azioni della Trezzo d'Adda. Quell'acquisto poteva essere uno degli anelli della catena di operazioni, con cui si sarebbe potuto attuare in Milano l'esercizio tassabile, ma, rimasto tale acquisto isolato, l'esercizio di quel ramo di commercio in Milano non può dirsi attuato. La sentenza deve pertanto in accoglimento del primo motivo di ricorso essere cassata rinviandosi la causa ad altra sezione della medesima Corte di Milano, la quale, rinnovando l'esame della causa, potrà anche assodare se, indipendentemente dall'insufficiente elemento dell'acquisto di azioni della Trezzo d'Adda, sussistano altri estremi atti a giustificare la tassabilità della Società Alto Cremonese in Milano, specialmente in correlazione al fatto richiamato dal controricorso, che in Milano sussisterebbe la sede sociale centrale, in cui si assommerebbe tutta l'entità economica della Società ovunque svolta, punto questo che dalla denunziata sentenza non è stato sufficientemente assodato, posto che essa ha creduto di prescindere dalla circostanza della sussistenza di una sede centrale per fondarsi invece sull'anzidetta circostanza dell'acquisto di azioni della Trezzo d'Adda.

NOTA

(1) La sopracitata sentenza, conforme all'indirizzo seguito dalla stessa Suprema Corte per casi analoghi, ha giudicato rettamente, e noi aderiamo al principî in essa sostenuti.

Infatti, se non può dubitarsi che l'acquisto da parte di una Società anonima di azioni o quote di compartecipazioni di altre Società sia un atto di commercio a tenore dell'art. 3, n. 5 Cod. Comm., è illecito attribuire alla Società acquirente, per quella sola operazione, la qualifica di *commerciante*, nel senso voluto dall'art. 13 Legge 13 gennaio 1902, n. 25 e rinvenire in quell'atto singolo gli estremi *dell'esercizio di una professione, di un'arte, commercio o industria*, di cui parla il decreto istitutivo della tassa d'esercizio.

Del tutto ininfluente è la circostanza che la Società Alto Cremonese avesse previsto nello Statuto anche l'eventualità di una partecipazione in società similari, eventualità ormai comunissima dati i rapporti d'interdipendenza tra le varie società produttrici e distributrici di energia elettrica; perspicuamente il supremo Consesso ha stabilito che un occasionale ed isolato contratto di compravendita di titoli azionari non è sufficiente a far ritenere quella *continuità, ripetibilità, regolarità*, nello svolgimento di identiche operazioni sociali, capaci di creare la base imponibile per il tributo.

Si veda anche questa Rivista, fascicolo di novembre 1929, pag. 1173-75.

Ch.

Imposta di Ricchezza mobile.

MASSIMA

Non sono assoggettabili ad imposta di R. M. le prestazioni o canoni che gli Enti locali ricevono quale compenso per la concessione del godimento precario del suolo stradale.

L'art. 193, n. 5 del T. U. Legge Comunale e Provinciale del 4 Febbraio 1915, n. 148, il quale a sua volta autorizza i Comuni alla cessione, attribuisce ai compensi pagati dai concessionari il carattere di vere entrate di diritto pubblico, *parificabili ad ogni effetto alle tasse comunali propriamente dette* (1).

Decisione Commissione Centrale Imposte Dirette, 1° ottobre 1929, n. 98185.

NOTA

(1) Rileva nel fascicolo di febbraio 1931 la *Giustizia Tributaria* che la annotata decisione non va presa in senso assoluto. Il carattere discriminante per la tassazione deve essere ricercato nelle modalità che accompagnano *la stipulazione* della concessione e canone relativo.

Se il Comune o la Provincia applicano il diritto *d'imperio* di cui sono investiti quali enti autarchici, il canone ha carattere essenzialmente di *tributo* e va esentato dalla imposta mobiliare.

Ma se l'Ente locale stabilisce il canone *per contratto*, in forma *convenzionale*, allora non si può più in esso identificare il carattere di *tassa* e ne deriva la necessaria conseguenza della tassabilità in R. M.

Che il canone dipenda da beni *patrimoniali* o di *uso pubblico* non ha influenza agli effetti della tassabilità.

Vedere per l'*intassabilità*: Decisioni Commissione Centrale 7 marzo 1899, n. 65574; 26 aprile 1918, n. 91805.

Per la *tassabilità*: Decisioni Commissione Centrale 7 agosto 1893, n. 25912; 11 agosto 1922, n. 18844; 6 marzo 1924, n. 60552; 18 luglio 1925, n. 55110 (riguarda posa di condutture elettriche).

Ch.

Imposta di Ricchezza mobile.

MASSIMA

Le somme definite interessi di conguaglio *che i sottoscrittori di nuove azioni emesse nel corso dell'anno versano alla Società onde ottenere poi, ad esercizio chiuso, il dividendo intero e pari a quello distribuito ai vecchi azionisti, non presentano il carattere*

di reddito mobiliare *e vanno pertanto esentate dal tributo. Tali somme, le quali per la Società rappresentano soltanto una entrata patrimoniale debbono considerarsi nella loro essenza un semplice espediente amministrativo e contabile, incapace a* creare *alcun* reddito *nel senso fiscale, per la Società* (*art.* 3, 25 *e* 30 *Legge* 24 *agosto* 1877, *n.* 4021 - *art.* 62 *Regolam.* 11 luglio 1907, *n.* 560) (1).

Commissione Centrale, 24 marzo 1930, n. 3781.

NOTA

(1) La decisione della Commissione Centrale dell'8 luglio 1928, n. 87604 nettamente contraria a tutte le altre precedenti (Comm. Centrale 26 febbraio 1916, n. 76085; Comm. Centrale 9 novembre 1927, n. 79181; Comm. Centrale 18 novembre 1927, n. 79471; Cassazione 24 aprile - 15 giugno 1915 in causa Banco Roma) le quali avevano stabilito, e con argomenti inoppugnabili, la intassabilità del cosidetto *conguaglio dividendo* era stata cagione di non poca meraviglia per chi segue la giurisprudenza tributaria. Riesciva inspiegabile, dopo una lunga serie di sentenze favorevoli, un « révirement » così brusco ed ingiustificato. La decisione che annotiamo, insieme alle altre anche recenti, del 19 luglio 1929, n. 97936 e 14 ottobre 1929, n. 98694, riporta il sereno e ribadisce la non imponibilità; è sperabile che, dopo questi ultimi inequivocabili giudizî, anche gli Uffici delle Imposte si conformino al responso del magistrato e non ripropongano più una questione da seppellire ormai definitivamente.

In verità le parole con cui la suprema autorità giudiziaria, nella citata antica sentenza per il Banco Roma, volle definire i lineamenti giuridici della questione non hanno perduto nulla della loro efficacia.

Disse allora la Corte: non ha fondamento l'osservazione fatta dall'Ufficio Fiscale che la somma differenziale di L. 5,80 (l'interesse di conguaglio per cadauna azione) costituisce sempre un prezzo pagato dal sottoscrittore di ogni azione, che va ad aumentare come nuova ricchezza il patrimonio sociale, perchè la Società, se incassa quella somma, si obbliga contemporaneamente di rimborsarla ad esso azionista alla fine dell'esercizio, trattando egualmente in rapporto al dividendo i vecchi ed i nuovi azionisti.

Da qui nasce la conseguenza che quell'utile è solo *apparente*, perchè *contemporaneamente* annullato dall'obbligazione che la Società si assume di attribuire a tutte le azioni, di vecchia e nuova emissione identico dividendo. In altre parole, la Cassazione mise egregiamente in evidenza che tra gli azionisti e la Società, ente di diritto distinto dalle persone dei Soci, venivano a costituirsi due contrapposte obbligazioni, « *di cui l'una, secondo l'intendimento di entrambe le parti, rappresentava il corrispettivo economico dell'altra.*

Da una parte la Società si obbligava a distribuire ai possessori delle *nuove* azioni la stessa quota di utili spettante ai vecchi azionisti, qualunque il capitale rappresentato dalle nuove azioni non fosse stato versato dal principio dell'anno e quindi la Società non avesse potuto fruirne per tutto il periodo d'esercizio annuale; dall'altra parte i sottoscrittori delle nuove azioni « *si obbligavano ad una prestazione pecuniaria che valesse preventivamente a compensare i frutti di quel capitale di cui la Società non aveva potuto godere per il tempo anteriore, con la maggiore quota che questa era tenuta a pagare a titolo di conguaglio nella ripartizione degli utili* ».

Il vieto argomento dell'aleatorietà, dell'incertezza del dividendo, argomento che è stato sempre il preferito dalla Finanza, si può dire ormai definitivamente confutato, sia in tesi astratta di diritto che nella specialità dei casi concreti, la quale, a parte qualche differenza formale nella contabilizzazione, è in realtà eguale per tutte le Società.

In tesi astratta di diritto perchè l'aleatorietà di una prestazione nulla toglie al carattere *obbligatorio* della convenzione di cui quella sia stata l'oggetto. L'obbligo delle società di restituire è coevo alla richiesta di versamento e inscindibile da essa, ne costituisce, anzi, *la sola giustificazione giuridica ed economica*, essendo stato richiesto il versamento appunto a titolo di *conguaglio dividendi*.

Nelle citate decisioni del 1927 la Commissione Centrale aveva opinato:

« *Data la variabilità di tale quota, la somma da versarsi dai « nuovi soci non poteva essere determinata in modo da garantire, « con matematica sicurezza, la compensazione precisa tra l'am- « montare dei frutti rispondenti a quel capitale per quel periodo « di tempo e la somma che la Società sarebbe stata costretta ad « erogare per parificare il trattamento economico dell'una e dell'al- « tra categoria di azionisti ; e quindi è indubitabile che la conven- « zione aveva contenuto aleatorio per entrambe le parti, sicchè, « nel caso in esame, più che d'interessi, come si è creduto di quali- « ficare i versamenti fatti dai nuovi azionisti, si tratta di somme « rappresentative di un'anticipazione à forfait, che precludeva « l'adito a qualsiasi maggiore pretesa dell'una o dell'altra parte. « Ma è pur vero che, nonostante l'aleatorietà del negozio giuridico, « esso valeva a stabilire a favore degli acquirenti delle nuove azioni « un diritto subbiettivo perfetto, che si concretava nella potestà « di esigere che quella qualsiasi somma, che la Società potesse « assegnare ai soci come utile dell'esercizio, fosse ripartita in mi- « sura eguale tra vecchi e nuovi azionisti.*

« *Ed è anche fuori dubbio che si trattava di un diritto aziona- « bile, in quanto che, se la Società, nella distribuzione dei divi- « dendi, non avesse osservata la parità di trattamento, i sotto- « scrittori delle nuove azioni avrebbero avuta la facoltà di provo- « care il riconoscimento giudiziale del loro diritto acquisito.*

« *Da tutto ciò segue che, nello stesso momento in cui sorgeva a « favore dell'ente sociale il diritto della percezione delle somme che « i nuovi azionisti si erano obbligati a versare in più sull'importo « di ciascuna azione, nasceva contemporaneamente il loro diritto « a pretendere l'adempimento della controprestazione della Società. « Onde deriva, come ulteriore conseguenza che coeva alla na- « scita del predetto reddito fu l'introduzione di un elemento passivo « che era destinato a neutralizzarne gli effetti, tenuto presente il « valore economico che era stato presuntivamente assegnato alle « reciproche obbligazioni* ».

Quindi, non verificandosi l'indispensabile presupposto per la nascita di ogni nuovo reddito e cioè la creazione di una *ricchezza novella*, che vada ad aggiungersi alle altre, e che fin dall'origine si incorpori durevolmente nel patrimonio della Società e che abbia la sua fonte in una forza economica o energia produttrice ben determinata, l'intassabilità non può essere messa in dubbio.

Nel caso concreto, poi, è notorio che quando l'Ufficio Imposte inizia l'accertamento, di solito, è già in grado di constatare che il bilancio della Società è stato attivo, e attivo tanto da poter assolvere anche il preassunto impegno di addivenire a quella compensazione, che, senza produzione di alcun profitto (*reddito*) per chicchessia, pareggia le partite di dare e di avere tra la Società e i suoi azionisti.

Si pensi al caso normale di una Società che abbia chiuso il suo bilancio al 31 dicembre 1929 e che abbia tenuto l'assemblea annuale nel marzo 1930. La Società, tassata a norma dell'art. 25 secondo il noto sistema di rotazione dei bilanci, entro il termine rituale, dopo l'approvazione dell'assemblea, presenta il suo bilancio e relativa denuncia fiscale all'Ufficio Imposte, il quale, completate le abituali indagini e verifiche *nel secondo semestre dell'anno*, concreta entro il 31 dicembre 1930 le sue proposte d'accertamento.

È ovvio che a tale epoca ogni dubbio sulla effettiva esecuzione della compensazione è svanito, poichè i nuovi azionisti hanno da tempo riscosso l'intero dividendo 1929 che li reintegra della quota anticipata. Si è quindi, in fatto, già attuata, e nei precisi termini convenuti, quella *restituzione* che esclude nel *conguaglio* il carattere di *reddito*.

D'altra parte, per essere ancor più precisi, il bilancio di una Società fiscalmente o è *passivo*, o è *attivo*. Se è passivo non si può applicare alcuna imposta mobiliare sull'ovvio riflesso che questa presuppone un *reddito netto*, risultante dalla differenza tra il totale delle spese, perdite e debiti dell'esercizio ed i crediti ed introiti, compresi tra questi gli eventuali versamenti di conguaglio operati dai nuovi azionisti.

Se invece il bilancio è attivo allora si attua suggestivamente quell'effettiva compensazione tra quote di conguaglio versate e dividendi di fine esercizio la quale dimostra luminosamente l'inesistenza di qualsiasi *reddito*.

Quindi, in definitiva, o il conguaglio è restituito ed allora il concetto di reddito non è reperibile, oppure — in ipotesi — il conguaglio non viene restituito ed allora ci si trova di fronte ad un bilancio *passivo* che esclude ancora più perentoriamente il concetto di reddito.

Inoltre va rilevato (come giustamente avverte la *Rivista di Legislazione Fiscale* 1931, pag. 106) che, applicando gli stessi principî delle summenzionate sentenze, non solo non costituisce reddito quella parte di sopraprezzo che serve a pareggiare la condizione dei nuovi coi vecchi azionisti, *in relazione al dividendo dell'anno in corso* ma anche quella parte che parifica la condizione dei nuovi azionisti a quella dei vecchi, in ordine alle *riserve*, che sono utili non distribuiti e che quindi hanno lo stesso carattere di quel dividendo dell'anno in corso che la società prevede di poter distribuire.

Un ultimo argomento *de iure condito* per la intassabilità può trovarsi — dice la stessa Rivista — nella Legge 15 ottobre 1925, n. 1802, la quale dichiara esente da imposta il *sopraprezzo* realizzato con la emissione di nuove azioni. In verità, questa identità tra *sopraprezzo* e *interesse di conguaglio* non ci convince troppo; comunque non vale la pena di discuterne oggi che il responso giusto e non tentennante della Commissione Centrale pensiamo tronchi senz'altro ogni ulteriore accertamento fiscale in proposito.

Ch.

NOTE E RIASSUNTI

IL COSTIPAMENTO DEL CALCESTRUZZO PER VIBRAZIONE INTERNA

(SUPERVIBRAZIONE, PÉRVIBRATION)

Le Génie Civil, 21 febbraio 1931. – M. BÉRENGIER.

La preparazione meccanica del calcestruzzo, ormai usata anche per opere di non grande importanza, ha permesso di poter contare sulla perfetta omogeneità della confezione e sulla costanza ed esattezza dei rapporti di miscela. Eliminate le incertezze riguardanti la preparazione dell'impasto, rimangono tuttavia quelle, non meno importanti, della messa in opera.

I numerosi studi eseguiti dagli specialisti in materia, forniscono notizie abbastanza complete sulla struttura della massa del calcestruzzo; si sa che essa è cosparsa di numerosi vuoti o pori, di struttura e dimensioni caratteristiche, dipendenti dalla dosatura dell'acqua e dalle proporzioni della sabbia e della ghiaia; si conosce anche la grande influenza che hanno questi pori sulla trasmissione degli sforzi, che naturalmente non avviene come in una massa omogenea e compatta, e sulla permeabilità. Studiando il modo di aumentare la compattezza mediante la scelta di opportuni rapporti di miscela si è arrivati a risultati notevoli, ma si è potuto anche constatare che una razionale composizione granulometrica risolve il problema solo parzialmente perchè molti difetti di struttura sono da imputare unicamente alle modalità di messa in opera e di costipamento o assestamento del calcestruzzo. Una conferma di ciò si può avere anche nelle ordinarie prove di resistenza: è noto infatti che la rottura di diversi provini di un calcestruzzo semplicemente battuto, sebbene con la massima uniformità possibile, avviene con carichi che possono differire tra loro anche del 50%. Tali differenze non si possono attribuire che alla relativa imperfezione degli ordinari sistemi di costipamento.

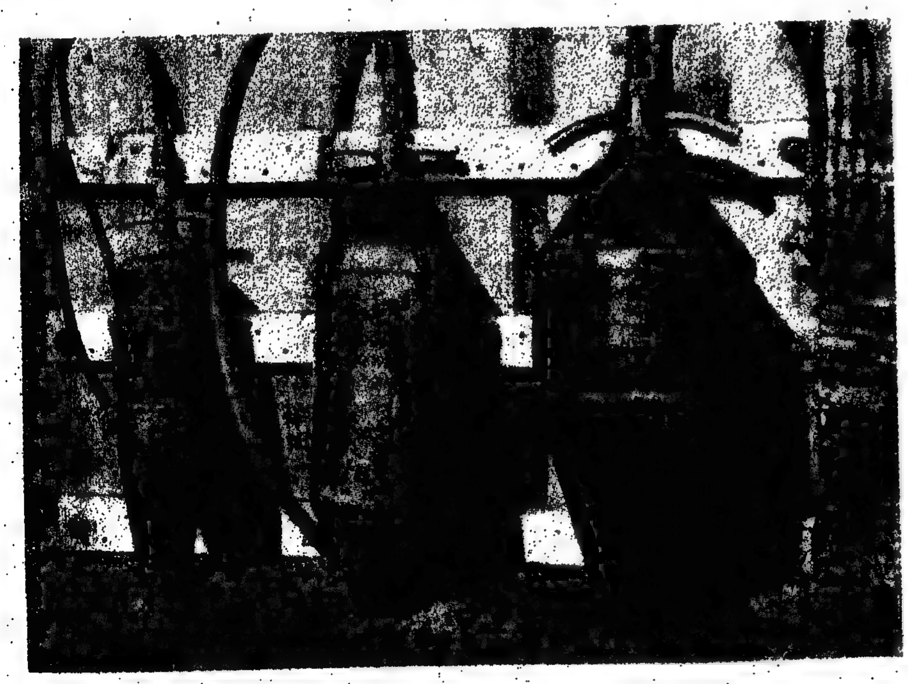


Fig. 1.

Una certa compattezza e uniformità della struttura si può ottenere aumentando la quantità d'acqua dell'impasto; è noto però che volendo mantenere alta la resistenza del conglomerato occorre, in questo caso, aumentare la quantità percentuale di cemento. La soluzione si presenta quindi non economica ed è naturale che si sia cercato di conseguire la voluta compattezza senza ricorrere a questo mezzo. I procedimenti di battitura a mano o ad aria compressa, sul cemento o sui casseri, si son dimostrati non rispondenti perfettamente allo scopo, sia perchè i loro risultati dipendono troppo dalla abilità e sveltezza degli operatori, sia perchè danno luogo a scuotimenti e ad urti dannosi pei casseri e le armature.

In considerazione di ciò si pensò di ottenere il costipamento del calcestruzzo facendolo vibrare per mezzo di appositi apparecchi ad aria compressa connessi ai casseri o appoggiati alla superficie dello strato gettato di fresco; tali mezzi, ancora oggi usati, non sono esenti da critiche, specialmente per la loro non grande efficacia su grandi masse.

Un sistema moderno, che sembra assai più efficace, è quello della vibrazione della gettata ottenuta mediante uno speciale apparecchio immerso e galleggiante nella massa del calcestruzzo.

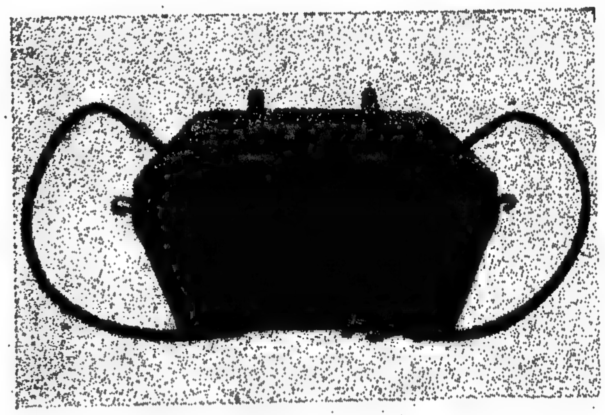


Fig. 2.

Gli spostamenti dell'apparecchio in seno alla massa sembrerebbero a prima vista consentiti appena nel caso di calcestruzzi colati molto fluidi ma in realtà questo movimento può avvenire anche nei calcestruzzi più asciutti per un particolare stato di fluidità che essi assumono sotto l'azione vibratoria.

Durante l'operazione si possono osservare due fatti che sono indizi della bontà del procedimento: il volume del calcestruzzo diminuisce sensibilmente e numerose bolle d'aria si liberano dalla massa e salgono alla superficie.

Sezionando un blocco di calcestruzzo supervibrato si può subito notare una grande compattezza del materiale; ogni elemento di ghiaia risulta veramente circondato dal materiale cementante ben serrato. I vibratori galleggianti sono costituiti (figg. 1 e 2) da un robusto involucro di lamiera di forma adatta al lavoro da eseguire (ovoidali, prismatici, a piastra, ecc.) contenenti nell'interno un pistoncino mosso ad aria compressa il quale non urta le pareti ma imprime unicamente le vibrazioni all'apparecchio. Se le dimensioni e il peso dell'apparecchio non sono tali da permetterne il galleggiamento, si provvede a contrappesarlo col sistema indicato in fig. 3 (cfr. MARCOTTE: *Les materiaux des constructions civiles et des travaux publics*. Tome III, pagina 268).

L'uso del vibratore è molto semplice e non richiede accorgimenti speciali; basta porre questo alla base del cassero da riempire, iniziare la gettata e contemporaneamente fare agire l'apparecchio; esso, man mano che il cassero si colma, rimonta la massa del calcestruzzo che, per il fenomeno prima accennato, presenta un particolare stato di fluidità.

Questo sistema di costipamento è molto razionale specialmente nel caso di pilastri: in questo caso infatti la parte interessata dalle vibrazioni è quella gettata di fresco mentre le parti che hanno già subito la costipazione e nelle quali si può avere già un'inizio di presa, con il risalire del vibratore non vengono ulteriormente scosse. L'azione graduale e progressiva di costipamento non permette poi la formazione di piani di stratificazione.

Se la superficie è particolarmente estesa si possono mettere in opera più apparecchi contemporaneamente e a distanze tali che i loro raggi d'azione si tocchino o meglio si intersechino; la massa intera risentirà allora l'azione dei vibratori; non è da temersi la formazione di zone non costipate (per interfe-

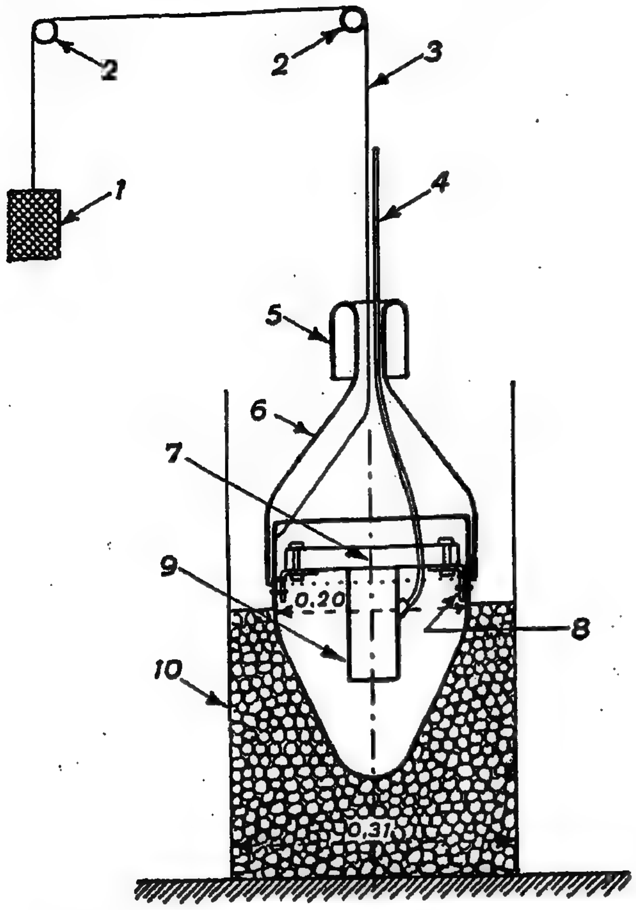


Fig. 3. - Sezione schematica di un vibratore.

1. Contrappeso.
2. Puleggie.
3. Fune metallica.
4. Tubo dell'aria compressa.
5. Collare a risvolto.
6. Coperchio.
7. Sbarra di sostegno del vibratore.
8. Mensole chiodate alla parete.
9. Vibratore pneumatico.
10. Cassero.

renza delle vibrazioni di due o più apparecchi) data la non perfetta regolarità ed eguaglianza dei periodi di vibrazione degli apparecchi stessi.

La vibrazione interna può essere applicata con profitto anche alla costruzione delle dighe. Nel caso particolare della costruzione del paramento a monte delle dighe in scogliera, che come è noto richiede una certa elasticità per poter seguire i movimenti di assestamento del corpo della diga, l'uso del calcestruzzo supervibrato, che a parità di resistenza e tenuta permette spessori minori, sembra particolarmente raccomandabile.

La supervibrazione di superfici molto estese e che richiederebbero un troppo grande numero di apparecchi si può ottenere ricorrendo a una fila di vibratori disposti lungo il fronte della gettata; la manovra non consiste, in questo caso, che nello spostamento di un vibratore per volta quando il costipamento locale è avvenuto; la mano d'opera risulta molto ridotta dato che ogni manovale può sorvegliare diversi apparecchi. Esistono anche vibratori a mano (maneggevoli e spostabili mediante un lungo manico) molto utili specialmente per gli ordinari lavori in calcestruzzo armato; il loro campo d'azione è di circa 25-30 cm; per solette platee ecc. esistono particolari tipi a piastra.

Altro vantaggio presentato da questo metodo di costipamento è quello di rivelare eventuali errori di dosatura. Se la malta è in eccesso essa rimonta alla superficie e forma uno strato che essiccandosi si screpola, se invece è in difetto si presentano dei vuoti nella parte della gettata infine se l'acqua è molto scarsa la superficie risulta irregolare.

Risultati d'impiego.

Due colonne costruite in calcestruzzo costipato per vibrazione interna hanno dato, nella prova di flessione, carichi di rottura identici.

Due provini ricavati mediante scalpellatura in punti differenti di un blocco supervibrato hanno dato una resistenza alla compressione pari a 324 e 306 kg/cm².

La composizione (per m³ di impasto) era la seguente

Ghiaia da 3 a 6 cm	m³	0,56
» » 1 a 3 »	»	0,56
Sabbia	»	0,28
Cemento alluminoso	kg	140

Per constatare la possibilità di ottenere resistenze particolarmente elevate con dosature magre fu costituito un calcestruzzo con la seguente composizione in peso: cemento Portland 1 (126 kg/m³), ghiaia 11,5, sabbia 5; valori eccezionali, che produrrebbero coi soliti metodi un calcestruzzo poroso e senza consistenza. Mediante supervibrazione si potè ottenere una grande compattezza e dopo 67 giorni la resistenza risultò pari a 211 kg/cm².

In pratica si può usare il seguente rapporto di miscela in volumi: ghiaia 3, sabbia 1, cemento *ad libitum*. La vibrazione interna permette dunque di diminuire il quantitativo di cemento senza abbassare la resistenza e di ottenere, a pari dosatura di cemento, resistenze superiori a quelle ordinarie.

Permeabilità del calcestruzzo pervibrato.

Per le prove di permeabilità si confezionarono mediante vibrazione interna due prismi, delle dimensioni di 30×30, con calcestruzzo avente la composizione:

		Blocco N. 1	Blocco N. 2
Ghiaia	dm³	1000	700
Pietrisco	»	—	350
Sabbia	»	400	350
Cemento fuso	Kg	200	175

I blocchi furono segati in lastre dello spessore di mm 22; da queste lastre si ricavarono dei dischi del diametro di 80 mm. Questi furono sigillati con cura in anelli di rame e serrati tra due flange con interposizione di guarnizioni in gomma. Furono poi provati a pressioni d'acqua crescenti con i seguenti risultati.

	Quantità d'acqua filtrata in 24 ore sotto una pressione di kg/cm²				
	1	2	3	4	5
Provetta N. 1	0	0	0	26	19
» » 2	0	0	0	0	5

Tenendo conto dei valori elevati delle pressioni e della sottigliezza dello strato in prova si può dedurre che l'influenza della supervibrazione sulla impermeabilità è molto grande e che il calcestruzzo supervibrato in strati di normale spessore (20-25 cm) e nelle condizioni usuali presenta una tenuta perfetta.

Compattezza del calcestruzzo previbrato.

Per le prove fu usato un vibratore del diametro di cm 40 (diametro pistone mm 60, peso kg 54) sospeso al centro del cassero (di dimensioni 70×70) e contrappesato con 10 kg. Venne adoperato il cemento ordinario e fu cercato di condurre le prove in modo da avvicinarsi il più possibile alle reali condizioni d'un cantiere.

L'alimentazione venne regolata in modo da far rimontare il vibratore di un metro in 12 minuti. Rendimento orario circa 2,5 m³.

Questo rendimento orario può raggiungere i 4 m³/ora, naturalmente però, a scapito della compattezza. In una prova, la densità del calcestruzzo risultò di 2,547 e la compattezza 0,856; in una seconda prova si ebbero i valori 2,522 e 0,842; per tener conto però dell'acqua contenuta specialmente negli elementi (aggregati) da 0 a 10 mm si credette opportuno di rettificare questi risultati portando i valori della compattezza a 0,844 e 0,831. Tali valori sono molto elevati perchè è noto che coi procedimenti ordinari si ottiene solo raramente un coefficiente pari a 0,75.

Occorre anche notare che la compattezza fu rigorosamente ricavata col metodo della pesate; se la si fosse valutata misurando semplicemente la quantità d'acqua assorbita, come si fa comunemente, si sarebbero ottenuti coefficienti anche superiori.

Quanto al consumo d'aria compressa si possono riferire i seguenti dati: un vibratore con massa battente di 60 mm alimentato con aria compressa a 5 kg/cm² consuma all'ora 35-4[illegible] m³ misurati alla pressione atmosferica. Per un compressore capace di azionare quattro vibratori la spesa oraria ammonta a circa 25 fr.; essendo il rendimento orario variabile tra 1 e 4 m³ la spesa per m³ di calcestruzzo risulterebbe compresa tra 1,50 e 6,25 franchi francesi.

Volendo stabilire la convenienza economica del procedimento occorre tener conto da una parte delle spese dovute:

1) all'acquisto o al nolo dei vibratori
2) alla maggior quantità di materiale necessario (data l[illegible] maggior compattezza)
3) alla necessità di usare casseri stagni

e dall'altra, invece, occorre mettere in conto le economie realizzate:

1) mediante la riduzione della quantità di cemento necessario o alle minori dimensioni dell'opera permesse dalla più elevata resistenza del conglomerato
2) grazie alla soppressione della mano d'opera per la battitura
3) grazie alla limitazione delle opere di rifinitura, data la levigatezza delle superfici che questo procedimento consente.

L'importanza di questi punti varia da caso a caso e non si posson dare valori assoluti. Sembra però assodato che tenendo conto delle eccezionali qualità del calcestruzzo supervibrato il suo impiego permetta di realizzare delle economie.

C. Ma.

L'INFLUENZA DELL'ALTITUDINE SULLA TENSIONE DI SCARICA NEGLI EQUIPAGGIAMENTI ELETTRICI

World Power, novembre 1930. – S. WHITEHEAD - W. D. OWEN.

I. - *Influenza della densità dell'aria.*

La funzione di scarica fra due elettrodi oppure fra le parti a diverso potenziale di una macchina o di un apparecchio elettrico è, notoriamente, variabile con la densità dell'aria ambiente e precisamente decrescente col decrescere della densità stessa, dato che quest'ultima diminuisce in proporzione diretta della pressione barometrica ed inversa della temperatura assoluta; la variazione ha una notevole importanza per stabilire le norme che devono regolare le prove delle macchine e degli apparecchi in località che non si trovano al livello del mare.

Quando si tratta di sistemi geometricamente simili, la tensione di scarica V è una funzione del prodotto della densità dell'aria δ e del parametro S:

$$V = f(\delta S)$$

Se V e δ sono noti, per determinare la tensione di scarica in corrispondenza della densità δ', è necessario introdurre il fattore di correzione,

$$\lambda = \frac{f(\delta' S)}{f(\delta S)}$$

per ottenere poscia:

$$V' = \lambda V$$

Introducendo nei calcoli il gradiente di scarica si ha:

$$g = \delta f(\delta S)$$

e $V = \mu g$, dove μ è una funzione delle dimensioni geometriche del sistema. Ne consegue che il fattore di correzione diventa:

$$\lambda = \frac{\delta' f(\delta' S)}{\delta f(\delta S)}$$

1. *Campo elettrico uniforme.*

In questo caso l'unico parametro è la distanza S e si ha:

$$V = 1{,}45 + 34\,\delta S$$

dove V è espresso in kV, S in cm, e δ è la densità relativa, ammessa eguale ad 1 la densità alla pressione atmosferica di 760 mm di mercurio ed alla temperatura ambiente di 25° C. Si ottiene:

$$\lambda = \frac{1{,}45 + 34\,\delta S}{1{,}45 + 34\,S} \qquad (6)$$

da cui si ricava la tensione di scarica in corrispondenza della densità relativa δ, nota la tensione stessa a 760 mm e 25° C.

2. *Cilindri concentrici.*

Entro certi limiti di dimensioni del cilindro esterno, il gradiente del potenziale sulla superficie interna dipende soltanto dal raggio a (cm) del cilindro interno. Si ha precisamente:

$$g = 30.5\,\delta \left(1 + \frac{0{,}305}{\sqrt{\delta a}}\right) \text{ kV/cm}$$

e quindi il fattore di correzione diventa:

$$\lambda = \frac{\delta\left(1 + \frac{0{,}305}{\sqrt{\delta a}}\right)}{1 + \frac{0{,}305}{\sqrt{a}}}$$

3. *Fili paralleli.*

Se i due conduttori hanno il raggio a (cm) e la loro distanza δ (cm) che non supera circa 30 volte a, l'unico parametro da cui dipende il gradiente è a. Il gradiente sarà:

$$g = 30\,\delta \left(1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{\delta a}}\right) \text{ kV/cm}$$

ed il fattore di correzione:

$$\lambda = \frac{\delta\left(1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{\delta a}}\right)}{1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{a}}}$$

Quando il rapporto S/a supera 30, g non può più essere espresso da un solo parametro ed il fattore di correzione diventa:

$$\lambda = \frac{\delta\left(1 + \frac{S}{100\,(a\,\delta)^{3/2}}\right)}{1 + \frac{S}{100\,a^{3/2}}}$$

4. *Sfere eguali.*

Con buona approssimazione, quando il rapporto fra la distanza delle sfere ed il raggio a sorpassa un certo limite (0,2÷0,3), il gradiente si può considerare dipendente soltanto dal parametro a:

$$g = 27{,}2\,\delta \left(1 + \frac{0{,}54}{\sqrt{\delta a}}\right) \text{ kV/cm}$$

da cui si ricava

$$\lambda = \frac{\delta\left(1 + \frac{0{,}54}{\sqrt{\delta a}}\right)}{1 + \frac{0{,}54}{\sqrt{a}}}$$

Quando è richiesta una maggiore approssimazione si può porre:

$$g = A\,\delta \left(1 + \frac{\alpha}{\sqrt{\delta a}}\right)$$

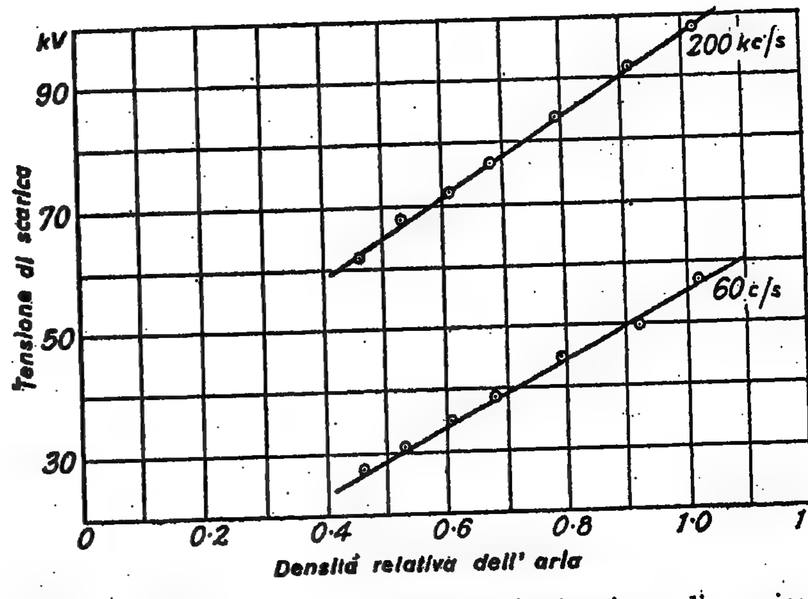


Fig. 1. - Influenza della densità sulla tensione di scarica.

dove A ed α sono funzione dei rapporti fra la distanza ed il raggio delle sfere, determinate, per alcuni casi, dalla « Electrical Research Association ». Si deduce

$$\lambda = \frac{\delta\left(1 + \frac{\alpha}{\sqrt{\delta a}}\right)}{1 + \frac{\alpha}{\sqrt{a}}}$$

5. *Altri casi.*

In molteplici casi non è possibile stabilire formule che esprimano il gradiente oppure il fattore di correzione. Dagli esperimenti eseguiti si è riscontrato che, trattandosi di masse puntiformi od, in generale, di sistemi comportanti linee di flusso

a grande curvatura, la tensione di scarica è approssimativamente, proporzionale alla densità. A parità di densità, si prova che la tensione di scarica dipende da altri fattori come la frequenza, la natura della superficie, ecc. La fig. 1 dimostra come varia la tensione di scarica di un isolatore ad alta tensione, in funzione della densità dell'aria e della frequenza della tensione di prova.

II. - Variazione della densita dell'aria con l'altitudine.

La determinazione del fattore di correzione e della tensione di scarica presuppone nota la densità dell'aria ambiente. Questa è, notoriamente, una funzione dell'altitudine. Se nella località, nella quale la valutazione della tensione di scarica dev'essere effettuata, sono note le letture medie di un termometro t (in gradi C) e di un barometro h (in cm), la densità si può dedurre dalla formula:

$$\delta = \frac{3.92\, h}{273 + t}$$

Quando le misure termometriche e barometriche non sono disponibili la densità δ va calcolata in base a relazioni matematiche fra densità ed altitudine oppure dedotta da curve ricavate da tali relazioni. Queste ultime possono essere ricavate facendo alcune ipotesi sull'equilibrio dell'atmosfera.

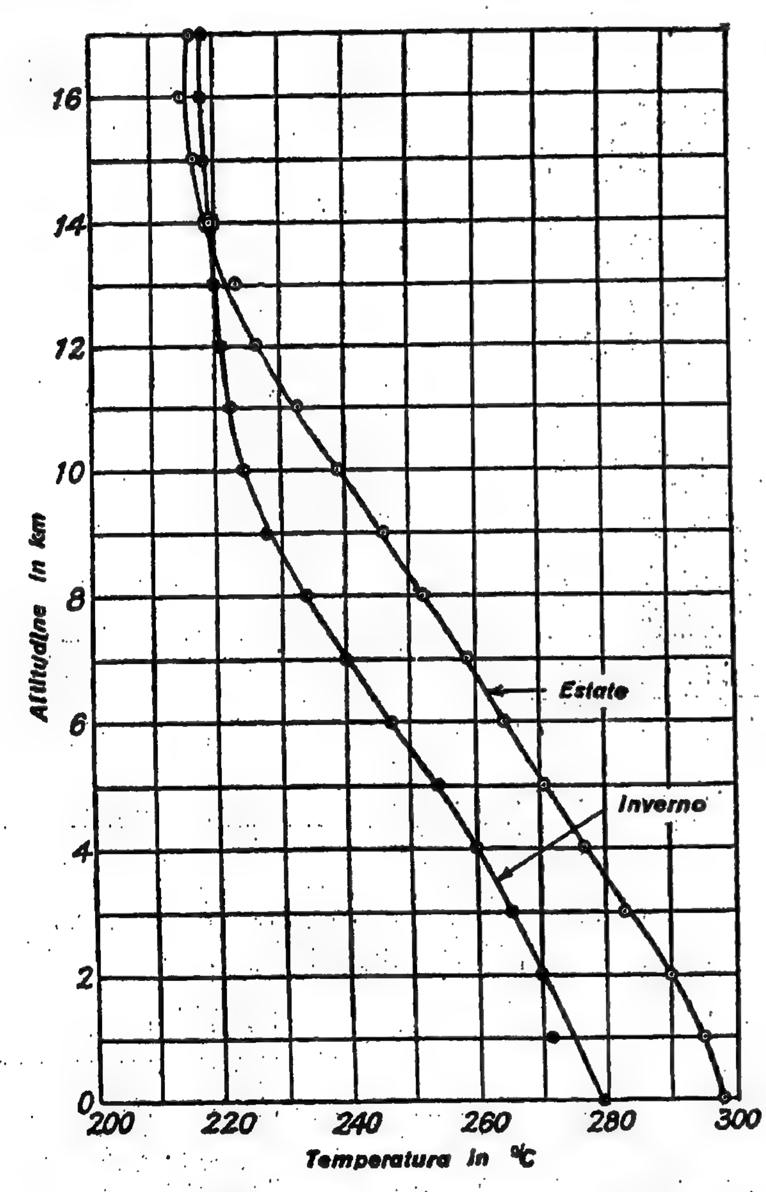


Fig. 2. - Variazione della temperatura dell'aria con l'altitudine (*S. U.*)

1. *Equilibrio isotermico.*

L'equazione dell'equilibrio atmosferico si esprime con:

$$\frac{d\,p}{d\,z} = -\,g\,\rho$$

dove: p = pressione all'altitudine z, ρ densità in unità assolute, g = accelerazione di gravità. Essendo $p = RT\rho$ dove T = temperatura assoluta, l'equazione differenziale sopradetta si può risolvere esprimendo T in funzione di z e di p. Ammettendo T = cost, si ricava:

$$\log \frac{p_0}{p} = \frac{g\,z}{\mathrm{RT}}$$

oppure, per piccole variazioni:

$$z = \frac{R\,T}{g} \cdot \frac{p - p_0}{p_0}$$

La formula così dedotta non dà risultati esatti perchè l'ipotesi della temperatura costante non corrisponde alla realtà (fig. 2).

2. *Equilibrio adiabatico.*

Ammettendo che non ci siano perdite di calore, l'equazione di equilibrio diventa:

$$\frac{d\,T}{d\,z} = -\,\frac{g}{J\,C_p} = 0{,}00986$$

dove J = equivalente meccanico del calore, C_p = calore specifico a pressione costante. L'integrazione dell'equazione dà:

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \left(1 - \frac{g}{J\,C_p} \cdot \frac{Z}{T_0}\right)^{\gamma-1} = \left(1 - \frac{9.86\,Z}{T'}\right)^{2{,}44}$$

dove Z = altezza in km e γ = rapporto fra i calori specifici = 1,41. L'equilibrio adiabatico presuppone, come risulta da quanto sopra, che il salto di temperatura sia costante ed eguale a circa 10° C per km, mentre l'equilibrio isotermico presuppone che tale salto sia nullo. In realtà, come dimostra la fig. 2, il salto reale, non costante con l'altitudine, è compreso fra i due.

Si può concludere che la teoria matematica non può condurre a risultati esatti e che valori di applicazione pratica non si possono dedurre che ricorrendo a coefficienti di correzione empirici.

3. *Le formule di Babinet,*

Ammesso che sia Z = altezza in km, t = temperatura a quota Z in gradi C, t_0 = temperatura al livello del mare, p = pressione a quota Z e p_0 = pressione al livello del mare, la formula di Babinet si può scrivere:

$$Z = 16\left(1 + \frac{t + t_0}{500}\right)\frac{p_0 - p}{p_0 + h}$$

Questa formula dà risultati approssimati soltanto per le elevate altitudini e non è di uso pratico. Infatti se è nota la temperatura media alla stazione è nota generalmente anche la pressione ed allora la formula non è necessaria. Se mancano le indicazioni di t e di p è necessario scegliere t per tentativi ed è possibile introdurre cause di errore che falsano i risultati.

4. *Salto di temperatura costante.*

Supposto che lo sbalzo di temperatura sia costante ed eguale a β, si ha $T = T_0 - \beta\,Z$, da cui si ricava:

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{T - \beta^1\,Z}{T_0}\right)^{\frac{g}{R\,\beta}}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left(\frac{T_0 - \beta\,Z}{T_0}\right)^{\frac{g}{R\,\beta} - 1}$$

Posto ad es. β = 6°,5 C, si ottiene:

$$\frac{p}{p_0} = \left(1 - \frac{Z}{0{,}15385\,T_0}\right)^{5.26}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left(1 - \frac{Z}{0{,}15385\,T_0}\right)^{4.26}$$

5. *Formula balistica.*

Accurate osservazioni hanno dimostrato che al disopra di 7600 m circa, si può esprimere $\frac{\rho}{\rho_0}$ in funzione di Z con le formule:

$$\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) = 10^{-0{,}0462\,Z}$$

dove Z = altezza in km.

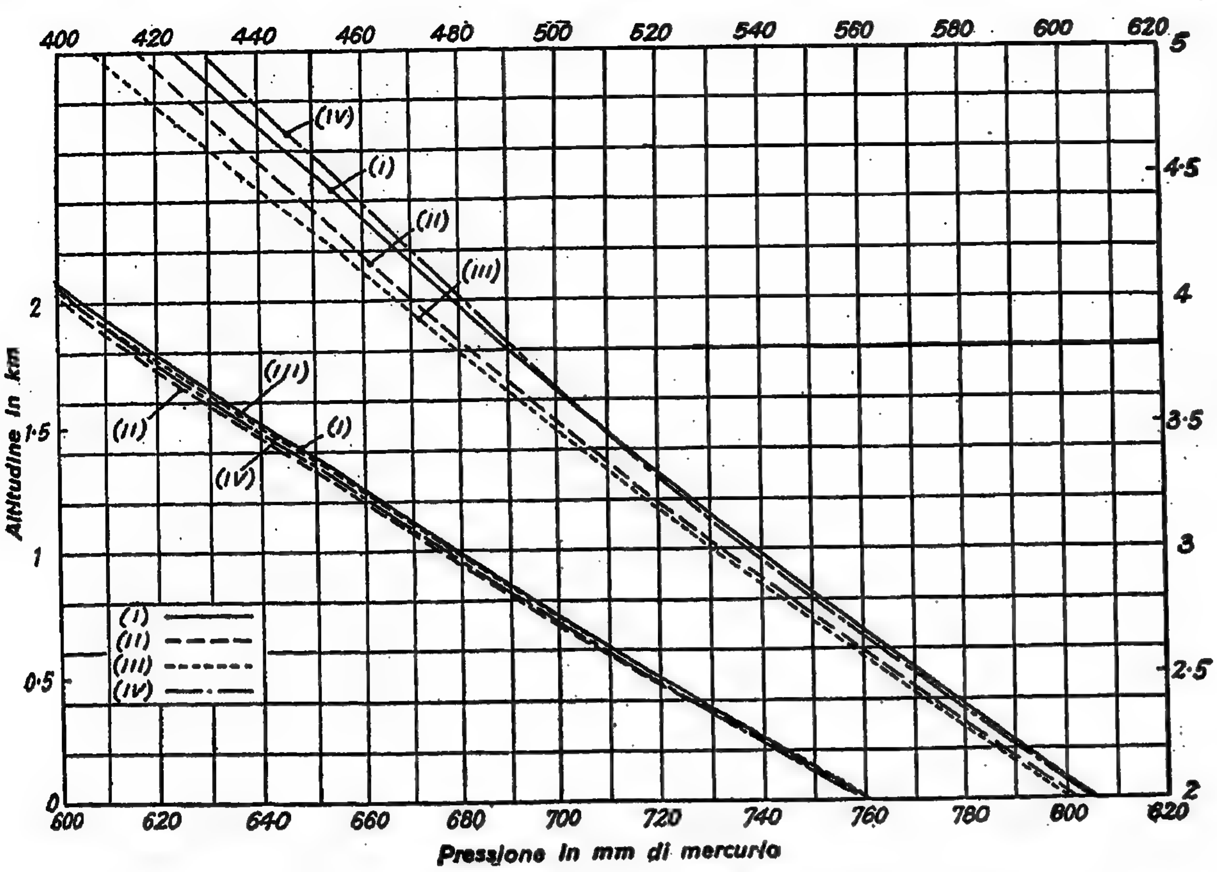


Fig 3. - Variazione della pressione con l'altitudine secondo varie formule.

Le curve in alto sono valide per altitudini da 2 a 5 km.
Le curve in basso sono valide per altitudini da 0 a 2 km.

(I) Formula di Babinet, temperatura costante di 25° C
(II) Sbalzo di temperatura costante ed uguale a 6°,5 C/km
(III) Formula di Babinet, nell'ipotesi di sbalzo costante ed eguale a 6,°5 C/km
(IV) Tabella di Peek: Dielectric Phenomena, p. 94.

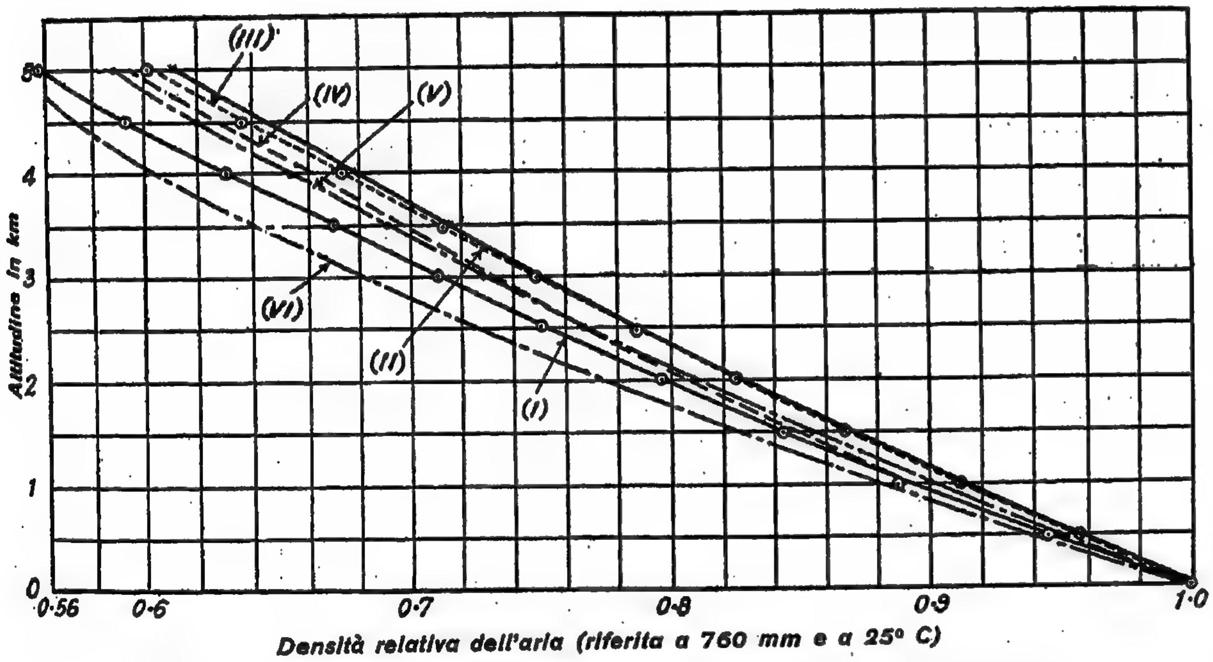


Fig. 4. - Variazione della densità relativa dell'aria con l'altitudine.

Altezza z, in km
Pressione p, in mm

Curva (I) $\delta = \frac{0.392\,p}{273+t}$, dove p è ricavato dalla fig. 3 (*I*) con $t = 25°$ C

Curva (II) $\delta = \left(1 - \frac{z}{0.15385.298}\right)^{4,26}$

Curva (III) $\delta = \frac{0.392}{273+t}$, dove p è ricavato dalla fig. 3 (*III*) $t = 25° - 6,5\,z$

Curva (IV) G. E. C. Review, Nov. 1922, pag. 684

Curva (V) $\delta = 10^{-0,0462\,z}$ (z = altezza in km)

Curva (VI) Peek: Dielectric Phenomena, p. 115, fig. 11.

6. *Discussione e conclusione.*

Le curve della fig. 3 danno i valori della pressione dell'aria in funzione dell'altitudine, dedotti dalle formule sopra riportate, e dimostrano in quale misura concordano fra di loro i risultati trovati con le diverse formule. Le curve della fig. 4 danno invece i valori della densità relativa dell'aria in funzione dell'altitudine.

Non sono state riportate le curve deducibili nella supposizione dell'equilibrio isotermico od adiabatico perchè danno risultati poco approssimati. La curva dedotta dalla formula di Babinet è valevole nell'ipotesi di temperatura costante ed eguale a 25°, è stata calcolata quindi, partendo da una ipotesi che non corrisponde alla realtà. La curva (*IV*) è stata ricavata da una tabella di Peek nella quale la densità δ è valutata senza far alcuna ipotesi sulla temperatura. La curva (*VI*) della fig. 4 è stata dedotta dalla tabella anzidetta nell'ipotesi della temperatura eguale a 25° C. La formula balistica, dalla quale è stata ricavata la curva (*V*) della fig. 4, presenta il grande vantaggio di permettere l'immediata determinazione delle densità in funzione dell'altezza e del valore della densità al livello del mare. Quest'ultima densità non concorda, in generale, col valore che si ha a 25° C ed alla pressione di 760 mm di mercurio. Siccome però la pressione e la temperatura al livello del mare subiscono delle variazioni stagionali e topografiche, è opportuno assumere la densità eguale ad 1 in corrispondenza della pressione e temperatura anzidette e ricavare, poscia, la densità relativa dalla formula balistica introducendo un fattore di correzione. Ammesso ad es. che la temperatura al livello del mare sia di 14°, la formula balistica può scriversi:

$$\delta = 1{,}033 \cdot 10^{-0{,}0462\,h}$$

L'A. conclude facendo rilevare che, in generale, le formule per il calcolo della densità relativa, dalle quali dipende poi il calcolo della tensione di scarica, non sono prive di punti deboli, ma che, tuttavia, è possibile trovare caso per caso i fattori correttivi che permettono di ottenere risultati che corrispondono alla realtà.

d. m.

CONDENSATORI STATICI COME COMPENSATORI DI FASE

Bollettino dell'A.E.S., N. 20 del 22 ottobre 1930, – A. Imhof.

L'A. riferisce sulla costruzione e sull'uso dei condensatori statici per la compensazione della potenza reattiva. Un condensatore è costituito, come è noto, da due superfici conduttrici divise da un dielettrico; la capacità è proporzionale alla superficie di questo e alla sua costante dielettrica ed è inversamente proporzionale al suo spessore. I condensatori sono divenuti economicamente realizzabili da quando si è potuto trovare un materiale isolante che si possa preparare in fogli sottili e di spessore uniforme e che presenti nello stesso tempo un'elevata rigidità dielettrica. Come isolanti nella costruzione dei condensatori si adoperano in generale speciali qualità di carta impregnata, le quali presentano nello spessore di un decimillimetro una rigidità dielettrica fino a 2500 kV/cm.

I condensatori statici vengono costituiti da batterie comprendenti un numero variabile di elementi. L'A. illustra alcuni tipi di condensatori con dielettrico costituito da alcuni strati di carta speciale impregnata con olio puro. I singoli elementi sono di forma cilindrica e sono contenuti in recipienti di lamiera ripieni d'olio, i quali, dopo accurata estrazione dell'aria, vengono chiusi ermeticamente.

Vengono poi descritti alcuni impianti eseguiti: per primo l'A. ricorda quello di una tessitura meccanica di seta a Winterthur. In seguito alla crescente diffusione dei comandi singoli nei telai con motorini da 0,3 a 0,6 kW, il fattore di potenza dell'impianto si era ridotto a circa 0,6 e di conseguenza il trasformatore che riduceva la tensione da 3000 a 500 V risultava sovraccaricato. La compensazione fu fatta con batterie di condensatori suddivise per ogni gruppo di telai comprendente da 22 a 44 unità. In tutto furono installate sette batterie di condensatori statici posti su mensole e ogni batteria fu provvista di interruttore a mano (v. fig. 1). Dopo che il gruppo viene disinserito, viene scaricato a terra attraverso due resistenze per escludere ogni pericolo di contatto. La potenza capacitiva di tutto l'impianto è di 55 kW reattivi. In tal modo l'intensità

di corrente assorbita dal trasformatore scese da 240 a 165 A.

L'A. passa poi a descrivere l'impianto di una fonderia di Berna: quivi la tensione di esercizio era solo di 200 V, di guisa che la compensazione statica diretta sarebbe riuscita

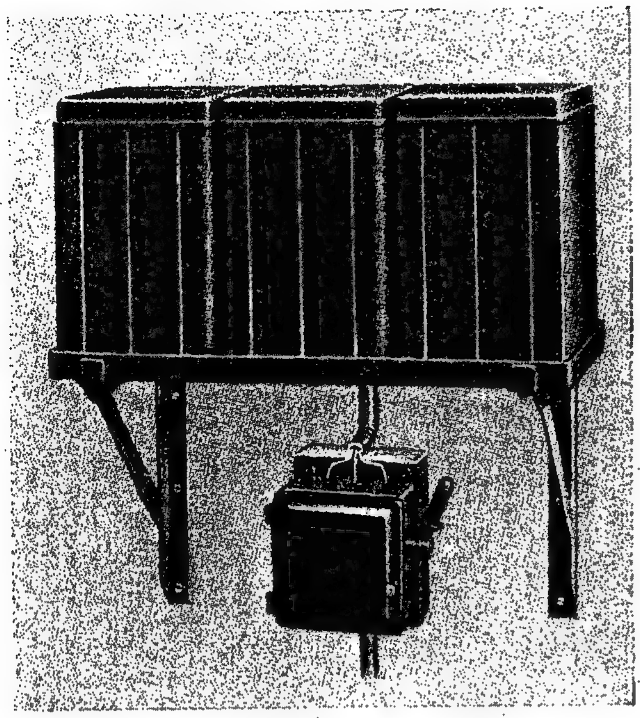


Fig. 1. - Batterie di condensatori su mensole.

troppo cara: fu allora anteposto alla batteria di condensatori un trasformatore 200/500 V. La potenza capacitiva complessiva installata è di 125 kW reattivi suddivisa in tre gruppi.

Nel Cantone di Zurigo fu eseguito l'impianto di Dietikon delle Elektrizitätswerke (E.K.Z.). Ivi fu impiantata una sottostazione di compensazione di 1000 kW reattivi. Per l'impianto di compensazione la tensione viene abbassata da 8000 a 600 V. Gli elementi delle batterie di condensatori sono costruiti ciascuno per circa 10,5 kW reattivi, di guisa che una batteria di 12 elementi ha una potenza reattiva di 125 kW. Le batterie sono a due a due connesse a un trasformatore per mezzo di interruttori in olio: questi posseggono una resistenza di inserzione di 1,5 ohm e una resistenza di scarica per quando la batteria viene staccata.

Un altro impianto del genere per la stessa impresa elettrica del Cantone di Zurigo è stato eseguito a Grüningen: anche questo impianto ha lo scopo di migliorare il fattore di potenza per la regione circostante: qui furono adottate incastellature, costituite ciascuna di quattro elementi da 25 kW cadauno: la batteria di condensatori da 1000 kW è divisa in due parti.

Particolare interesse presenta un impianto eseguito per l'India con una potenza complessiva di 1000 kW reattivi. I condensatori sono monofasi (fig. 2) e hanno una potenza reattiva di 17 kW ciascuno; vengono collegati a stella alle sbarre e riuniti a sei a sei in una incastellatura di ferro (fig. 3). I 60 condensatori furono ordinati in due serie poste una sopra l'altra.

Il carattere statico di questi impianti, il conseguente risparmio di spese di sorveglianza e la grande sicurezza di funzionamento fanno di questi apparecchi il mezzo ideale per il miglioramento del cos φ. Tuttavia vi sono alcuni elementi che possono sconsigliare l'adozione dei condensatori.

Campo incontrastato è quello delle piccole potenze, perchè in tal caso essi sono più economici dei condensatori rotanti. Perciò fino a 1000 kW si possono senz'altro ritenere convenienti gli impianti con condensatori statici. Come tensioni sono preferibili quelle oltre 500 V, perchè consentono un buon sfruttamento del dielettrico. Però, oltre alcune migliaia di V, cessa la convenienza economica.

Per basse tensioni, inferiori a 350 V, occorre inserire un trasformatore prima della batteria di condensatori.

L'A. fa poi un confronto fra la spesa d'installazione e d'esercizio di impianti di condensatori sincroni e di condensatori statici. Come premessa viene supposto che il prezzo del kWh reattivo sia di L. 0,035, essendo il prezzo del kWh di L. 0,18.

Il numero delle ore di funzionamento al mese, durante le quali l'impianto di compensazione lavora a pieno carico, sia di 250 ore.

I prezzi per impianto da 220 kW reattivi sono:

Condensatore sincrono e relativi accessori ...	L.	50.000 circa
Condensatori statici » » » ...	»	36.500 »

E per impianto da 1200 kW reattivi:

Condensatore sincrono e relativi accessori ...	L.	110.500 circa
Condensatori statici » » » ...	»	185.000 »
Interesse e ammortamento	»	15 %

PERDITE:

Condensatore sincrono	da 220 kW:	15	kW
» »	» 1200 » :	50	»
Condensatori statici	» 220 » :	0,77	»
» »	» 1200 » :	4,2	»

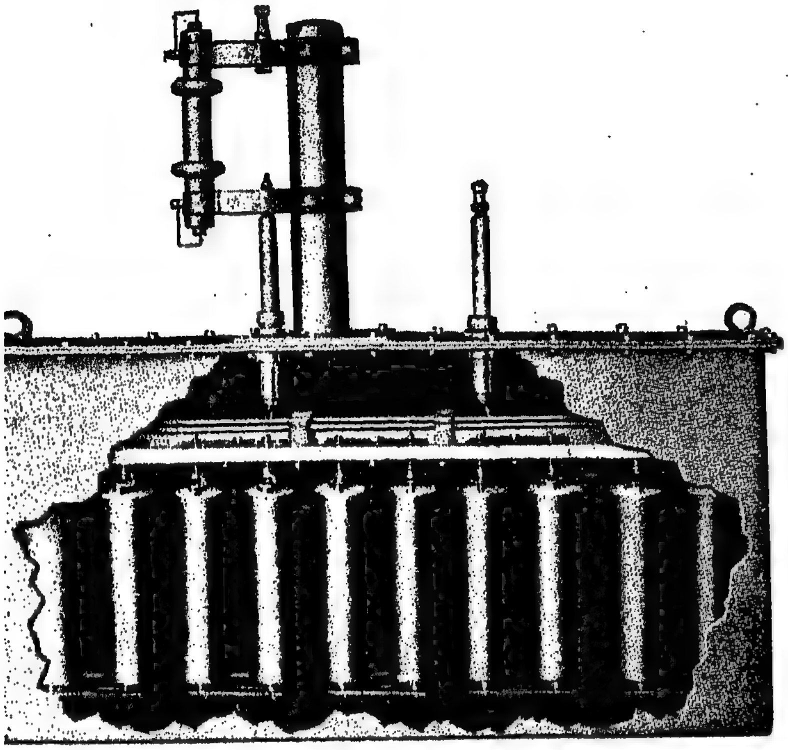
CONFRONTO FRA LE SPESE D'IMPIANTO E DI ESERCIZIO DI UN ANNO

	Spese	Entrate
Impianto con sincrono da 220 kW.		
Interesse e ammortam.: 0,15 × 50.000 L.	7,500,—	
Perdite nel sincrono in un trimestre: 3 × 250 × 15 × 0,18 = L. 2025, le quali in un anno col 5 % di interesse composto dànno .... L.	8,252,90	
Risparmio trimestrale di energia reattiva: 3 × 250 × 220 × 0,035 = L. 5775, le quali in un anno col 5 % di interesse composto dànno .... L.		23,536,05
Totali L.	15,752,90	23,536,05
Avanzo annuo L.		7,783,15
Impianto con sincrono da 1200 kW.		
Interesse e ammortamento: 0,15 × L. 110.000 = ... L.	16,500,—	
Perdite nel sincrono per trimestre: 3 × 250 × 50 × 0,18 = L. 6750, che in un anno col 5 % d'interesse composto dànno L.	27,509,65	
Risparmio trimestrale in energia reattiva: 3 × 250 × 1200 × 0,035 = L. 31.500, che in un anno col 5 % d'interesse composto dànno .... L.		128,378,25
Totali L.	44,009,65	128,378,25
Avanzo annuo L.		84,368,60

	Spese	Entrate
Impianto con condensatori statici da 220 kW.		
Interesse e ammortamento: 0,15 × 36.500 .... L.	5,475,—	
Perdite nel condensatore in un anno: 3 × 250 × 0,77 × 0,18 = L. 103,95, che in un anno col 5 % di interesse composto dànno .... L.	423,65	
Risparmio trimestrale di energia reattiva: 3 × 250 × 220 × 0,035 = L. 5775, che al 5 % di interesse composto dànno L.		23,536,05
Totali L.	5,898,65	23,536,05
Avanzo annuo L.		17,637,40
Impianto con condensatori statici da 1200 kW.		
Interesse e ammortamento: 0, 15 × L. 185.000.............. L.	27,750,—	
Perdite al trimestre: 3 × 250 × 4,2 × 0,18 = L. 567: in un anno col 5 % d'interesse composto ...... L.	2,310,80	
Risparmio trimestrale in energia reattiva: 3 × 250 × 1200 × 0,035 × L.31.500: in un anno col 5 % d'interesse composto.. L.		128,378,25
Totali L.	30.060,80	128,378,25
Avanzo annuo L.		98,317,45

tabella si vede che anche oltre 1000 kW può essere con-
: l'adozione dei condensatori statici.
;lioramento nelle qualità del dielettrico usato ha con-
di ridurre notevolmente l'ingombro delle batterie di
atori di guisa che sotto questo riguardo l'adozione di
ı offre alcun ostacolo. Con ulteriori miglioramenti nei
ci può ritenersi che si potranno realizzare altre ridu-
dimensioni in questi impianti. Bisogna però tener conto
egli accessori, che sono limitati e assai semplici per i
massima che disinseriscono i condensatori in caso di corti circuiti.

Per impianti con compensazione singola, cioè quando per ogni motore è inserito in parallelo il suo condensatore, è opportuno di collegare il condensatore direttamente ai morsetti del motore e di usare lo stesso interruttore del motore per l'inserzione del condensatore. Quando si installino numerosi condensatori si può curarne la protezione anche con fusibili. È noto peraltro che i condensatori staccati dalla rete restano per lungo



- Condensatori per alta tensione con protezione, (17 kWr, 3400 V, 50 periodi).

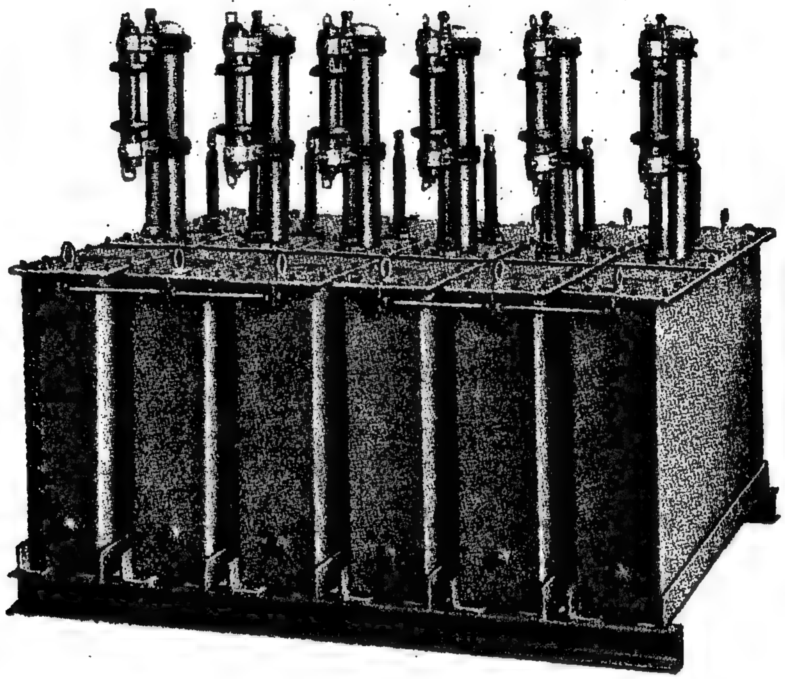


Fig. 3. - Batteria di condensatori per alta tensione con protezione, (100 kWr, 5800 V di tensione tra le fasi 50 per).

satori statici. Si è già visto che per basse tensioni si
ıo degli autotrasformatori per elevare la tensione a
fino a 750 V: generalmente si adotta la tensione di
Circa gli interruttori, l'esperienza ha consentito di
e che per l'inserzione di piccole potenze reattive si pos-
sare i soliti interruttori in aria per motori: la corrente
zione è per altro assai elevata e può raggiungere il quin-
lella corrente normale: la sua durata è però molto breve.
otezione contro le sovracorrenti si usano interruttori a

tempo carichi e sono ancora pericolosi se vengono toccati. Si devono perciò combinare gli interruttori con resistenze in modo che i condensatori, quando vengono disinseriti, in pochi secondi possano scaricarsi attraverso le resistenze. Spesso queste vengono costruite nell'interno stesso dei condensatori. Naturalmente per grossi impianti si devono aggiungere anche strumenti di misura per determinare l'intensità di corrente nelle diverse fasi e per controllare la tensione.

T. S.

RASSEGNA TECNICA

a) COSTRUZIONE DI UNA DIGA GETTATA VERTICALMENTE E POSTA IN OPERA ROVESCIANDOLA A MEZZO DI UNA ESPLOSIONE

Civil Engeneering, dicembre 1930. – C. P. DUNN.

L'Alcoa Power Co. Ltd., sussidiaria della Alluminum Co. of America ha costruito recentemente un impianto idroelettrico di 200.000 kW di potenza sul fiume Seguaney (Quebec) seguendo un originale ed ardito procedimento per la erezione della diga, procedimento che ha permesso di evitare la costruzione delle opere accessorie occorrenti per deviare la corrente impetuosa del corso d'acqua.

La fig. 1 da la planimetria generale dell'Impianto: si vede chiaramente come il canale di derivazione si stacchi sulla riva destra del fiume e prosegua poi, a valle della centrale, nel canale di scarico. Esso è governato da due paratoie Stoney di circa m 6 × 12 bilanciate da due contrapesi di 100 tonnellate e azionate elettricamente. Sulla cresta della diga tracimabile che sbarra il fiume, esiste invece un sistema di paratoie asportabili a panconcelli manovrati a mezzo di una gru mobile su rotaie, montate su cavalletti. La gru ha pure servito durante la costruzione dell'impianto per il trasporto dei vari materiali necessari alla erezione della diga di sbarramento.

Dal punto di vista economico non risultò conveniente prevedere il canale di derivazione per la massima portata del fiume, che si aggira sui 5000 m³/sec e neppure per quella media autunnale di 2800 m³/sec. Il programma d'esercizio prevede una utilizzazione di m³/sec 1400; per un aumento di portata si cominceranno quindi a togliere i panconcelli onde permettere lo scarico dell'acqua eccedente. Se poi la portata superasse i 2800 m³/sec allora i cavalletti e le intelaiature dei panconcelli correrebbero il rischio di essere asportati dalla piena. Questo inconveniente, previsto, ha una probabilità del 30 % di avverarsi; tuttavia ragioni economiche hanno consigliato di sottoporsi a tale rischio anzichè ricorrere a costruzioni di maggior affidamento, ma assai più costose.

È bene notare che a monte dell'impianto in questione esiste quello di Ile Maligne, che in parte regola la portata e che permette quindi di migliorare le condizioni di sfruttamento del fiume.

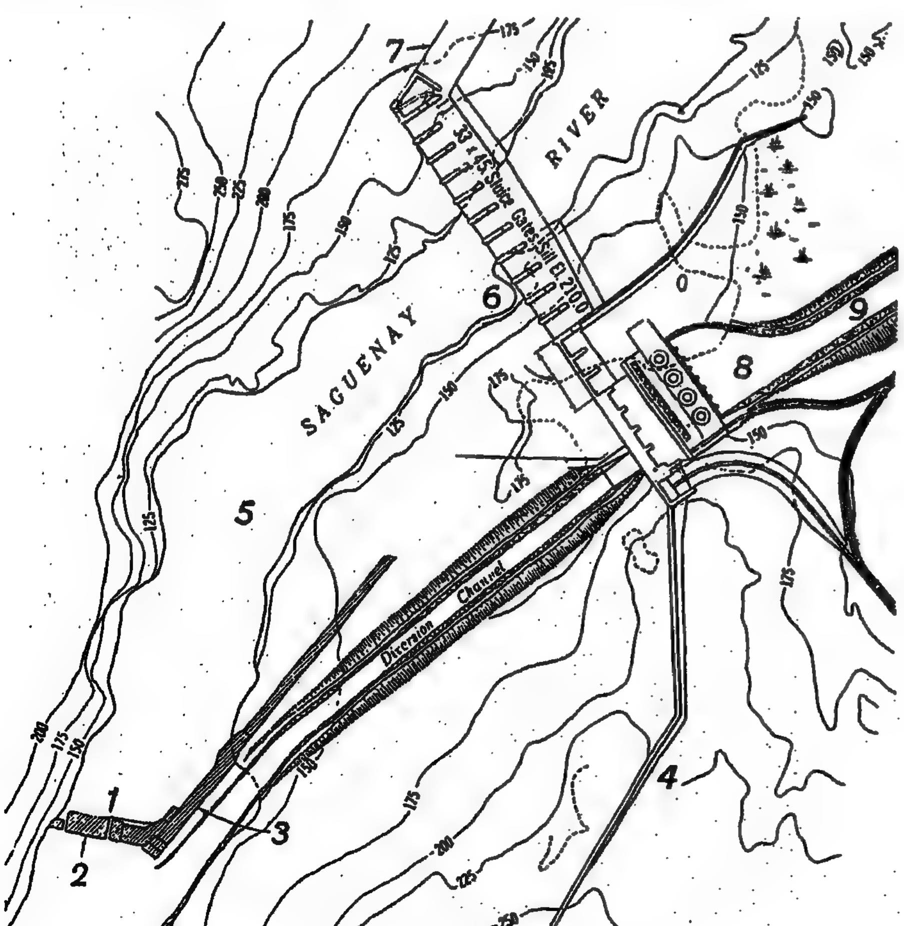
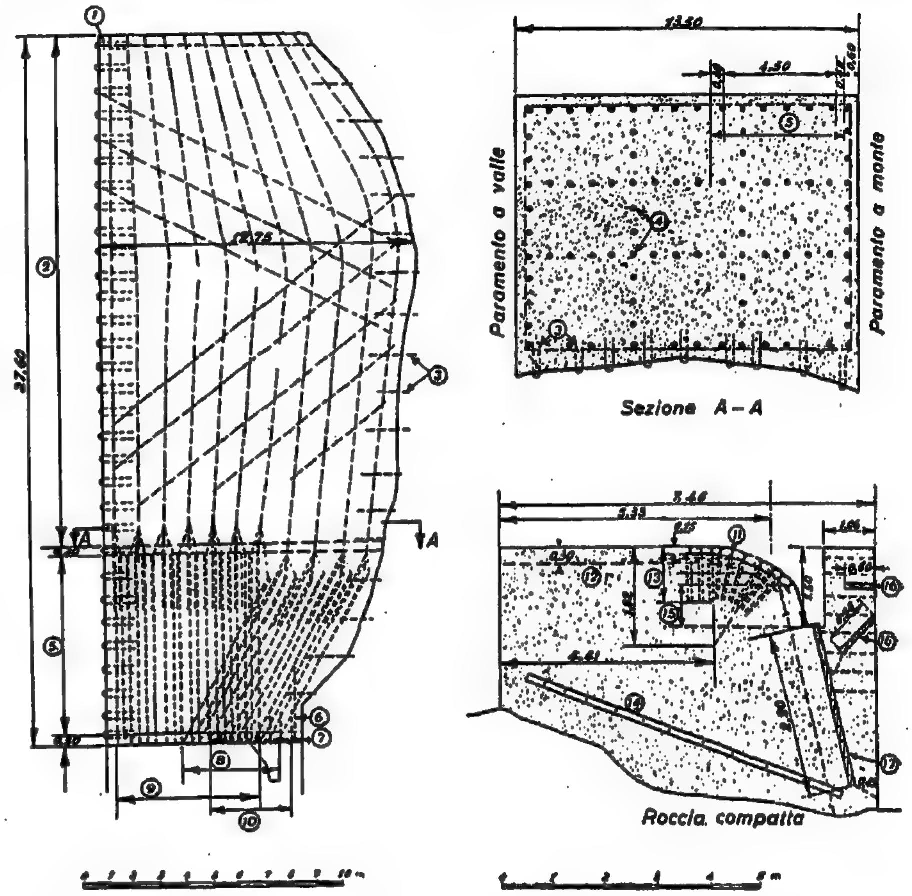


Fig. 1. Planimetria dell' Impianto.

1) Diga obelisco. - 2) Posizione finale. - 3) Diga tracimabile sormontata da paratoia e panconcelli. - 4) Diga a gravità non tracimabile. - 5) Pelo acqua normale (238,00). - 6) Sbarramento non tracimabile. - 7) Sfioratore lungo m 180 (243,00) - 8) Pelo acqua normale a valle. - 9) Scarico.



Alzato verso monte — Sezione attraverso le fondazioni

Fig. 2.

1) Ferri a sezione quadra di 1" ripiegato a cappio per amarrare i trespoli dei panconcelli. - 2) 60 cavi metallici di fasciatura a 30 cm di distanza reciproca. - 3) ferri quadri ripiegati o cavi a m 1.50 di distanza reciproca. 4) - Cavi di irrigidimento. - 5) 17 cavi di fasciatura a 45 cm di distanza reciproca. - 6) Sbarre quadre di 1½" a 30 cm. di distanza fra le mezzarie. - 7) Rotaie dell'85. - 8) Sbarre quadre di 1½" a 30 cm di distanza fra le mezzarie. - 9) Idem verticali - 10) Sbarre quadre di 1" a 23 cm di interasse, per l'ancoraggio delle rotaie - 11) Rotaie dell'85 e della lunghezza di m 13,70. - 12) 30 sbarre quadre di 1". - 13) 270 ferri piegati a cappio. - 14) vecchie rotaie lunghe 7 m a 75 cm di distanza reciproca e incrociate da ferri quadri di 1" ogni 60 cm. - 15) Sbarre quadre 1" ogni 25 cm. - 16) 16 fori a 90 cm di interasse - 17) 29 fori a 50 cm di interasse.

Per quanto concerne la parte costruttiva dell'impianto, si è cominciato a gettare la diga di derivazione fiancheggiante il canale di presa più avanti che si è potuto verso l'interno del fiume stesso cogli ordinari metodi costruttivi, lasciando per ultimo uno stretto passaggio alla corrente che in quel punto assumeva una velocità notevole. Lo sbarramento di questo tratto terminale è avvenuto con un metodo quanto mai nuovo e arrischiato. Si trattò in complesso di cosrruire la diga verticalmente a forma di obelisco in modo che una volta abbattuta essa andasse esattamente ad adagiarsi al letto del fiume.

La diga venne così ad essere eretta su di un blocco di fondazione fiancheggiato da uno zoccolo laterale portante parte del peso e destinato ad essere demolito al momento opportuno a mezzo di esplosione.

Mancando tale zoccolo, la diga costruita verticalmente veniva a perdere l'equilibrio e a rotolare su una faccia cilindrica predisposta sul blocco di fondazione per adagiarsi nella sua sede definitiva. Questa aveva una lunghezza di circa 33 m, una profondità di 6,90 m ed era sommersa in una corrente avente una velocità di circa 6 m/sec.

La diga in costruzione è visibile nella fig. 5 mentre nella fig. 2 sono riportati alcuni disegni di dettaglio della medesima.

Per la buona riuscita di questo ardito procedimento si cominciò a rilevare accuratamente il fondo del fiume nel punto ove doveva avvenire lo sbarramento e tale rilievo fu poi ripetuto come un calco sulla parte dell'obelisco destinata ad adagiarsi sul fondo stesso.

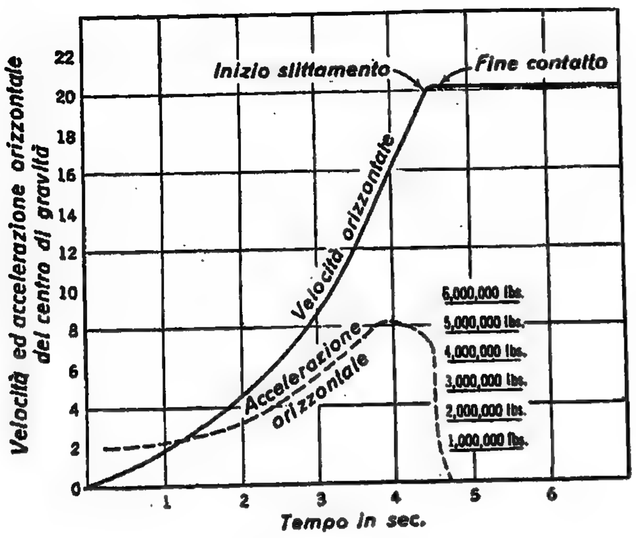


Fig 3.

La diga, a costruzione ultimata e nella sua posizione definitiva, risultò lunga 27,60 m, larga 13,50 m, alta 12 m e del peso di 10.900 tonnellate. Ad abbattimento avvenuto si constatò che l'obelisco potè combaciare assai bene col fondo del fiume garantendo così una buona tenuta. La superficie superiore della diga non presentò che un massimo dislivello di cm 60 dovuto a inesatto assestamento.

Per la determinazione precisa del modo come l'obelisco si sarebbe rovesciato, si tenne conto del coefficiente di attrito tra la superficie cilindrica sulla quale l'estremo inferiore dell'obelisco sarebbe rotolato e la base dell'obelisco stesso nonchè dell'azione dello strato d'acqua fungente da cuscinetto, Si fece inoltre l'ipotesi che l'obelisco dovesse spostarne momentaneamente durante la caduta, circa una volta e mezza il suo volume; si trascurò invece l'azione frenante dell'aria.

Furono a buon conto preordinate numerose esperienze accuratissime su modelle che convalidarono le ipotesi addottate e diedero una certa tranquillità all'esecuzione del procedimento.

L'obelisco fu poi costruito in modo che durante la caduta esso toccasse il fondo da prima coll'estremo inferiore e per ultimo con quella superiore. In tale modo si evitò il pericolo di una eventuale sollecitazione perniciosa che potesse incrinare il manufatto. Inoltre per evitare l'adesione del calcestruzzo dell'obelisco con quello del blocco di fondazione, si spalmò la superficie superiore di quest'ultimo con vernice di bitume, lasciando scoperto una striscia di circa 60 cm in vicinanza dello smusso destinato a far rotolare l'obelisco stesso e ciò allo scopo di concentrare ivi buona parte del peso della costruzione.

Lo smusso cilindrico del blocco di fondazione destinato a sopportare il rotolamento della diga fu naturalmente armato con abbondanza di ferri come pure la corrispondente parte della base dell'obelisco stesso (fig. 4).

Nel grafico della fig. 3, si sono riportati i dati di calcolo relativi alla velocità di caduta e all'accelerazione corrispondente, durante il rovesciamento dell'obelisco. Diagrammi del genere furono stabiliti pure per determinare tutte le altre incognite necessarie a lumeggiare esaurientemente l'andamento della caduta ed a permettere di conseguenza di ricorrere ai provvedimenti necessari al buon esito del lavoro.



Fig. 4. - Spigolo della fondazione dell'obelisco rinforzato con rotaie e cappi in ferro.

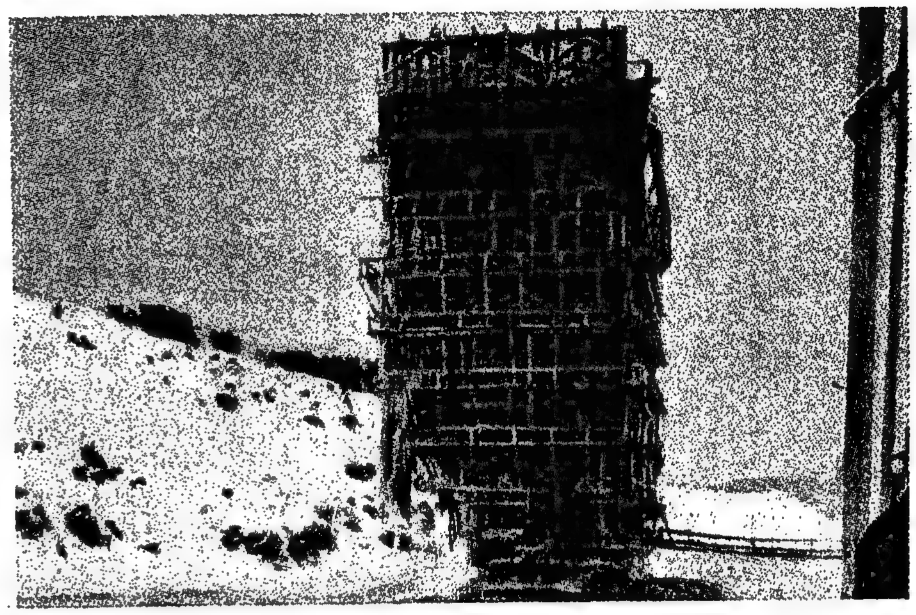


Fig. 5. - Obelisco in costruzione.

Temendosi delle fessurazioni e magari delle fratture della massa della diga durante la caduta, l'intero corpo fu abbondantemente armato con spezzoni di vecchie funi di acciaio tese sia in senso orizzontale che trasversale e ciò per garantire la massima compattezza del calcestruzzo. La esperienza ha dimostrato che la diga era probabilmente armata in eccesso dato che non si è prodotta nessuna fessurazione benchè minima.



Fig. 6. - Messa in posto della diga mediante esplosione.

È interessante notare che la gettata fu eseguita con temperature particolarmente rigide (20-30 gradi sotto zero) per sfruttare il periodo di magra del fiume, e che pertanto si dovette ricorrere a provvedimenti speciali per evitare il congelamento della massa. Tra i casseri e il calcestruzzo furono praticate delle intercapedini con legname e cartone catramato entro le quali si facevano passare dei getti di vapori atti ad impedire il congelamento delle gettate. Esperienze di cantiere mostrarono su provini prelevati da varie parti della struttura i seguenti dati di resistenza alla compressione dopo 28 giorni di stagionatura.

Per il blocco di fondazione	240	kg/cm^2
Per lo zoccolo da abbattersi mediante esplosione	265	»
Per i primi 3 m inferiori dell'obelisco	202	»
Per la rimanenza dell'obelisco	168	»

Affinchè l'abbattimento dell'obelisco avesse a prodursi senza difficoltà fu previsto che il centro di gravità si trovasse a circa

m 1,65 verso l'esterno della tangente inferiore al bordo arrotondato dello zoccolo. L'obelisco stesso era tenuto in bilico dallo zoccolo ausiliario di circa 1,70 m di spessore su cui gravava un terzo del peso dell'intera costruzione.

La carica adottata per l'abbattimento dello zoccolo fu eseguita in due tempi: anzitutto si trattava di frantumare la base dello zoccolo affinchè non avessero a formarsi dei grossi blocchi atti ad ostacolare la regolare caduta del monolito ed in secondo luogo si trattava di asportare tutto l'appoggio per far cadere la diga. La prima esplosione asportò infatti la parte *EFGHK* (fig. 2) con un consumo di circa 80 kg di gelatina esplosiva distribuita in 61 fori predisposti nel calcestruzzo a mezzo tubi. La seconda richiese un consumo di di 450 kg. di esplosivo di cui il 60% era costituito da polvere e tale carica raggiunse l'effetto sperato (fig. 6). Per ottenere un sufficiente cuscinetto d'acqua atto a proteggere la caduta del monolito furono opportunamente aperte le paratoie dell'Impianto superiore di Ile Maligne fino a creare un flusso della profondità di 8,40 m di acqua. Ad ogni modo la caduta avvenne in modo graduale e dolcissimo tanto che la diga non presentò traccia di fratture. Ad operazione avvenuta non rimase che da eseguire la chiusura alle estremità del blocco contro la rimanente parte della diga tracimabile e di assicurarne la impermeabilità sul fondo mediante addossamento di ghiaia, sabbia e argilla sulla parte a monte dell'obelisco adagiato.

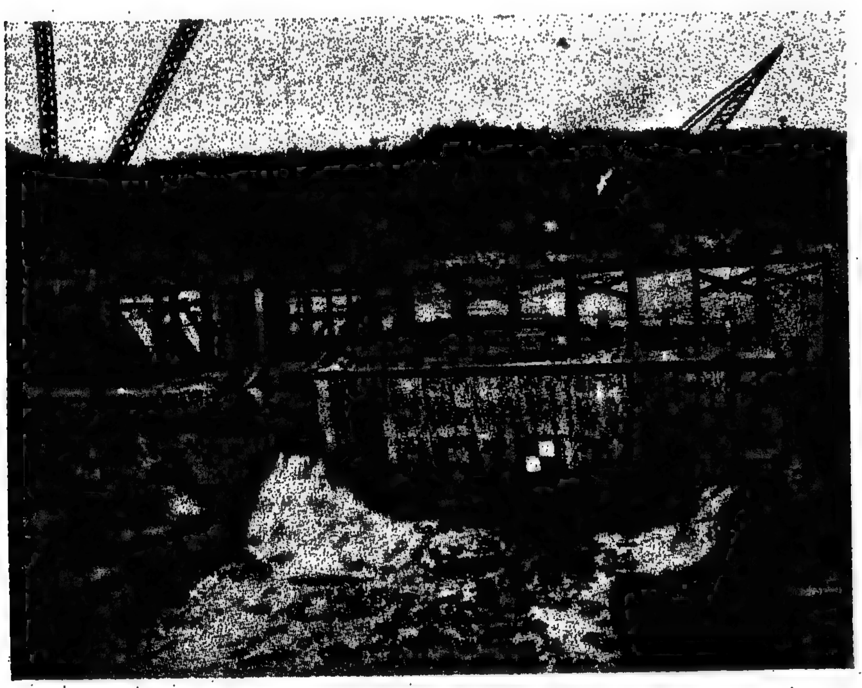


Fig. 7. - L'obelisco nella sua posizione definitiva.

G. R. M.

---

b) **NUOVO METODO PER L'ANALISI SPERIMENTALE DEGLI SFORZI IN STRUTTURE RETICOLARI**

Civili Engineering, dicembre 1930. – A. H. Bull.

L'analisi teorica degli sforzi che si sviluppano in una struttura reticolare iperstatica può essere integrata sperimentalmente con

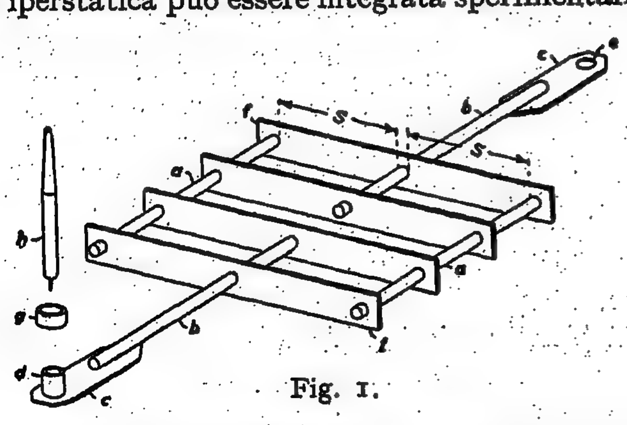


Fig. 1.

un procedimento non eccessivamente complicato ed abbastanza preciso. Il metodo consiste principalmente nel riprodurre in iscala un modello della struttura in esame e di misurarne le deformazioni che si ottengono con varie ipotesi di carico dopo aver ampliate a sufficienza le deformazioni stesse. A tale scopo bisogna naturalmente che le singole membrature presentino una

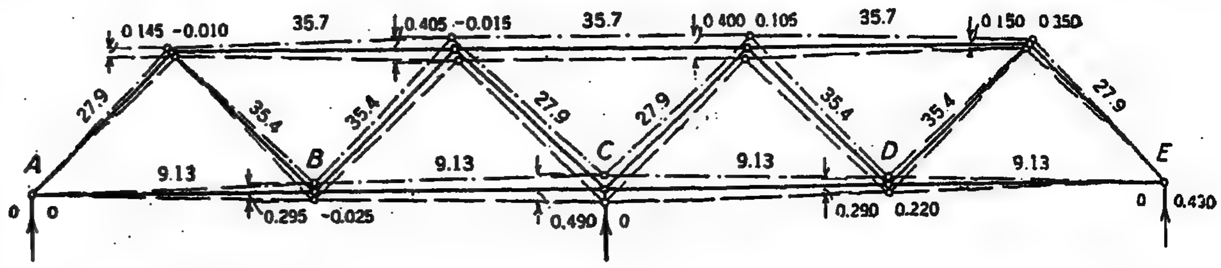


Fig. 2.

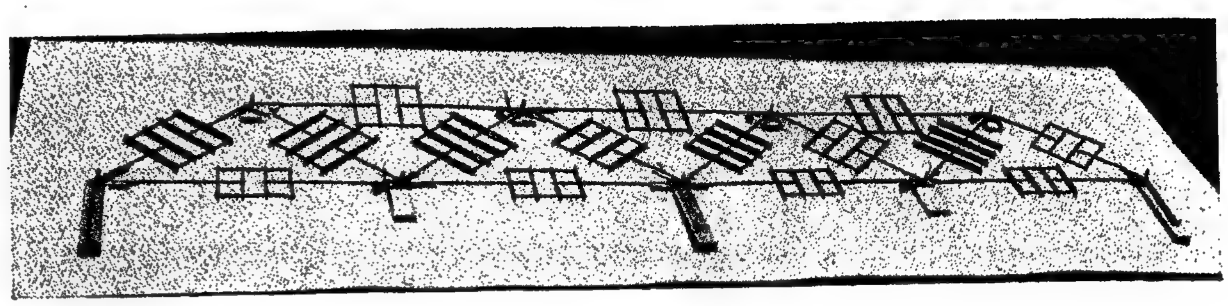


Fig. 3.

flessibilità che risulti proporzionale a quella delle corrispondenti aste nella struttura originale. Per di più le membrature del modello devono avere una sufficiente resistenza tale da non generare delle deformazioni trasversali per un carico di compressione, deformazione che evidentemente falserebbe i risultati delle indagini.

La soluzione pratica di questo problema consiste nell'inserire al posto delle aste rigide del modello costruito in iscala, degli istrumenti del tipo di quello indicato nella fig. 1. Quattro mollette piatte di ottone *f* tutte ricavate da una stessa lamina, sono perforate a mezzo di un punzone in 3 punti. Queste molle sono tenute insieme da due asticciuole *a* passanti attraverso i fori ricavati e fissate alle molle stesse con una goccia di stagno. Inoltre le mollette sono collegate a due a due colle aste rigide *b* che terminano con delle piattine *c*. Naturalmente a seconda che le aste *b* sono tese o compresse, le molle si piegheranno in un senso o nell'altro allungando o raccorciando l'intero sistema. Siccome poi le molle stesse sono ricavate da un unico foglio di ottone, così si può ammettere che il loro modulo di elasticità sia identico per tutte e che la flessibilità dipenda unicamente dalla loro lunghezza S e precisamente sia proporzionale a S^3. D'altra parte la flessibilità assiale di una asta qualunque della struttura reale dipende dalla sua lunghezza L e dalla sua sezione A, il che vuol dire che nel modello sperimentale in esame noi dovremo sostituire a ciascuna asta un apparecchio come quello indicato nella fig. 1, ma tale che il valore di S per ciascuno di essi sia proporzionale alla radice cubica dcl valore

$$\frac{L}{A}$$

nella corrispondente asta della struttura reale. Uno degli estremi dell'apparecchio della fig. 1, ha, come si vede, un perno *d* su cui si possono infilare con dolce attrito le piastrine aventi un foro *e* delle aste concorrenti nel nodo e fissarle poi coll'anello *g*. Entro il fermo *d* si può infine inserire una asticella *h* avente inferiormente una punta che serve a registrare gli spostamenti sulla carta.

Sia ad esempio da studiare la struttura reticolare iperstatica della fig. 2. Costruendo il modello visibile nella fig. 3 e reggendolo con delle sferette di acciaio di 1/4" per diminuirne l'attrito, si tratterà di determinare la reazone dell'appoggio intermedio C_1. A tale scopo basterà ricordare che la reazione provocata in un appoggio iperstatico da un carico unitario applicato in un punto qualunque della struttura è data dallo spostamento avvenuto in questo punto diviso per lo spostamento che si avrebbe nell'appoggio iperstatico se gli si abolisse il vincolo e lo si lasciasse libero di muoversi. Perciò nella fig. 2, tenendo fissi A e E, noi sposteremo il punto C in alto e poi in basso di una certa quantità arbitraria 0,490 e scriveremo a sinistra di ciascun nodo gli spostamenti che gli competono per tale movimento. Poi tenuti fissi gli appoggi A e C si ripeterà l'operazione per l'appoggio E e i nuovi spostamenti per ciascun nodo si scriveranno a destra.

Applicando una forza unitaria in B, C, D, si avrebbero rispettivamente le seguenti reazioni:

$$R_C = \frac{0{,}295 + 0{,}490 + 0{,}290}{0{,}490} = 2{,}193$$

$$R_E (= R_A) = \frac{-0{,}025 + 0 + 0{,}22}{0{,}490} = 0{,}307$$

Se immaginiamo ora ad esempio, di caricare tutta la trave con un carico uniforme complessivamente del valore di P, ciò equivarrebbe (con una buona approssimazione) a considerare i nodi B C e D caricati con un peso concentrato del valore di

$$\frac{P}{4}$$

e quelli A ed E con un peso pure concentrato del valore di

$$\frac{P}{8}$$

Saranno allora le rispettive reazioni in A C e E:

$$R_C = \frac{0{,}295 + 0{,}490 + 0{,}290}{0{,}490} \times \frac{P}{8} = 0{,}548\ P$$

$$R_A = R_E = \left(\frac{-0{,}025 + 0 + 0{,}220}{0{,}490} \times \frac{P}{4}\right) + \frac{P}{8} = 0{,}224\ P$$

I valori che si sarebbero ottenuti per via analitica sarebbero stati rispettivamente:

$$R_E = 0{,}058\ P$$
$$R_C = R_E = 0{,}221\ P$$

quindi non diversi dai primi che per un errore del 2%.

G. R. M.

c) ALCUNI APPARECCHI ACCESSORI ADATTI PER LE MISURE DI PRECISIONE DI CORRENTI ALTERNATE.

J. I. E. E., Londra, luglio 1930 e gennaio 1931. – R. S. J. SPILSBURY e A. H. M. ARNOLD.

Una serie di resistenze in aria è stata studiata dagli AA. allo scopo di ottenere sempre la stessa d. d. p. di 2 V quando sono percorse da 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 Ampere rispettivamente. Gli usi a cui sono destinate queste resistenze richiedono che l'errore nella loro taratura sia minore del 0,01% in grandezza e di 0,05 minuti nel valore dell'errore di fase a 50 periodi. Le resistenze sono costituite di un certo numero di fili di costantana tutti uguali e di resistenza uguale a 2 ohm; la loro sezione è adatta per portare una corrente di 1 ampere. Ogni filo è isolato in seta e piegato in due; porta una presa nel punto di mezzo che serve a fissarlo ad una sbarra collettrice, gli estremi sono poi fissati a due sbarre di rame vicinissime che portano la corrente ad ogni elemento della resistenza. Le prese voltmetriche sono fatte su queste sbarre ad una certa distanza dai morsetti di entrata della corrente, come se si trattasse di una resistenza campione a 4 morsetti; la loro posizione può essere scelta in modo che la d.d.p. misurata fra di essi risulti in fase con la corrente a condizione che l'induttanza delle sbarre sia almeno 6 volte quella di ogni elemento filare. La costante di tempo della resistenza complessiva può così diventare persino minore di 2×10^{-7}, il suo valore può però diventare molto maggiore se la resistenza si trova immersa in un campo magnetico alternativo di eguale frequenza della corrente da misurare.

Il consumo proprio della resistenza per 200 ampere è di 400 W e può portare ad un aumento della temperatura dell'ordine di (40÷50°) C. Si montano le resistenze fino ad ottenere un valore della resistenza totale prossimo a quello voluto, poi si procede alla ricerca della posizione più opportuna per le due prese voltmetriche; si regola per ultimo la resistenza complessiva agendo sopra uno degli elementi filari. Il punto di mezzo delle resistenze serve per le misure di controllo sui wattmetri; uno degli estremi del circuito voltmetrico viene collegato a questo punto e l'altro fà capo all'ago del wattmetro elettrostatico. Le tre prese di tensione di una resistenza sono unite con gli altri strumenti di misura con un cordone triplo per ridurre al minimo l'effetto di campi magnetici estranei.

La misura delle correnti di intensità fino a 5.000 Ampere può farsi a mezzo di un trasformatore di corrente col nucleo di mumetal (composto di anelli senza saldatura). La bobina secondaria porta 999 spire e il rapporto di trasformazione risulta praticamente costante perchè basta una spira di meno per compensare la c.d.t. interna dello strumento. Il nucleo presenta un foro circolare del diametro di 73,5 mm, attraverso il quale si fa passare una o più volte il conduttore che porta la corrente, in modo da realizzare diversi rapporti di trasformazione. La taratura del trasformatore si fà utilizzando la precedente resistenza da 200 ampere; la potenza ricavabile al secondario è prevista di 12,5 VA. In condizioni normali gli errori di fase e di rapporto sono dello stesso ordine di quelli riscontrati nella re-

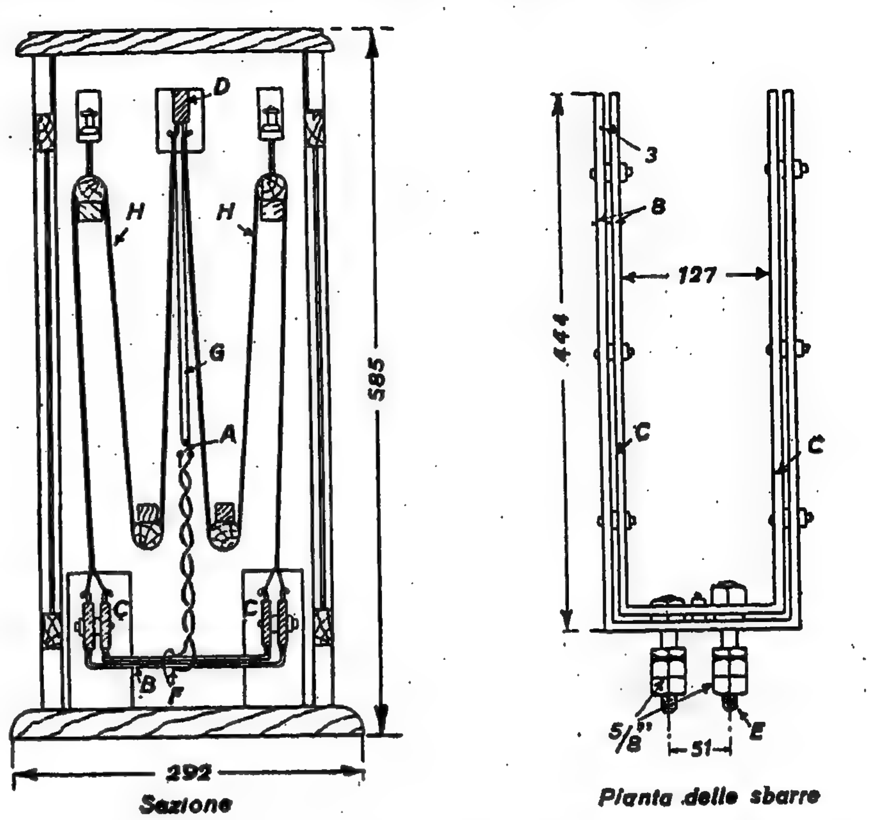


Fig. 1. - Sezione e pianta delle sbarre di una resistenza per 200 A.

A - Presa tripla voltmetrica
B - Conduttori di collegamento
C - Sbarre principali
D - Sbarra centrale
E - Morsetti di entrata della corrente
F - Prese voltmetriche
G - Conduttori di collegamento alla sbarra centrale
H - Elementi della resistenza

sistenza campione a fili multipli. Un'influenza sensibile sul valore di tali errori esercitano i campi magnetici estranei le cui linee di forza attraversano il nucleo; il trasformatore dovrà pertanto essere tenuto ad una certa distanza dai conduttori percorsi da correnti intense. La corrente secondaria di 5 ampere viene mandata in uno shunt di 0,4 ohm e dalla c.d.t. che così si produce si può dedurne il valore.

Riassumendo la misura di una corrente alternata di intensità anche molto elevata può essere dedotta dalla misura di una c.d.t. di valore massimo uguale a 2 volt. I voltmetri elettrostatici sarebbero gli strumenti più adatti per tale misura poichè hanno un consumo nullo, senonchè la loro sensibilità è dell'1% quando la tensione da misurare è compresa fra 3 e 10 Volt e sale al 0,1% soltanto quando la tensione è maggiore di 10 Volt.

Il problema è stato risolto interponendo fra lo shunt e il voltmetro un trasformatore di tensione di rapporto massimo di 1 a 200; con un voltmetro di tipo normale per 100 V si può allora misurare una tensione minima alternativa di soli 15 mV con sufficiente approssimazione.

Il nucleo del trasformatore è fatto con anelli di mumetal senza saldatura; sul nucleo è avvolta una bobina di schermo di 4.000 spire e su di questa la bobina secondaria pure di 4.000 spire, i punti di mezzo di queste due bobine sono uniti ad un morsetto esterno. Il primario è avvolto esternamente ed è composto di 4 bobine di 20 spire ciascuna; si possono quindi ottenere i seguenti rapporti di trasformazione: 2/100, 1/100 e 0,5/100. La corrente di magnetizzazione in corrispondenza della portata di 2/100 è di 27 mA alla frequenza di 50 per/sec e scende a 8 mA a 500 per/sec. Il consumo proprio del trasformatore, sebbene piccolo, va tenuto presente quando la corrente da misurare è minore di 20 Ampere; è necessario perciò stabilire sperimentalmente il valore della corrente di eccitazione (scomposta nelle sue due componenti in fase ed in quadratura con la tensione applicata) per ogni condizione di carico e per ogni frequenza. L'errore di rapporto del trasformatore è dell'ordine del 0,02% a condizione che la corrente derivata dal voltmetro elettrostatico sia molto piccola; basta infatti inserire ai morsetti del secondario una capacità di 0,004 μF per far diminuire il rapporto del 0,5%, quando la frequenza della corrente alternata è di 500 per/sec; analogamente se si sostituisce il voltmetro con una resistenza di 100.000 ohm il rapporto si riduce del 0,38%. L'errore di fase è sempre minore di 2 minuti anche quan-

do la tensione al primario si riduce a 1/20 del valore normale, a condizione che il trasformatore non venga attraversato da campi magnetici estranei.

Tutte le tarature del trasformatore vennero eseguite per opposizione con un ponte specialmente studiato; due resistenze una 50 volte più grande dell'altra sono collegate in serie e alimentate da una stessa c. a. di almeno 20 ampere, le c.d.t. stanno sempre nel rapporto di 2 a 100. Ai morsetti delle resistenze sono derivati il primario ed il secondario e si controlla l'equilibrio a mezzo di un galvanometro a vibrazione. L'errore nella misura del rapporto di trasformazione è minore di 1/100.000 L'articolo porta anche la teoria del ponte di controllo e i dettagli costruttivi delle due resistenze dette sopra.

I. L.

d) ANDAMENTO DELLA TENSIONE NELLE PROVE DI IMPULSO SECONDO OSCILLOGRAMMI PRESI COLL'OSCILLOGRAFO A RAGGI CATODICI

E.T.Z., N. 4 del 22 gennaio 1931, pag. 107.

Gli AA. riproducono una serie di oscillogrammi presi coll'oscillografo a raggi catodici allo scopo di studiare l'andamento della tensione nelle prove di impulso.

In queste prove si fa in modo di ottenere una tensione che si possa variare a piacimento sia sulla fronte che sulla coda dell'onda e che si possa facilmente calcolare. Questo andamento della tensione deve in special modo essere scevro di oscilla-

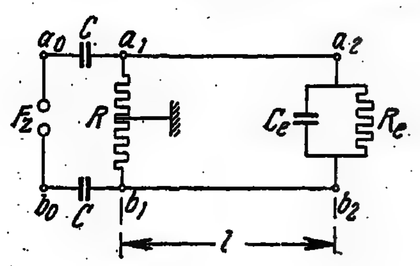


Fig. 1. - Schema per prova di impulsi con carico, non scevro di oscillazioni.

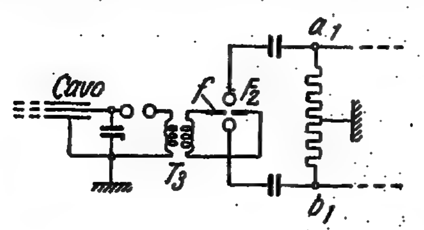
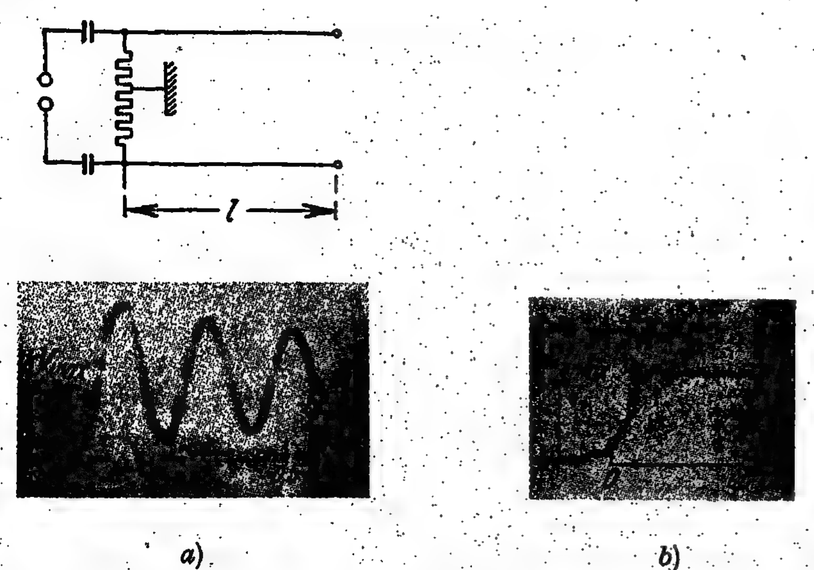


Fig. 3. - Circuito di spegnimento per spinterometro intermedio nel piano di simmetria dello spinterometro di adescamento.

zioni. Nella figura 1 è rappresentato lo schema fondamentale usato nella prova d'impulso.

Le figure 2 *a*) e *b*) danno le curve delle tensioni all'estremità di una conduttura senza carico, rispettivamente per una lunghezza di questa di 20 e di 4,7 metri, con una ripidità normale del fronte d'onda. L'ampiezza dell'oscillazione diminuisce notevolmente col diminuire della lunghezza della conduttura. Condizione determinante per la formazione dell'oscillazione con una data lunghezza di condutture è la ripidità del fronte d'onda della tensione del generatore di impulsi. Nella figura 3 è riprodotto il circuito di spegnimento adottato.



a) *b*)

Fig. 2. - Andamento della tensione all'estremità di una conduttura senza carico con $l = 20$ (*a*) e $l = 4,7$ metri (*b*) per una ripidità normale del fronte d'onda.

Collo spinterometro a punte si ha un aumento della ripidità della fronte dell'onda di tensione. Lo stesso risultato si ottiene se si dà un carico capacitivo alla conduttura. Questo si spiega col fatto che con condutture corte la quantità di elettricità occorrente per la prima carica della capacità viene presa non solo dalla conduttura ma anche dall'impianto generatore di impulsi. Perciò qui la frequenza dell'oscillazione è determinata non solo dalla lunghezza della conduttura, ma anche dal carico.

Per evitare tali oscillazioni si potrebbe procurare un notevole appiattimento del fronte d'onda del generatore di impulsi, il che con schema appropriato si può fare. Si può anche con

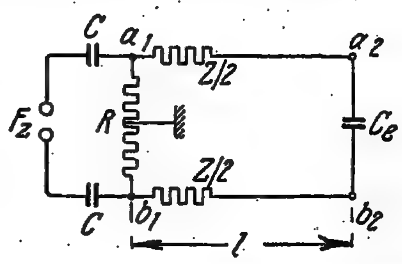


Fig. 4. - Schema per prova di impulso con collegamento del carico senza oscillazioni.

conduttura, senza apprezzabile capacità, avere una forma d'onda perfetta inserendo una resistenza all'estremità della conduttura. Però questo accorgimento non è vantaggioso, perchè la coda dell'onda di tensione si può modificare solo mediante variazioni della capacità dell'impianto. Come terza possibilità resta quella di collegare la conduttura all'impianto generatore di impulsi attraverso una resistenza $R = 1/2\ Z$ secondo lo schema della fig. 4. Questa disposizione è completamente scevra da oscillazioni.

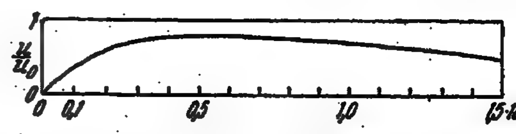


Fig. 5. - Forma d'onda della tensione all'estremità della conduttura con carico di resistenza e con tensione decrescente, ricavata col calcolo.

La forma della coda dell'onda di tensione si regola poi opportunamente colla scelta della resistenza di scarica R del generatore di impulsi. La fig. 5 dà l'andamento della tensione per una resistenza di scarica $R = 500$ ohm per piccola ripidità del fronte.

In molti casi si procura un andamento della tensione secondo la fig. 6, cioè un'onda di impulso che improvvisamente si in-

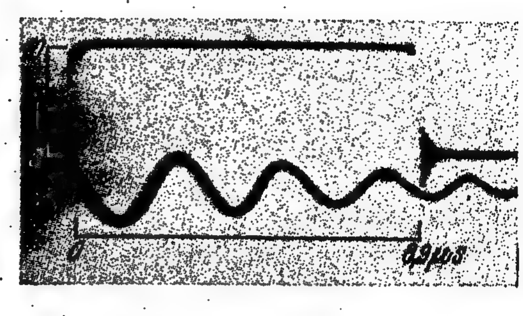


Fig. 6. - Andamento della tensione d'impulso interrotta secondo lo schema della fig. 7.

terrompe ad un dato momento: questo si può ottenere collo schema della fig. 7. Fino ai punti a_2 e b_2, lo schema di impulso è come quello della fig. 4. In parallelo coll'elemento di prova C_e viene posto uno spinterometro F_a, che viene manovrato insieme ad uno spinterometro intermedio.

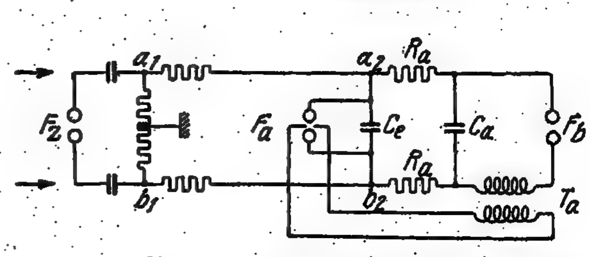


Fig. 7. - Schema per limitazione della durata dell'effetto dell'onda d'impulso. (Schema a interruzione).

All'estremità della linea presso $a_2 b_2$ è inserita una capacità C_a, che si può scaricare attraverso lo spinterometro F_b e il primario del trasformatore di Tesla T_a. Il momento d'interruzione dell'onda di tensione può essere variato mediante opportuna scelta della capacità C_a e della resistenza R_a come pure dello spinterometro F_b.

L'A. esamina poi la possibilità di calcolare analiticamente l'andamento della tensione, e dà un esempio di calcolo per lo

schema della fig. 4, dal quale si vede che si può esprimere analiticamente l'andamento della tensione sia per la fronte che per la coda dell'onda; non si può però dire con sicurezza se con circuiti più complicati si potrebbe egualmente rappresentare l'andamento della tensione con equazione relativamente semplice.

Concludendo si può dire che per lunghe condutture, per evitare oscillazioni, si deve collegare l'impianto generatore di impulsi attraverso resistenze di grandezza pari alla metà della resistenza delle condutture. La ripidità del fronte può essere regolata coll'inserzione di capacità in parallelo. La forma d'onda, nella coda, può essere variata mediante opportuna scelta della resistenza di scarica dell'impianto generatore di impulsi. Con una tensione d'impulso libera da oscillazioni si può misurare senza difficoltà la tensione di scarica collo spinterometro a sfere, prescindendo da un andamento della tensione rapidamente decrescente.

T. S.

MISURE INDUSTRIALI DELLE PORTATE ISTANTANEE E DELLE PICCOLE PRESSIONI

La Revue Industrielle, gennaio e febbraio 1931. – P. FROGER.

L'accostamento dei due elementi che figurano nel titolo non è causale: tutti gli apparecchi destinati alla misura delle portate utilizzano infatti una pressione differenziale creata artificialmente nella condotta. L'A. passa rapidamente in rassegna le principali industrie interessate a queste misure: centrali termoelettriche, alti forni, fonderie, miniere, industrie chimiche, officine del gas illuminante, impianti di acque potabili; poi analizza i metodi per creare e rendere palese la differenza di pressione nella condotta: tubo di Pitot e derivati (apparecchi di Darcy e di Prandtl), tubo di Venturi e infine il diaframma di misura che l'A. considera come il più conveniente per costo e per facilità di montaggio, pur importando perdite non di molto superiori a quelle del Venturi.

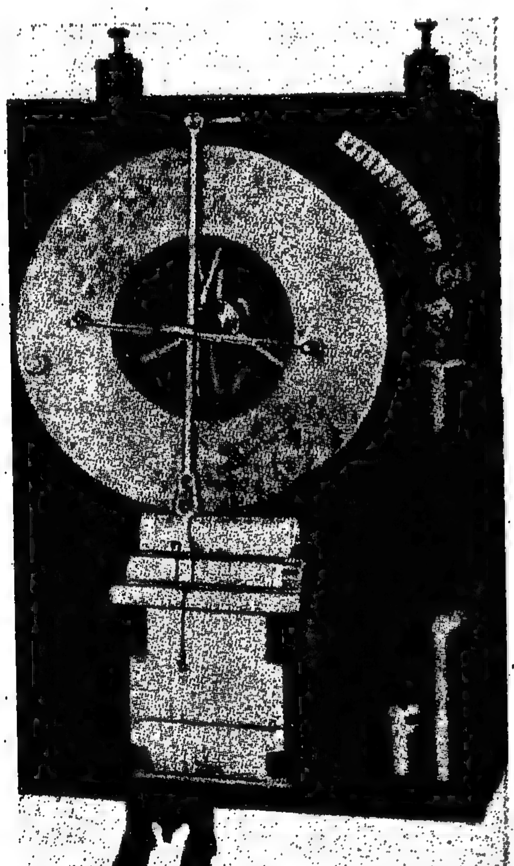


Fig. 1. - Registratore di portata, tipo pendolare a gas con peso intercambiabile.

Sorge a questo punto il problema della misura delle differenze di pressione: il tubo a U è il procedimento più semplice, ma impreciso e difficile alla lettura; i manometri a membrana o a molla richiedono l'uso di amplificatori che trascinano con sè cause di errori e sono suscettibili di deterioramenti. Gli apparecchi idrostatici, introdotti da una trentina d'anni sono impiegati con successo nelle misure di portata di gas. Se il galleggiante sulle cui faccie si esercitano le pressioni a monte e a valle del punto ove si fa la misura è di forma parabolica, i suoi spostamenti saranno funzione di $\sqrt{h}$ (h essendo l'altezza statica corrispondente alle differenze delle pressioni) e quindi della portata. La lettura potrà farsi senz'altro su una scala di tipo lineare. Ma gli apparecchi idrostatici sono ingombranti e il loro uso è praticamente limitato alle basse pressioni. La tendenza attuale, che richiede strumenti murali, applicabili a pannelli in cui figurino

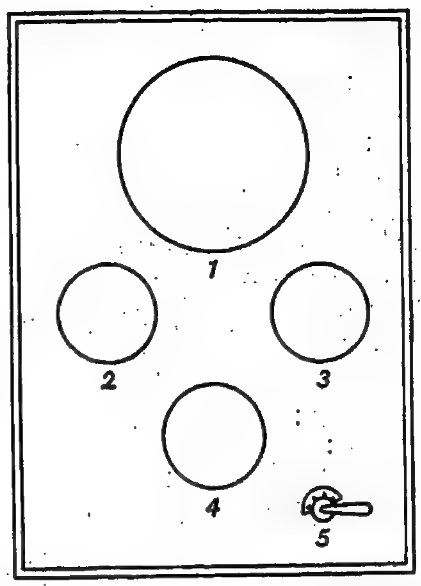


Fig. 2. - Pannello per sala caldaie.

1 - Indicatore erogazione di vapore
2 - Indicatore temperatura fumi
3 - Indicatore differenziale tiraggio
4 - Indicatore di pressione

centralizzate tutte le indicazioni relative ad un determinato organo dell'impianto, è per gli apparecchi del tipo a toro oscillante. L'A. si sofferma a lungo su questi strumenti costituiti da un toro cavo metallico oscillante su un coltello e riempito parzialmente di un liquido; lo spazio che rimane libero superiormente è diviso da un diaframma in due camere poste in comunicazione con le tratte a monte e a valle del punto in cui si fa la misura. La differenza delle pressioni esercitandosi sul setto, modifica il livello del liquido e quindi l'equilibrio del toro che oscilla sul coltello di appoggio e comanda per mezzo di tale rotazione un indice o una punta scrivente. Il primo problema tecnico da risolversi è quello di annullare ogni coppia frenante o antagonista. Il punto più difficile consiste nel rendere la rotazione funzione non di h, ma di $\sqrt{h}$, ossia funzione lineare della portata. La soluzione più efficace consiste nel fissare al toro un peso (fig. 1) con l'intermediario di due aste articolate, l'una attaccata direttamente al toro, l'altra a un punto fisso dell'incastellatura. Si dimostra, scrivendo le equazioni d'equilibrio, che il prodotto $F \cos \omega$ della forza tangenziale esercitata sul toro è costante; sviluppando in serie $\cos \omega$, per valori prossimi a $\frac{\pi}{2}$ si trova che ω varia come $\sqrt{F}$, ossia è proporzionale alla portata. Cambiando il peso, si varia la taratura dell'apparecchio.

Tutti questi strumenti possono diventare integratori e registratori, qualora vi si applichi un semplicissimo dispositivo servomotore, per lo più elettrico.

Venendo a discutere il caso delle centrali termoelettriche l'A. crede all'opportunità di avere un duplice sistema di apparecchi; un gruppo di controllo nella sala caldaie (fig. 2) per uso del personale (possono bastare strumenti indicatori) e un gruppo centralizzato (fig. 3) che permetta al direttore di avere una visione im-

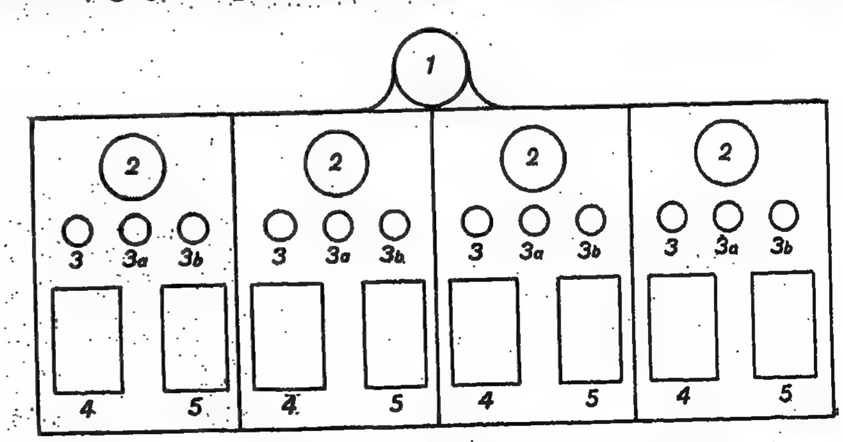


Fig. 3. - Pannello per controllo certralizzato di 4 caldaie.

1 - Indicatore pressione collettore vapore
2 - Indicatori portata acqua alimentazione
3 - Indicatori temperatura vapore
3 a - » » acqua dopo l'economizzatore
3 b - » » fumi
4 - Registratore portate vapore
5 - Dosatore anidride carbonica

mediata dell'andamento della centrale, e che raccolga a scopi di controllo tutti gli strumenti registratori. Negli impianti con carbone polverizzato, in relazione alla maggior elasticità di regolazione, il pannello della sala caldaia potrà essere comune a più caldaie, ciò che rappresenta uno stadio intermedio tra il controllo singolo e quello centrale.

I principali elementi che richiedono di essere misurati con continuità in una centrale termoelettrica sono: il livello dell'acqua nella caldaia; la produzione di vapore, per ciascuna caldaia e per tutta la centrale, con contatore per la conoscenza della portata totale; il consumo dell'aria per la combustione. Con impianti a griglia « soffiata » è interessante graduare lo strumento in unità arbitraria, facendo in modo che la scala risulti identica a quella che misura la produzione di vapore. Basterà assicurarsi che le due indicazioni coincidono per avere la sicurezza che la quantità d'aria ammessa è ben proporzionata. Altri elementi sono: il consumo d'acqua d'alimentazione (con contatore totalizzatore); la pressione del vapore prodotto; la pressione dell'acqua d'alimentazione; la pressione dell'aria per impianti a griglia «soffiata»; la tirata alla griglia; la tirata nella camera di combustione; la tirata al registro del camino; la temperatura del vapore prodotto; la temperatura dell'acqua d'alimentazione, all'entrata e all'uscita dell'economizzatore; la temperatura della camera di combustione e quella dei fumi; la composizione dei fumi (CO_2, CO ed anche O_2).

Cu.

f) MISURA DELLA POTENZA REATTIVA E DEL FATTORE DI POTENZA NELL'ESERCIZIO DELLE CENTRALI ELETTRICHE

Bulletin S.V.E., N. 22, 22 novembre 1930. – A. KLEINER.

L'A. si propone di dimostrare che nell'esercizio degli impianti elettrici l'impiego di strumenti di misura della potenza swattata è molto pratico e di gran lunga preferibile all'adozione dei misuratori di cos φ. La nozione di fattore di potenza dovrebbe essere riservata al dominio puramente teorico.

È noto che gli elementi caratteristici di un circuito a corrente alternata sono: la corrente, la tensione, la potenza, la frequenza e lo sfasamento fra corrente e tensione. Un apparecchio per misurare questo sfasamento si deve quindi ritenere come necessario per l'equipaggiamento di un normale quadro per una macchina od una linea a corrente alternata, accanto all'amperometro, al voltmetro al wattmetro ed al frequenziometro.

Dato che la potenza viene espressa da $P = IV \cos\varphi$, venne spontanea l'idea di misurare, allo scopo anzidetto, il cos φ, mediante il quale è possibile passare dalla misura della potenza attiva a quella della potenza apparente in kVA che, a prima vista può sembrare un elemento determinante il carico delle macchine e degli apparecchi. Ma il concetto di cos φ, analizzato intimamente è meno facile di quanto possa sembrare a prima vista e non è senza difficoltà che si può chiarirlo alle persone che non hanno una particolare competenza o pratica nel campo della elettrotecnica. Mentre, infatti, trattandosi di una linea con corrente e tensione sinusoidale, tale concetto si può chiarire facilmente derivandolo dall'altro di sfasamento fra corrente e tensione, si urta contro difficoltà quando le curve che rappresentano la corrente o la tensione sono più o meno deformate. Si verifica infatti che nel caso di un arco, pur constatando mediante oscillogramma la perfetta concordanza di fase fra tensione e corrente, il cos φ del circuito misurato è sensibilmente inferiore all'unità, e questo non ostante che lo sfasamento rilevato dall'oscillogramma sia nullo. Inoltre, per circuiti trifasi o polifasi, con carichi induttivi o capacità, asimmetrici si riscontra che le indicazioni del cosfimetro non concordano coi valori che si possono ricavare dalla espressione:

$$\text{fattore di potenza} = \frac{\text{potenza}}{\text{corrente} \times \text{tensione}};$$

ne consegue che il cos φ viene, in questo caso, a perdere il suo significato fisico abituale.

La costruzione dei misuratori di cos φ offre qualche difficoltà: particolarmente quando si tratta di uno strumento destinato a controllare lo sfasamento fra corrente e tensione di una linea che può assorbire ed erogare energia. In questo caso sono necessari apparecchi a 4 quadranti che offrono difficoltà di lettura e di costruzione.

È possibile, notoriamente, dedurre una misura del cos φ partendo dal rapporto fra i prodotti $IV \cos\varphi\, t$ e $IV \operatorname{sen}\varphi\, t$ misurati da appositi contatori di energia attiva e di energia reattiva. Dal rapporto fra i due prodotti si ricava tag φ e quindi cos φ. La misura delle quantità $IV \cos\varphi\, t$ e $IV \operatorname{sen}\varphi\, t$ non offre difficoltà alcuna perchè gli strumenti adatti sono di facile esecuzione: anche il calcolo per risalire dalle misure a tag φ ed a cos φ è molto semplice. Ma, come osserva l'A. quando la tariffìcazione dell'energia tiene calcolo del valore di cos φ così ricavato, è difficile cosa spiegare all'utente, in generale privo di conoscenze di elettrotecnica e di trigonometria, perchè a seconda del valore risultato dalle letture e dalla trasformazione trigonometrica conseguente, egli è tenuto a pagare un prezzo diverso per l'energia.

Le difficoltà tecniche per la misura del cos φ ed il fatto che per sistemi polifasi asimmetrici il fattore di potenza non si può definire in modo univoco, hanno portato alla misura della potenza reattiva, espressa notoriamente dal prodotto $IV \operatorname{sen}\varphi$ della tensione per la corrente swattata. La misura della potenza reattiva, esattamente definibile, non presenta difficoltà alcuna di carattere tecnico e può essere effettuata con wattmetri che non differiscono sensibilmente dai wattmetri normali. L'impiego di un wattmetro misuratore della potenza reattiva supplisce pienamente a quello del cosfimetro essendo tale wattmetro in grado di compiere tutte le funzioni del misuratore di cos φ e di indicare nel modo più semplice quando si tratta di energia assorbita ed erogata, ed, al tempo stesso, di carico capacitivo od induttivo. Le indicazioni dello strumento che misura l'energia reattiva possono essere trasmesse in modo semplice a distanza, con la stessa facilità con cui vengono trasmessi gli altri elementi elettrici di un determinato impianto controllato a distanza. Questa semplicità di trasmissione non sussiste per il misuratore di cos φ.

La misura dell'energia attiva e reattiva in un impianto lascia facilmente comprendere al personale addetto all'impianto stesso ed all'utente che si tratta di due qualità di energia che vengono assorbite da una determinata linea che debbono essere

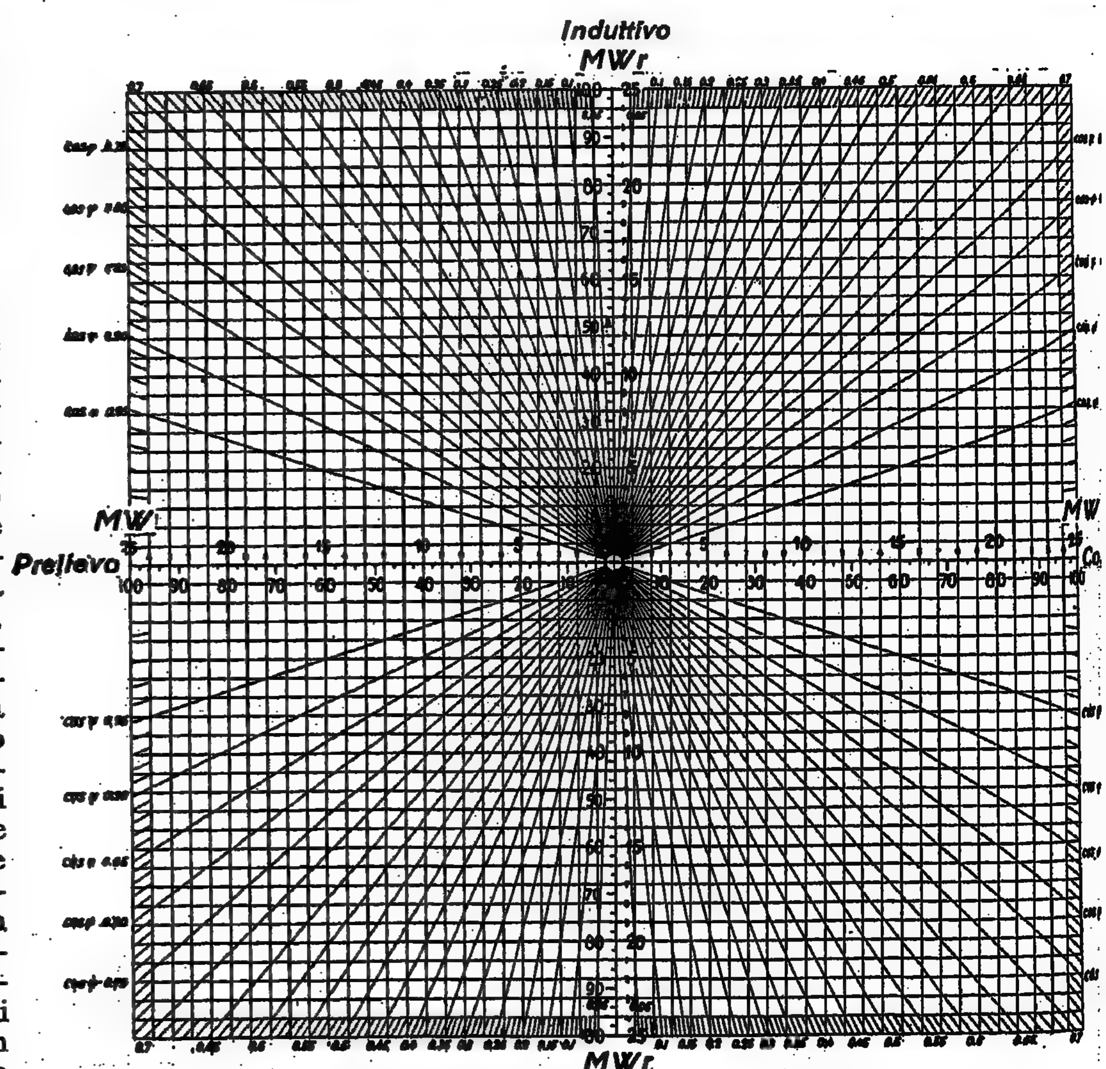


Fig. 1. - Nomogramma per la determinazione del cos φ dai valori della potenza attiva e di quella reattiva.

pagate con criteri diversi. Dal punto di vista scientifico ques concetto delle due correnti, o potenze — attiva e reattiva: non può essere accettato senza riserve, tuttavia si può rileva che lo stesso appunto si potrebbe fare per le altre rappresent

zioni di corrente, direzione della corrente, tensione, flusso, ecc. che, a rigore di termini, pur essendo familiari anche alle persone che non hanno competenza particolare nel campo della elettrotecnica, non sono prive di punti deboli.

In vista dei vantaggi pratici che la misura dell'energia swattata presenta rispetto alle misure del fattore di potenza, l'A. ritiene che sarebbe desiderabile, particolarmente nell'esercizio, sostituire su vasta scala i misuratori di cos φ coi wattmetri per l'energia reattiva. Le nozioni di cos φ e di potenza apparente dovrebbero essere riservate al dominio puramente teorico e scientifico, là dove cioè, caso per caso, è possibile dare a questi elementi un significato fisico ben definito.

Si potrà obbiettare che la misura della potenza attiva e del cos φ consente di dedurre immediatamente la potenza apparente, di quella grandezza cioè che entra in considerazione nella valutazione delle condizioni di carico di una macchina a corrente alternata e che costituisce un elemento fondamentale per il calcolo di tali macchine. Occorre però non sopravalutare l'importanza della potenza espressa in kVA, particolarmente quando si vuol giudicare della capacità di carico o sovraccarico. È noto infatti che per dare questo giudizio è necessario considerare separatamente corrente e tensione, dalle quali le perdite nel rame e nel ferro dipendono. Può verificarsi infatti che una macchina, pur lavorando a pieno carico in kVA, ma a metà della tensione normale, abbia i suoi avvolgimenti percorsi da una corrente molto più intensa di quella normale e presenti perdite nel rame e riscaldamenti assolutamente inammissibili. Anche per giudicare delle condizioni di eccitazione di un alternatore o di un motore sincrono, la misura della potenza swattata si presta forse meglio del cos φ. Potenza swattata positiva indica sovraeccitazione della macchina sincrona (carico induttivo) e potenza swattata negativa, indica minor eccitazione (e carico capacitivo). Anche per valutare le condizioni di carico di una linea la misura della potenza reattiva si presta altrettanto bene quanto il cos φ.

Quando si tratta di mantenere un determinato programma di esercizio e di regolare quindi in relazione ad esso le potenze attive e reattive, è molto utile l'indicazione diretta di queste grandezze. È facile pure, in relazione alle potenze attive o reattive, regolare nel modo più opportuno la tensione. Quantunque si debba ammettere che in questo caso la misura del cos φ dia direttamente una funzione del rapporto per energia attiva e swattata e quindi un elemento determinante fra la tensione, tuttavia praticamente il compito è egualmente semplice se alle potenze attive si fanno corrispondere, per determinate tensioni, diversi cos φ oppure differenti potenze swattate.

Nonostante gli indiscutibili pregi che presenta la misura della potenza swattata, secondo l'A. l'introduzione degli strumenti atti ed effettuare direttamente tale misura deve urtare contro la consuetudine, ormai quasi generalizzata negli impianti elettrici, di misurare il fattore di potenza. È ovvio, pertanto, che l'impiego dei misuratori di potenza reattiva non può avvenire che gradualmente e che, durante il periodo di transizione, potendo coesistere in centrali funzionanti in parallelo, tanto i cosfimetri quanto i wattmetri per potenze attive e reattive, si presenti l'opportunità di risalire da una delle misure all'altra in modo semplice. La fig. 1 rappresenta un diagramma che consente la determinazione del cos φ in funzione delle indicazioni della potenza attiva e swattata. La trasformazione può essere ottenuta mediante un apposito regolo calcolatore (fig. 2).

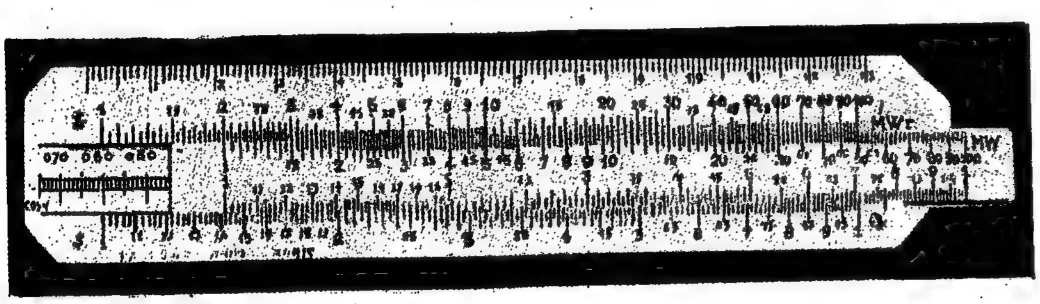


Fig. 2. - Regolo per la determinazione del cos φ in base a' valori delle potenze attiva e reattiva.

L'A. concludendo, si augura che l'impiego su vasta scala dei wattmetri per potenza reattiva venga a rendere accessibile a tutti, e quindi anche al personale addetto all'esercizio degli impianti elettrici, senza conoscenze approfondite di elettrotecnica e di trigonometria, uno dei concetti fondamentali della tecnica delle correnti alternate. Accanto a questo concetto fisico, possono e devono restare, naturalmente, l'angolo φ che misura lo sfasamento e le sue funzioni trigonometriche: l'impiego di questi elementi matematici, come è già stato detto, deve rimanere, però, nel campo scientifico o rigorosamente tecnico.

d. m.

LA CONDUTTIVITA' ELETTRICA E LE PROPRIETA' MECCANICHE DELLE LEGHE LEGGERE DI ALLUMINIO E MAGNESIO ESPOSTE AGLI AGENTI ATMOSFERICI (g

J.I.E.E., Londra, dicembre 1930. – ERNEST WILSON.

Un materiale che sembra avere delle buone proprietà per potere sostituire il rame o i conduttori in alluminio-acciaio nelle linee aeree di trasmissione dell'energia è una lega recentemente studiata per tale applicazione. La sua composizione chimica è la seguente: *Si* dal 0,5 al 0,6 %, *Fe* 0,3 %, *Mg* dal 0,5 al 0,4 %, *Al* dal 98,7 al 98,8 %; il peso specifico varia da 2,71 a 2,723, la resistività varia da 3,15 a 3,42 microhm-cm a 15° C; il coefficiente di temperatura è di 0,0036 e il coefficiente di dilatazione lineare è di 0,000023. L'A. ha provato ad esporre questo materiale, sotto forma di filo, agli agenti atmosferici per stabilire il modo di variare delle sue proprietà meccaniche ed elettriche in un periodo di 1 anno e mezzo. I fili di diametro compreso fra 2,4 e 3 mm sono stati tesi sul tetto di una casa e sottoposti a delle sollecitazioni di tensione variabili da 0,415 a 5 kg/mm².

La corrosione superficiale del filo non ha prodotto una diminuzione misurabile direttamente nel diametro, soltanto per via indiretta si è potuto stabilire che la penetrazione della corrosione è stata di 0,018 mm in media. Nei primi mesi di esposizione all'aria la corrosione procede più rapidamente e poi si attenua perchè lo strato d'ossido superficiale protegge il rimanente del metallo dal contatto dell'aria.

La conducibilità elettrica della lega diminuisce sensibilmente col passare del tempo probabilmente in seguito ad alterazioni nella struttura molecolare; la diminuzione è di circa il 5 % dopo 18 mesi, ma si attenua presumibilmente nei mesi successivi. Per l'alluminio puro si hanno dei dati sicuri relativi a periodi di tempo più lunghi, ad es. in 18 mesi la diminuzione è del 3 %, in 9 anni del 14 % e in 24 anni del 20 %. La presenza di nichel nella proporzione del 0,75 % rende meno sensibili le variazioni della conducibilità dell'*Al* puro ed attenua anche la penetrazione della corrosione superficiale; sebbene la resistenza elettrica di un filo di questa lega sia in principio maggiore di quella di un filo d'*Al* puro di eguali dimensioni, dopo un periodo di tempo lungo si osserva che essa diventa minore di circa l'1,5 %. L'aumento di resistenza delle leghe di alluminio e magnesio dette sopra è dall'1 al 2 % maggiore che per l'alluminio a parità di tempo di esposizione; lo stesso valore raggiunge circa il 5 % nel duralluminio. La variazione di resistenza è di solito più rapida nei fili di piccolo diametro. La resistività iniziale dell'*Al* puro a 15° C è di 2,773 microhm-cm, quella della lega di *Al* e *Ni* è di 3,05 e quella del duralluminio di 5,35.

La resistenza meccanica alla trazione diminuisce col passare del tempo, dopo 9 mesi la diminuzione è risultata del 7,5 % per i fili di alluminio al magnesio; si osserva che i fili tesi più fortemente durante l'esposizione all'aria danno una diminuzione meno pronunciata nella resistenza meccanica. Anche le proprietà elastiche di questo materiale sono buone poichè con un carico del 20 % di quello di rottura rimane una deformazione permanente corrispondente al 2% dell'allungamento ottenuto. La frattura che si produce nel punto dove il filo si rompe è abbastanza regolare ed inclinata di circa 45°; il restringimento della sezione in questo punto è molto marcato quando il filo è nuovo e diventa meno sensibile dopo l'esposizione all'aria per un periodo abbastanza lungo; si valuta che la duttilità del materiale diminuisca del 50 % dopo circa 9 mesi. Il duralluminio si trova a tale riguardo in peggiori condizioni: nello stesso periodo di tempo la sua resistenza meccanica si riduce del 30 % e la duttilità scompare. Migliori risultati si ottengono con le leghe leggere di alluminio e nichel.

Le vibrazioni trasversali impresse al filo dal vento diminuiscono la resistenza meccanica del filo in proporzione maggiore se la sua tensione è bassa; sembra che tale differenza di comportamento sia da spiegare con la maggiore ampiezza delle oscillazioni del filo meno teso rispetto a quello più teso.

I. L.

L'AVVIAMENTO DEI MOTORI ASINCRONI IN CORTO CIRCUITO (h

Revue générale de l'électricité, 15 novembre 1930. – J. LE MONNIER.

I motori asincroni polifasi in corto circuito, designati spesso col nome di motori a gabbia di scoiattolo, sebbene questa definizione non si applichi che a una categoria particolare di detti motori, sono di impiego molto limitato in Francia a causa del-

l'ostracismo che ad essi è dato dalle società di distribuzione, preoccupate di evitare gli inconvenienti che tali motori provocano nella rete all'avviamento. Molti hanno creduto di trovare

con osservazioni oscillografiche, mettono in evidenza le proprietà essenziali di un motore a doppia gabbia e di un motore in corto circuito e illustrano la superiorità di quest'ultimo.

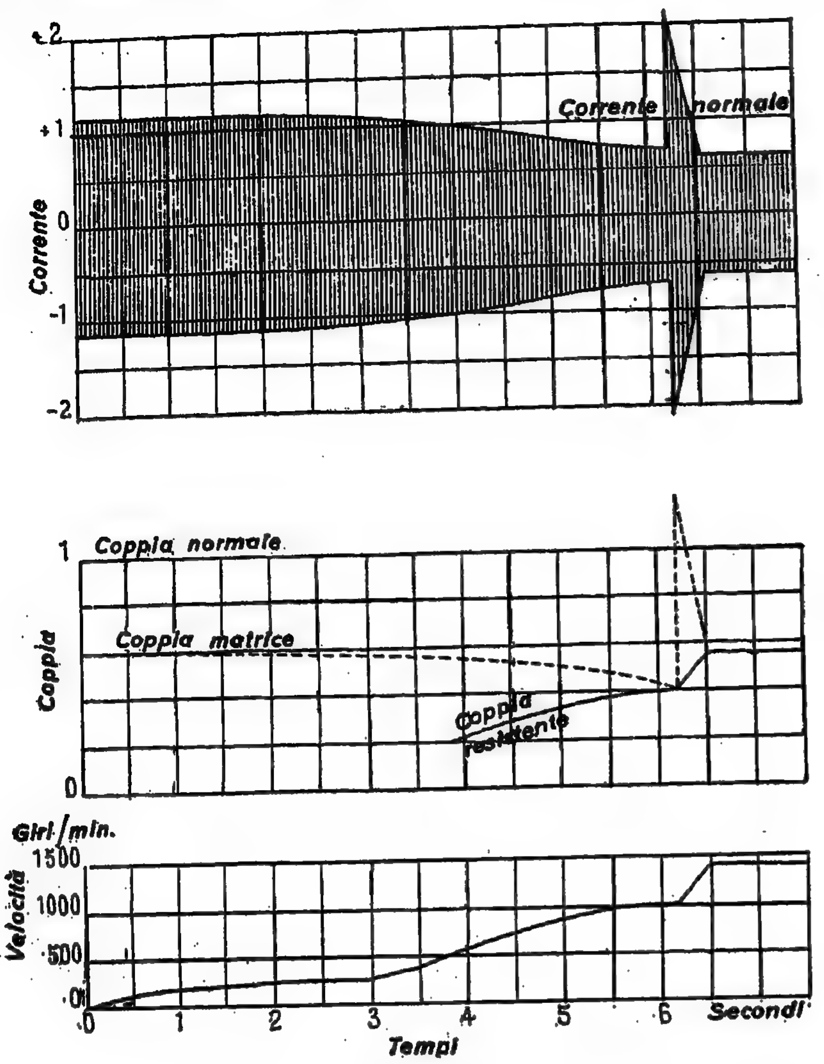


Fig. 1.

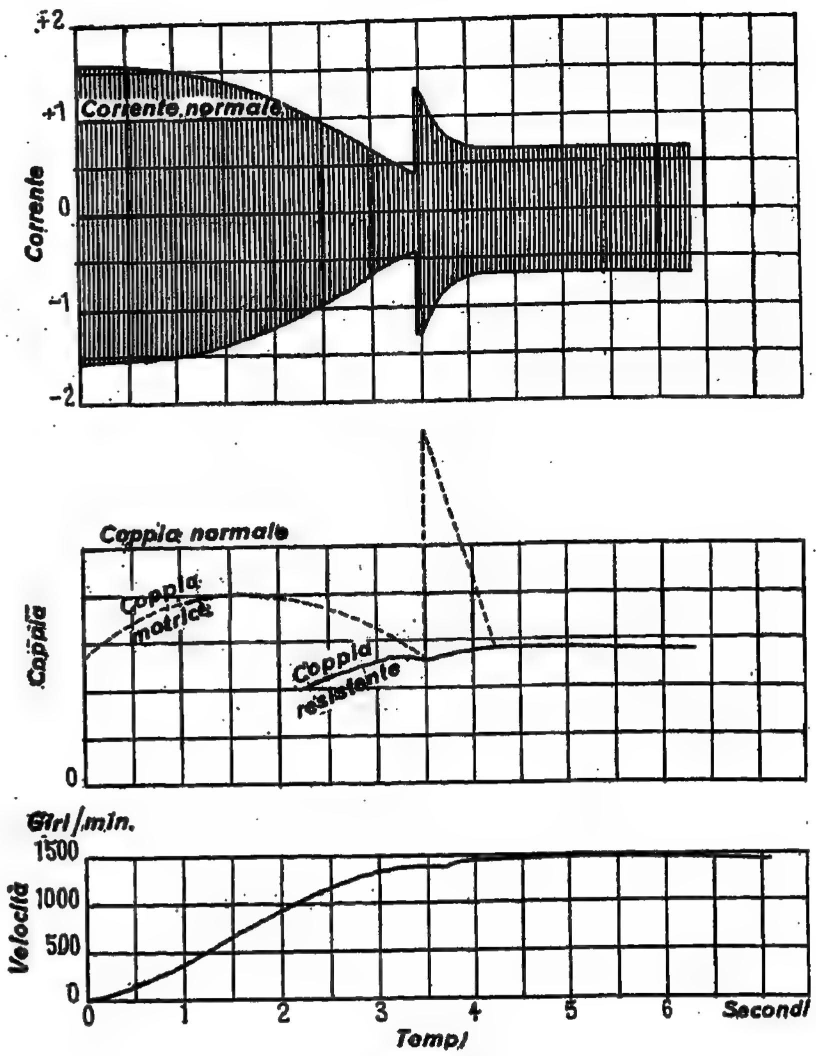


Fig. 2.

Fig. 1 e 2. - Oscillogrammi della corrente d'avviamento di un motore a doppia gabbia (fig. 1) e di un motore in corto circuito (fig. 2) della stessa potenza e collo stesso numero di poli, e curve corrispondenti dei momenti e delle velocità all'avviamento.

la soluzione a questo stato di cose coi motori a doppia gabbia, tipo Boucherot, che all'avviamento richiedono correnti da 3 a 3,3 volte quella normale, con una coppia relativamente elevata (1,5÷1,8 la coppia normale). L'A. dimostra che già per una potenza di 3 HP col motore a doppia gabbia ad avviamento diretto si sconfina dai limiti imposti dai regolamenti francesi che esigono un determinato rapporto tra la potenza apparente in kVA all'avviamento e la potenza normale in kW. L'esame delle curve caratteristiche permette poi di constatare l'impossibilità di realizzare le condizioni indicate dai costruttori i quali affermano che se la coppia resistente all'avviamento non supera la metà di quella normale si può avviare il motore in due tempi con passaggio stella-triangolo, senza che il richiamo di corrente superi quello normale. L'A. conclude per l'incompatibilità constatata tra motore a doppia gabbia ed avviamento stella-triangolo.

Con un motore asincrono in corto circuito semplice in cui la coppia massima si verifica a una velocità eguale a 0,6 volte quella di sincronismo, l'avviamento a piena tensione è ancora inammissibile; si addice bene invece l'avviamento stella-triangolo. Si possono raggiungere risultati eccellenti, superiori a quelli realizzabili con un motore a doppia gabbia, se invece di utilizzare un motore mediocre a grande coefficiente di dispersione e quindi a coppia massima debole, si cercherà di migliorare soltanto le qualità di avviamento di un motore a coefficiente di dispersione basso, e quindi a coppia massima elevata. Questa soluzione è stata seguita da alcuni costruttori con risultati soddisfacenti.

Lo studio delle proprietà del motore all'avviamento è alquanto delicato per la difficoltà delle misure delle coppie in regime variabile. Servono bene in tale caso i rilievi oscillografici. Si comincia col misurare la coppia in partenza con un freno di Prony a corsa limitata; poi si collega il motore ad una dinamo e, potendosi ammettere che la tensione della macchina sia proporzionale alla velocità e così pure la coppia resistente, si registrano all'oscillografo la tensione d'alimentazione (che dà semplicemente la misura del tempo in periodi), la corrente assorbita, la tensione ai morsetti della dinamo. Infine si determinano la potenza e la velocità del motore a regime alla fine dell'avviamento, e dal complesso di questi dati è possibile sviluppare attraverso la curva di tensione della dinamo, quelle della velocità e della coppia resistente. I diagrammi qui riprodotti (fig. 1 e 2), ottenuti

L'avviamento del motore in due tempi presenta l'inconveniente di una discontinuità nell'alimentazione; se la manovra

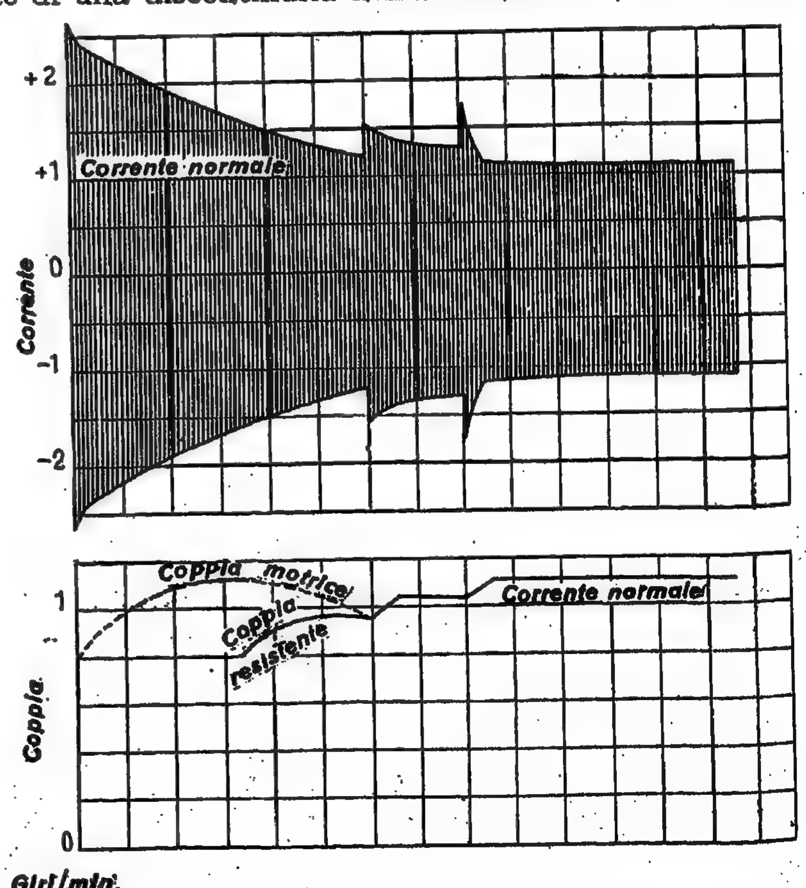


Fig. 3 - Oscillogramma della corrente d'avviamento con autotrasformatore di un motore asincrono in corto circuito e curve momenti e delle velocità all'avviamento

non è sufficientemente rapida, il motore rallenta e si perdono i vantaggi di questo tipo d'avviamento. L'inconveniente si può evitare facendo uso di un autotrasformatore. L'apparecchio funziona in modo da permettere i passaggi dalla posizione di partenza a quella di alimentazione diretta intercalando una induttanza costituita dall'avvolgimento primario dell'autotrasformatore stesso, che poi si mette in corto circuito. Ciò avviene, al termine del primo tempo, mediante l'apertura del neutro del trasformatore. I diagrammi della fig. 3 mettono in evidenza i vantaggi dell'avviamento con autotrasformatore. L'installazione è più semplice di quella con apparecchio di avviamento stella-triangolo o con reostato rotorico perchè richiede solo tre fili per attacco al motore anzichè sei.

L'autotrasformatore permette inoltre di operare, occorrendo una frenatura semplice e sicura. Quest'operazione coi motori asincroni ad anelli si compie di solito facendo funzionare la macchina come generatrice sincrona. Il sistema non è applicabile ai motori in corto circuito in ragione della scarsa resistenza rotorica e delle complicazioni che trascinerebbe, nè d'altra parte conviene pensare ad incrociare due dei fili d'alimentazione. Disponendo dell'autotrasformatore basterà, staccato il motore, alimentare a tensione ridotta, scambiando le connessioni di due dei fili che portano la corrente. Si può ridurre così il richiamo di corrente ai valori tollerati all'avviamento, pur disponendo di una coppia frenante di valore definito benchè molto inferiore di quella all'avviamento.

Altro dispositivo per l'avviamento è l'inserzione sul circuito statorico di resistenze; i vantaggi che il metodo presenta sono semplicità costruttiva, facilità di manovra ed elevamento del fattore di potenza; per contro, con richiami di corrente relativamente alti si hanno coppie più deboli di quelle realizzabili con l'autotrasformatore. Il dispositivo analogo in cui al posto della resistenza si inserisce una induttanza non fornisce alcun vantaggio e non merita di essere preso in considerazione.

Si nota che con qualsiasi dispositivo, la caduta di tensione all'avviamento è pressocchè indipendente dal fattore di potenza, almeno nella zona tra cos φ = 0,2 e cos φ = 0,76 che corrisponde appunto ai fattori di potenza dei motori asincroni all'avviamento.

Cu.

CORRENTE DI AVVIAMENTO COMPLESSIVA DI MOTORI ASINCRONI CON ROTORE IN CORTO CIRCUITO INSERITI A GRUPPI.

Siem. Zeitsch., N. 12, dicembre 1930. – K. MELLER.

L'A. constata che i motori a induzione in corto circuito tendono a diffondersi sempre più per la crescente applicazione dei comandi singoli nelle macchine operatrici e per i vantaggi economici che essi presentano; ritiene perciò che siano ingiustificate e ormai superate le disposizioni restrittive che molte Società elettriche mantengono ancora in vigore nei riguardi di questi motori. E a sostegno della sua tesi riferisce circa misure eseguite in Germania per controllare l'effetto esercitato all'avviamento sulla rete da motori asincroni in corto circuito inseriti in gruppi. Le misure riguardavano la corrente di avviamento di motori impiegati per comandare macchine utensili.

Per avere un orientamento sulla durata dell'avviamento, e cioè della corrente di avviamento, furono calcolati i tempi di avviamento di un tornio medio comandato da un motore trifase da 3 kW a commutazione di poli con velocità di 750 a 1500 giri al minuto.

A base fu presa la formula di Rüdenberg (1):

$$t = T_k \left(\frac{\sigma_1^2 - \sigma_2^2}{4\,\sigma_k} + \frac{\sigma_k}{2}\, l\,n\, \frac{\sigma_1}{\sigma_2}\right)$$

Oltre che all'indotto del motore, l'accelerazione deve essere impressa agli ingranaggi del tornio: perciò bisogna determinare i momenti d'inerzia di queste parti riferite all'albero del motore. A seconda del rapporto adottato tra motore e mandrino, viene impressa una diversa accelerazione alle singole parti dell'ingranaggio di comando. In una tabella l'A. riporta i momenti d'inerzia ai diversi giri per le diverse parti del tornio. Viene pure dato il GD^2 della macchina calcolata in base al momento d'inerzia riferito all'albero del motore.

Dalla tabella si vede che gli ingranaggi non esercitano influsso notevole sulla grandezza del momento d'inerzia. Da un esame poi dei tempi di avviamento riportati in tabella si vede che essi dipendono dal numero di giri del mandrino, che sono relativamente brevi, cosicchè un esame si può fare solo per mezzo dell'oscillografo. Nelle figure 1 e 2 sono riprodotti gli oscillogrammi presi alle diverse condizioni di funzionamento: dall'oscillogramma della fig. 1, che riguarda un avviamento col

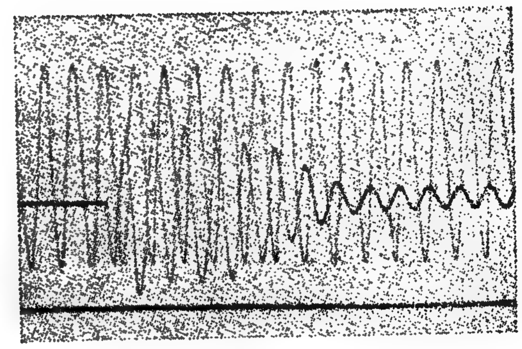


Fig. 1. - Oscillogramma della corrente di avviamento di un tornio per un numero di giri finale del mandrino di 6,1 al 1'.

motore a 720 giri e il mandrino del tornio a 6,1 giri, si ha un periodo di avviamento di 0,16 sec. Dall'oscillogramma della figura 2 si vede che a 1460 giri del motore e a 12,3 giri del tornio si ha una durata di avviamento di 0,44 sec. In una tabella sono poi riuniti i valori dei tempi di avviamento calcolati o misurati e si vede che la concordanza è notevole.

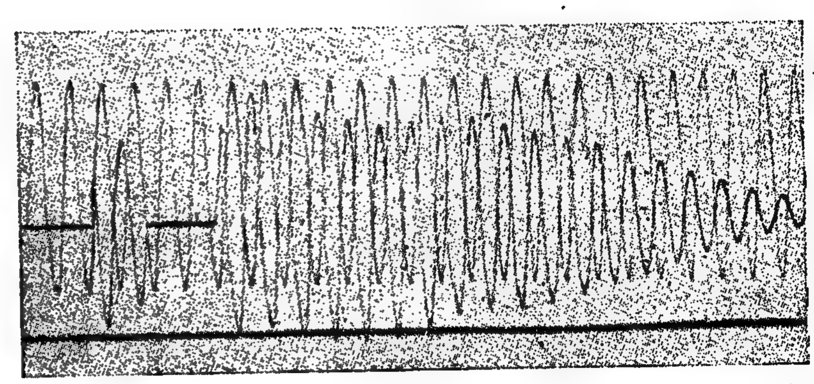


Fig. 2. - Oscillogramma della corrente di avviamento di un tornio per un numero di giri finale del mandrino di 12,3 al 1'.

L'A. si è proposto poi di ricercare se vi fossero altre macchine operatrici, per le quali eventualmente si dessero tempi di avviamento più lunghi. A questo riguardo si vide che le macchine affilatrici con mole a smeriglio di grande diametro sono quelle che presentano tempi di avviamento più lunghi: fu eseguita una indagine si di una mola ad asse orizzontale comandata da un motore da 22 kW. Il diagramma della fig. 3 dà la corrente di

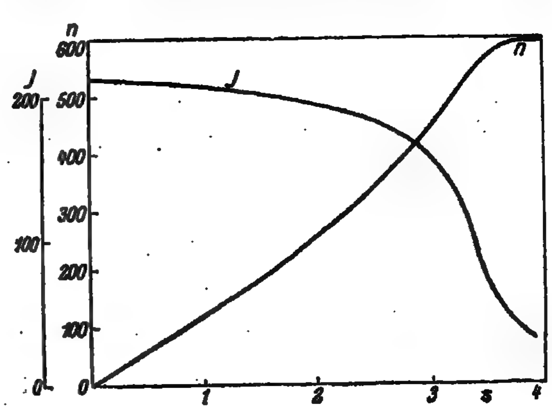


Fig. 3. - Curve della corrente e del numero dei giri all'avviamento di una mola a smeriglio direttamente accoppiata a un motore a induzione con rotore in corto circuito da 22 kW.

avviamento e il numero dei giri. In questo caso l'avviamento durò solo 3,88 secondi con una corrente di avviamento pari a 4,55 volte quella normale.

Fu poi fatto un esperimento in un'officina con 21 macchine utensili, comandate ciascuna da un motore asincrono con rotore in corto circuito da 2,6 kW. In servizio erano peraltro solo 17 macchine: alle prime misure si vide che era possibile ricavare un oscillogramma utilizzabile, perchè la messa in servizio delle diverse macchine non avveniva contemporaneamente, ma in un periodo di tempo relativamente lungo. Ma anche se si fosse potuto mettere in servizio tutte le macchine al massimo in due minuti, con una velocità della striscia di carta dell'oscillografo di 100 mm al secondo, sarebbe stata necessaria una striscia di 12 m per registrare l'avviamento delle 17 macchine.

(1) Vedi: RUDENBERG: *Elektrische Schaltvorgänge*. 1926, pag. 126 e seguenti.

Per realizzare allora un esperimento nelle condizioni più sfavorevoli, fu disposto che le macchine venissero attaccate tutte contemporaneamente ad un dato segnale. Benchè l'avviamento si fosse eseguito in soli 28 secondi, non si verificarono sensibili punte di corrente.

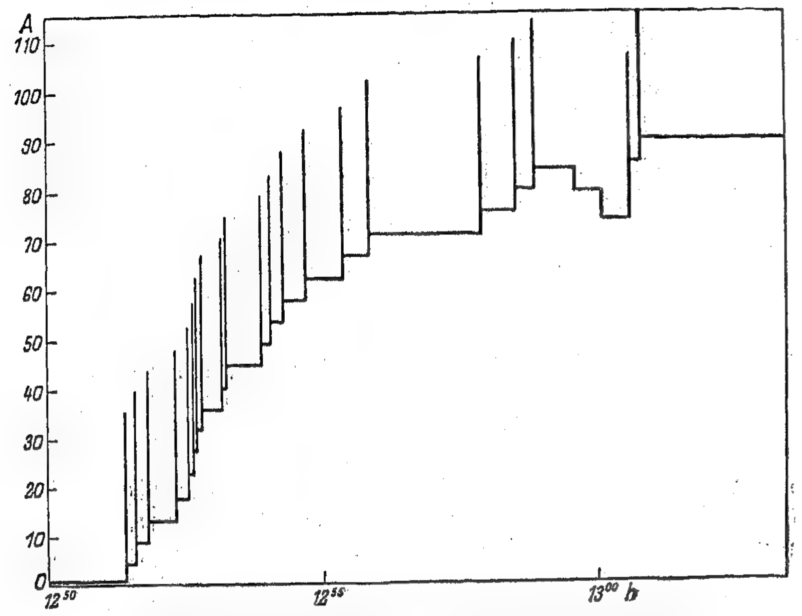


Fig. 4. - Determinazione delle correnti di avviamento di 17 motori avviati quasi contemporaneamente.

Furono poi ripetute le esperienze in altre officine. Poichè la messa in marcia di tutte le macchine esigeva da 5 a 10 minuti, non si potè ricorrere all'oscillografo; si fecero le misure con un wattmetro indicatore. Poichè si trattava di motori simili, il cui rendimento e le cui condizioni di avviamento erano note, si potè determinare l'assorbimento di corrente anche all'avviamento. Il risultato è riassunto nella figura 4. Per la corrente di

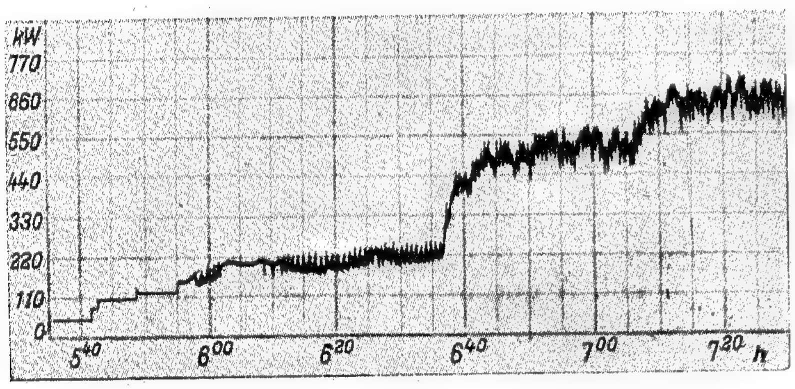


Fig. 5. - Diagramma di avviamento all'inizio del lavoro in una fabbrica con una potenza installata di 3100 kW.

punta fu preso un valore pari a 5 volte la corrente normale e per il tempo di avviamento 1 s. La figura mostra che non ha luogo una sovrapposizione delle correnti di avviamento, data la breve durata dell'avviamento e la lunga durata del tempo richiesto per la messa in marcia di tutte le macchine.

Furono infine fatte prove in un grande impianto, una fabbrica con una potenza installata di 3100 kW. Anche qui le prove furono fatte coll'aiuto di un wattmetro. Le figg. 5 e 6 danno

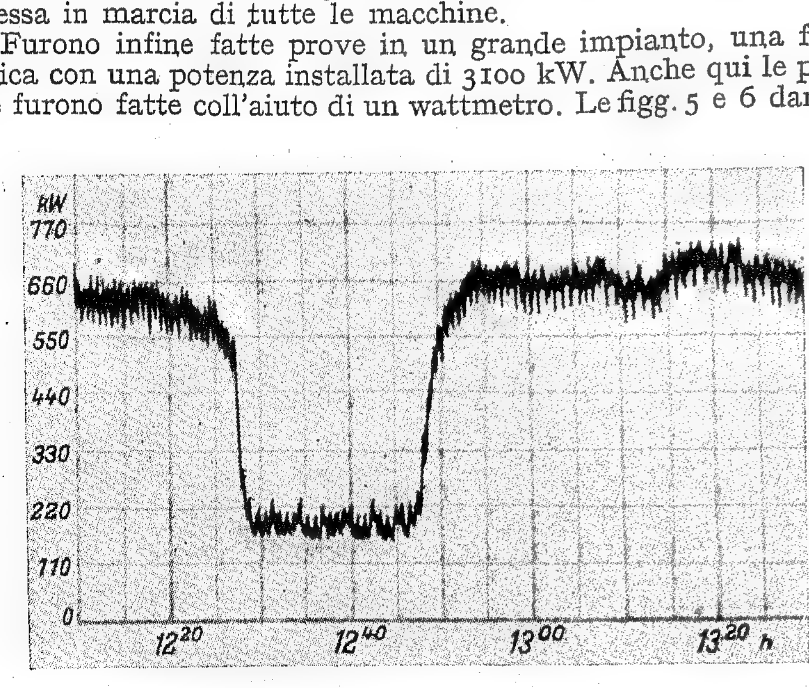


Fig. 6. - Diagramma di carico nel periodo di arresto di mezzodì in una fabbrica con una potenza installata di 3100 kW.

i diagrammi della potenza assorbita rispettivamente al mattino durante gli avviamenti e nel periodo di mezzogiorno. In quest'ultimo diagramma si vede come era rapida la ripresa del lavoro: in dieci minuti furono rimesse in moto tutte le macchine. Si vede peraltro che anche qui non vi è sensibile sovrapposizione di correnti d'avviamento in modo pericoloso.

Le misure eseguite non si possono certamente considerare di valore assoluto: ma permettono di giungere alla conclusione che per tutte le macchine operatrici con breve durata di avviamento si verificano condizioni simili. Anche per motori più grandi e per durate di avviamento più lunghe le cose non si svolgono diversamente. Perchè anche qui il tempo di avviamento del motore, in paragone a quello del gruppo, è così piccolo che non c'è da pensare ad una sovrapposizione delle singole correnti di avviamento.

Le misure eseguite mostrano per altro che le restrizioni oggi esistenti contro l'uso dei motori in corto circuito nella maggior parte dei casi sono infondate e dovrebbero essere rivedute.

Ma anche in impianti industriali con propria produzione di energia elettrica vengono spesso sollevate difficoltà per l'uso dei motori in corto circuito: però le misure eseguite possono anche qui consigliare di mitigare queste opposizioni perchè non si può verificare che all'avviamento la corrente assorbita giunga ad un valore troppo elevato.

T. S.

IL RAFFREDDAMENTO DELLE MACCHINE ELETTRICHE (1

J. I. E. E., Londra gennaio 1931, pag. 121.

Il raffreddamento del macchinario elettrico rappresenta sempre il problema più preoccupante per il progettista; gli isolanti si alterano facilmente col calore e bisogna perciò prevedere nella macchina dei condotti di sezione abbondante per assicurare la ventilazione. Agli effetti del riscaldamento le macchine elettriche si possono raggruppare in tre categorie:

1) Macchine con lo statore e il rotore cilindrici (turboalternatori e motori asincroni);
2) » » » » a poli salienti e col rotore cilindrico (dinamo e convertitori rotanti);
3) » » » » cilindrico e col rotore a poli salienti (alternatori di tipo normale)

La ventilazione nell'interno delle macchine elettriche si può realizzare in tre modi: facendo muovere l'aria radialmente oppure assialmente, oppure in entrambi i modi convenientemente combinati. Nei motori asincroni fino a 25 cm di lunghezza del rotore la ventilazione radiale si ottiene con delle palette fissate agli estremi del rotore in modo da lanciare l'aria contro le teste di matassa; se la lunghezza del rotore è maggiore si dispongono dei condotti radiali anche nello spessore del pacchetto delle lamiere. La ventilazione assiale è stata applicata specialmente nei motori per trazione e la circolazione dell'aria è assicurata da un apposito ventilatore. La ventilazione mista si applica nelle macchine di maggiore importanza e di notevole lunghezza (turboalternatori).

La dissipazione del calore lungo l'asse della macchina fà sopraelevare la temperatura della zona centrale; si valuta che il salto di temperatura fra il centro e una delle estremità del rotore sia proporzionale al quadrato della lunghezza di questo. Il calore prodotto nel rotore può propagarsi allo statore attraverso all'intraferro, in tal caso la quantità del calore che si può disperdere a parità di ogni altra condizione è direttamente proporzionale alla velocità periferica del rotore mentre sembra essere indipendente dallo spessore dell'intraferro almeno finchè questo si mantiene abbastanza piccolo. Il calore che si forma nei conduttori dell'avvolgimento deve attraversare l'isolante per raggiungere il nucleo magnetico; il salto di temperatura che così si stabilisce è minore se l'avvolgimento è impregnato con vernici ed è ben aderente alle pareti delle cave. Nelle macchine a poli salienti bisogna curare che gli avvolgimenti d'eccitazione siano ben aderenti al corpo dei poli ed è perciò consigliabile dare a questi una forma leggermente conica in modo da potere forzare le bobine.

La sopraelevazione della temperatura dell'aria all'uscita dalla macchina è di solito compresa fra il 30 e il 50% della differenza di temperatura massima fra il rame e l'aria ambiente. Supponendo che l'aria si scaldi di 40° C, si dovrà far circolare attraverso alla macchina da 2 a 3 m^3 di aria al minuto per kW di potenza perduta; il valore minore si riferisce al caso di una circolazione d'aria molto rapida quale può prodursi con una notevole differenza di pressione fra l'entrata e l'uscita dalla macchina.

L'aria asporta meglio il calore quando è animata da un moto

turbolento molto vivace nei condotti ed una buona parte del dislivello di pressione serve appunto a tale scopo. Il vantaggio che si ottiene nella dispersione del calore cresce con l'aumentare della velocità periferica fino ad un certo limite oltre il quale non c'è più convenienza ad andare; stabilita la velocità più adatta che si deve dare all'aria si deduce la pressione che il ventilatore deve fornirle calcolando le perdite di carico nei condotti che l'aria dovrà percorrere con formule che variano da caso a caso. Il ventilatore è di solito costituito con palette disposte radialmente, la pressione h che l'aria acquista uscendo dalle pale si può valutare con la seguente formula:

$$h = 0{,}123\ v^2$$

dove h è espresso in mm di acqua e v è la velocità periferica massima delle pale in m/sec e si suppone che l'aria abbia una densità di 1,190 kg/m³. Il rendimento di questo tipo di ventilatore non è mai maggiore del 50%, un miglioramento si potrebbe realizzare applicando un diffusore fisso allo statore in modo da ricuperare una parte dell'energia cinetica che l'aria possiede all'uscita delle pale. L'A. riporta anche le formule per calcolare le perdite di carico attraverso al ventilatore nei casi più generali che le pale siano a profilo curvo oppure a profilo rettilineo, ma inclinate di un certo angolo rispetto alla direzione radiale. In generale non conviene aumentare troppo la velocità periferica delle pale quando la stessa pressione si può ottenere studiando opportunamente il profilo delle pale. La velocità V dell'aria fra le pale del ventilatore si calcola con la seguente formula:

$$V = (940 \div 1400)\ \sqrt{h}$$

dove V è la velocità periferica dell'aria in m/sec e h la perdita di carico in mm d'acqua attraverso alla macchina esclusa quella che si verifica nel ventilatore per attrito, ecc.

Il ventilatore può diventare una causa di rumore molto noiosa quando l'aria va a battere con violenza contro le squadre metalliche che sostengono le teste di matassa, è sempre desiderabile assicurare all'aria un deflusso regolare senza ostacoli anche perchè ciò fa migliorare il rendimento del ventilatore. I perfezionamenti introdotti nei sistemi di ventilazione del macchinario elettrico da 40 anni ad oggi hanno permesso di ridurre il peso delle macchine a circa la metà.

A completamento del suo studio l'A. riporta una tabella contenente molti valori di conducibilità termica di tutti i materiali metallici ed isolanti che compongono una macchina elettrica.

I. L.

---

m) PRODUZIONE DI CORRENTE CONTINUA AD ALTA TENSIONE DA CORRENTE ALTERNATA TRIFASE

E.T.Z., N. 43, 23 ottobre 1930. – W. Deutsch e W. Hoss.

I campi, nei quali oggi si richiede l'uso di corrente continua ad alta tensione, sono molto ristretti: ingenti trasporti di energia a corrente continua fino a 100 000 V si verificano in casi assai rari. Invece si presenta sovente il problema di produrre corrente continua ad alta tensione in potenze limitate, quali occorrono nella tecnica di misura dei cavi e in generale per applicazioni che si presentano nelle ricerche scientifiche. Per correnti deboli di alcuni milliampere è sufficiente anche un incompleto raddrizzamento della corrente alternata; in certi casi basta ottenere una corrente pulsante e perciò si raddrizza

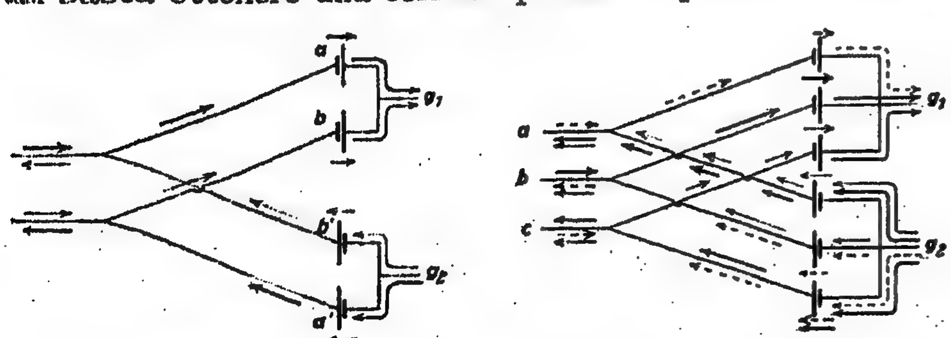


Fig. 1. - Schemi di Graetz per corrente monofase e per corrente trifase.

solo mezza onda: per ottenere un miglioramento nella curva della corrente raddrizzata si usano gli stessi schemi adottati per i raddrizzatori a vapore di mercurio per grandi potenze. Finora la corrente continua si otteneva con dispositivi a catodo incandescente od anche con raddrizzatori meccanici: però questi ultimi non venivano ancora costruiti per corrente alternata trifase.

Si è ora però venuti alla costruzione di raddrizzatori meccanici di corrente trifase e scopo degli A.A. è appunto quello di riferire in merito ad essi.

Gli schemi di Graetz usati per raddrizzare corrente monofase o trifase in corrente continua mediante valvole sono rappresentati entrambi nella fig. 1. Per la corrente monofase occorrono quattro valvole e sei invece per la corrente trifase. Nella figura 2 sono rappresentati i corrispondenti schemi di

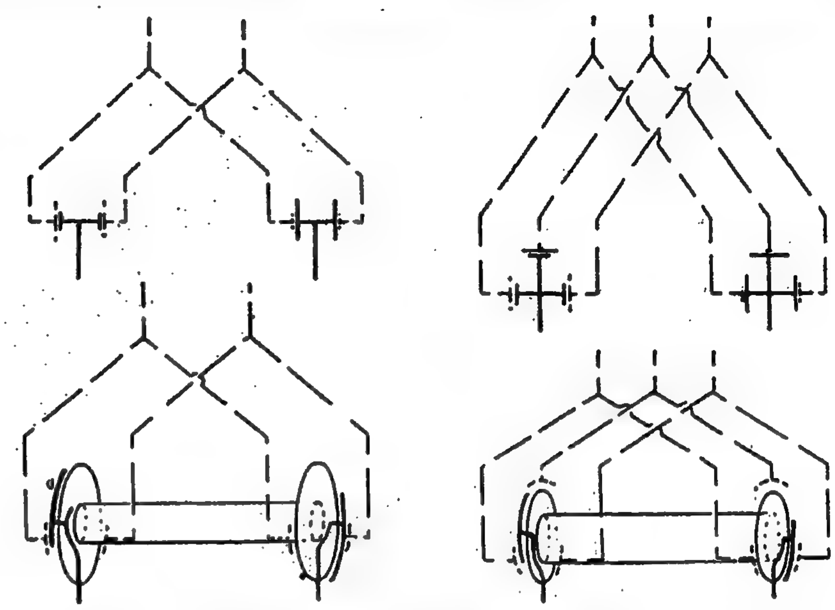


Fig. 2. - Raddrizzatori meccanici monofase e trifase.

raddrizzatori meccanici rispettivamente monofase e trifase. Si vede che qui le valvole sono sostituite da contatti, che sincronicamente colla corrente alternata riproducono il chiudersi e l'aprirsi di una valvola in modo meccanico. Si può realizzare

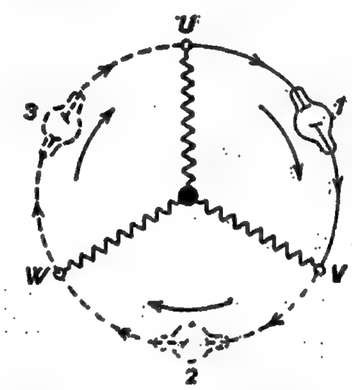


Fig. 3. - Schema di funzionamento del raddrizzatore trifase.

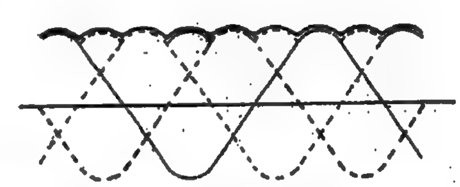


Fig. 4. - Forma della curva della corrente trifase raddrizzata.

un tale raddrizzatore per mezzo di due dischi di materiale isolante assicurati ad un albero comandato da un motore sincrono. Alla periferia di tali dischi e diametralmente opposti sono situati i contatti indicati negli schemi della fig. 2. Aumentando il numero delle coppie di contatti diametralmente opposti si può diminuire il numero dei giri della macchina raddrizzatrice.

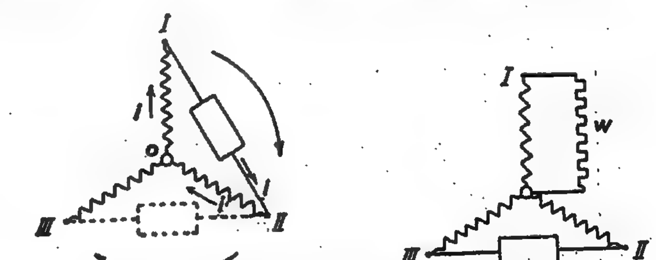


Fig. 5. - Schema di funzionamento della commutazione.

La fig. 3 dà lo schema di funzionamento di un raddrizzatore da corrente trifase: l'apparecchio utilizzatore è un tubo per raggi X e l'effetto di raddrizzamento si può compendiare teoricamente immaginando che i tubi vengano portati uno dietro all'altro nelle posizioni 1, 2 ecc. e che lo scambio ciclico avvenga sei volte in ogni cinquantesimo di secondo. Nella fig. 4 le tre curve rappresentano le tensioni concatenate del trasformatore, come forma dell'alta tensione continua raddrizzata si ha la curva ondulata a tratto forte.

Dalla fig. 5 si vede che al passaggio dalla fase I II alla fase II III l'avvolgimento del trasformatore O II non subisce alcuna interruzione della corrente, ma questo passaggio viene

invece improvvisamente interrotto nella fase O I: specialmente per grandi potenze si verificano perciò sovratensioni, per compensare le quali bisogna inserire improvvisamente nell'avvol-

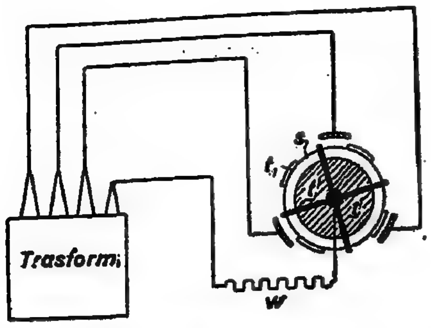


Fig. 6. - Raddrizzatore con due dischi.

gimento (fig. 5) del trasformatore, che resta senza corrente, una resistenza calcolata in modo che non si abbia più interruzione di corrente. L'inserzione di queste resistenze avviene per mezzo di contatti rotanti assicurati alla periferia di un disco di materiale isolante. La fig. 6 mostra com'è realizzato lo

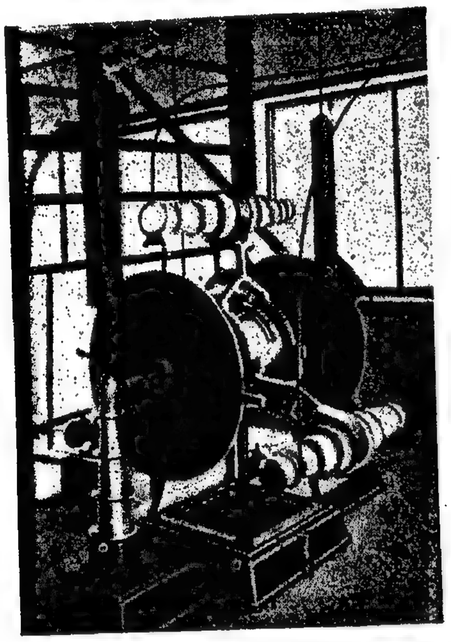


Fig. 7. - Impianto di generazione a corrente continua ad alta tensione con raddrizzatore meccanico trifase.

schema. Dalla fig. 7 si vede come è stato ottenuto praticamente un tale raddrizzatore meccanico: viene usato un motore sincrono, il cui statore è girevole; da un lato del motore si trova il disco principale, che assicura il raddrizzamento della corrente: dall'altro lato vi è il cosiddetto disco di compensazione.

Un tale raddrizzatore, che dà una corrente continua costante, trova molte applicazioni specialmente nel campo medicale, nella tecnica dei raggi X. Il suo esercizio d'altra parte non ri-

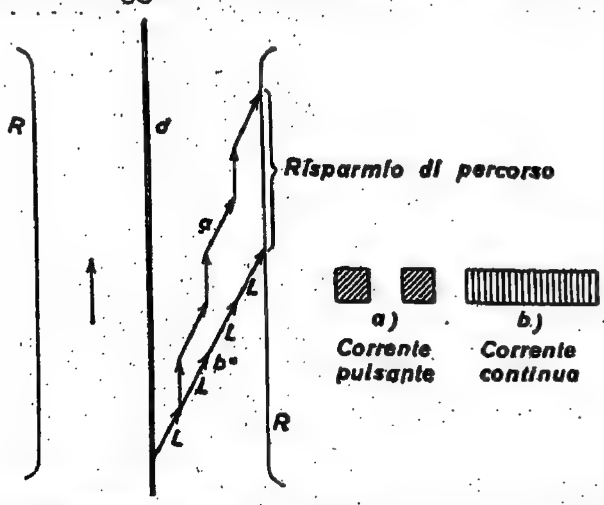


Fig. 8. - Movimento delle particelle nella depurazione elettrica dei gas.

chiede maggior sorveglianza di quella di un raddrizzatore a valvole. Inoltre con questo raddrizzatore si può fare a meno di qualsiasi condensatore.

Un'altra applicazione si ha nella depurazione elettrica dei gas: qui si tratta, come è noto, di caricare le piccole particelle sospese nei gas per mezzo dell'effetto corona e di farle muovere nel campo elettrostatico verso un elettrodo.

Con corrente pulsante le particelle vengono alternativamente influenzate dalla corrente di gas e da l campo elettrico con che le loro traiettorie verso l'elettrodo assumono un aspetto scaliforme, mentre coll'uso del raddrizzatore meccanico, data la grande regolarità della curva della corrente, le traiettorie stesse assumono un aspetto di curva continua. Dalla fig. 8 si può vedere schematicamente il percorso delle particelle nei due casi. In questo campo sono ormai in funzione raddrizzatori meccanici per complessivi 1000 kW.

Un altro vantaggio di questi raddrizzatori è che essi danno un carico assolutamente equilibrato sulla rete trifase.

T. S.

DISPOSITIVI AUTOMATICI PER IL CONTROLLO DELLA CARICA E SCARICA DELLE BATTERIE DI ACCUMULATORI

Bulletin S.E.V. N. 12, 20 giugno 1930 – W. Janicki.

Con lo sviluppo delle applicazioni industriali dell'elettricità le batterie di accumulatori, lungi dal perdere terreno, hanno conservato un dominio loro proprio che è andato allargandosi sempre più. Così, accanto alle applicazioni delle batterie stazionarie nelle centrali elettriche, sottostazioni di conversione, impianti telefonici, ed all'impiego di esse come riserva di sicurezza per l'illuminazione di stabilimenti, uffici, ospedali, banche, ecc. è andato moltiplicandosi l'impiego delle batterie di accumulatori trasportabili per l'equipaggiamento di motrici negli stabilimenti industriali o servizi di miniere, autobus, carri elettrici per servizi urbani diversi, per automobili come batterie di avviamento e per illuminazione, per impianti radio in qualità di batterie anodiche o di accensione, ecc.

Il diffondersi dell'impiego degli accumulatori nei trasporti portò come conseguenza l'impossibilità di affidare le batterie sempre a personale specializzato per le operazioni di carica e per il controllo della scarica. In particolare, per piccoli veicoli ad accumulatori, il proprietario che è spesso anche il conduttore e la persona incaricata di sorvegliare la scarica o la carica delle batterie montate sul veicolo, non può possedere la competenza necessaria per assolvere bene quest'ultimo compito. Si aggiunga poi il fatto che la carica delle batterie montate su veicoli deve essere effettuata in generale di notte e quindi in condizioni di sorveglianza non buone. È manifesta, in queste condizioni, l'opportunità di supplire alla impossibilità del controllo oppure all'incompetenza del personale incaricato del controllo stesso, mediante dispositivi automatici. L'impiego di questi dispositivi

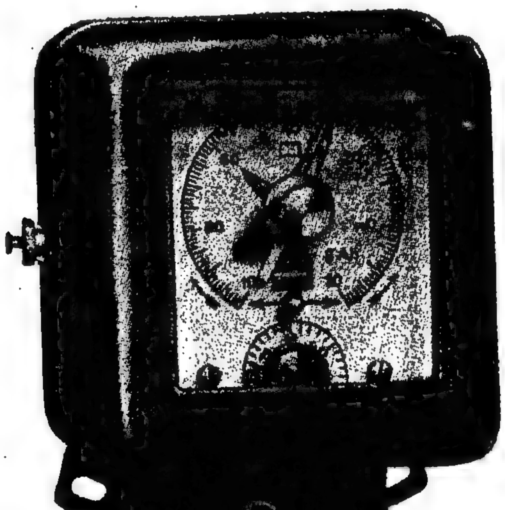


Fig. 1. - Contatore di Ah per accumulatori (ca 1/4 della grandez naturale).

diventa poi indispensabile là dove, come negli impianti tele nici, è assolutamente indispensabile che la carica o la scari delle batterie avvenga dietro un controllo automatico, senza p sibilità di errori che potrebbero essere causa di dannose inter zioni in un servizio estremamente delicato.

Tra i vari procedimenti impiegati per controllare la car e la scarica delle batterie di accumulatori, l'A. ne ricorda che hanno dato in pratica buoni risultati: l'impiego dell'int ruttore automatico di carica sistema Pöhler e l'adozione contatori di Ah di tipo speciale.

La costruzione ed il funzionamento di un interruttore au matico di carica si basa sulle seguenti proprietà degli accu latori al piombo:

1° La tensione di carica dei singoli elementi, a partire l'inizio dello sviluppo di gas, sale rapidamente da 2,3 a 2,6

2° Quando la tensione di un elemento ha raggiunto i 2,4 V, a parità di corrente di carica, è necessaria una quantità di energia costante per completare la carica. L'interruttore sistema Pöhler presuppone appunto costante il tempo che passa fra l'inizio dello sviluppo di gas e la carica ultimata.

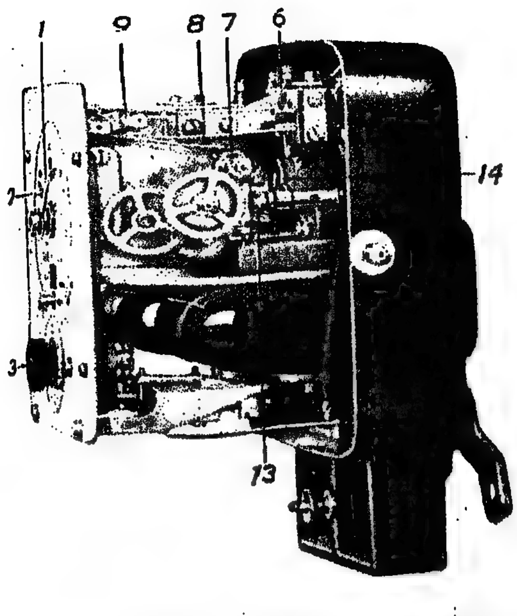


Fig. 2. - Vista laterale di un contatore aperto.

1. Indice nero mobile.
2. Indice rosso fisso.
3. Bottone.
6. Dispositivo a contatti
7. Ruota con nottolino.
8. Molla.
9. Punta isolata.
13. Vite di fissaggio.
14. Portaspazzole.

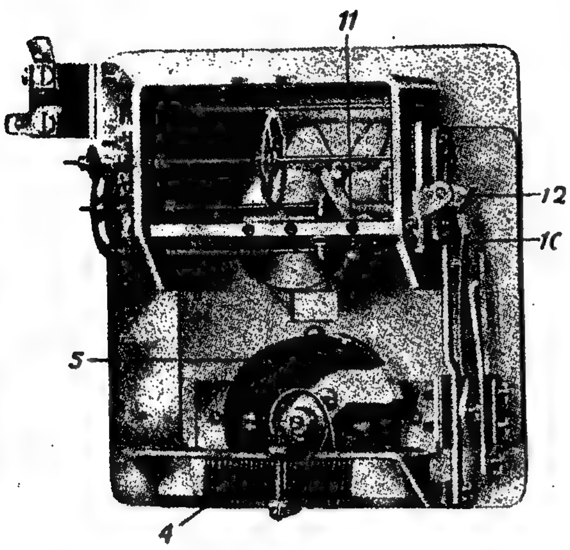


Fig. 3. - Vista posteriore del quadrante e del meccanismo di scatto

4. Resistenza di taratura.
5. Resistenza di regolazione.
10. Dispositivo di commutazione.
11. Leva di scatto.

Per ottenere un controllo continuo delle condizioni di carica e scarica delle batterie, indipendentemente dai sistemi malcomodi ed incerti di verifica diretta dell'acidità dell'elettrolito oppure della tensione ai morsetti, si impiega un contatore speciale che indica direttamente, in ogni istante, l'energia ancora disponibile durante la carica oppure quella necessaria per completare la carica.

Sono molti i tipi di contatori che si possono impiegare allo scopo: l'A. ne descrive uno, costruito dalla Ditta Landis e Gyr (fig. 1), le cui caratteristiche corrispondono a quanto segue.

L'indotto a disco del contatore è avvolto con tre bobine poste fra due dischi di alluminio e si muove nel campo generato da due magneti di acciaio. L'indotto è munito di collettore a spazzole; queste fanno capo ai morsetti che vengono collegati con una resistenza inserita nel circuito della batteria e montata esternamente all'apparecchio. Una piccola resistenza inserita nel circuito dell'indotto serve per la taratura dello strumento.

Il quadrante a due dischi dell'apparecchio è graduato in *Ah*. Dei due indici uno, segnato in nero sulla punta, è collegato all'equipaggio mobile mediante un rotismo, l'altro, segnato in rosso, dev'essere spostato a mano sulla graduazione che corrisponde alla minima capacità ammessa a fine scarica. All'inizio della scarica l'indice 1 (fig. 2) che si trova sulla graduazione *O*, incomincia a spostarsi nel senso contrario a quella delle lancette dell'orologio e si avvicina all'indice 2. Raggiunto quest'ultimo, la scarica è ultimata.

Durante la scarica l'indice 1 si sposta in senso contrario e continua il movimento fino a quando non ha sorpassato la posizione *O*, onde compensare le perdite interne, notoriamente maggiori durante la carica che durante la scarica. Prima di iniziare una nuova scarica, l'indice mobile viene portato sulla posizione *O*, con la manovra di un pulsante.

A parità di corrente, lo spostamento dell'indice durante la carica deve avvenire più lentamente che durante la scarica: questo viene ottenuto con l'inserzione nel circuito dell'armatura del contatore di una resistenza 5 (fig. 3) che viene messa in corto circuito durante la scarica. L'inserzione della resitenza 5 è regolata con la manovra del bottone situato nella parte inferiore del disco (fig. 2), la cui posizione è determinata dal rendimento della batteria, riferito agli *Ah*. La scala su cui si sposta l'indice collegato col bottone è graduata direttamente in %. Le fig. 2 e 3 rappresentano il meccanismo atto a realizzare il funzionamento del contatore in relazione al rendimento della batteria. La resistenza di regolazione è montata sul disco 5 al disopra della resistenza di taratura 4. Durante la scarica, un nottolino montato sull'asse della rotella 7, rotante in senso contrario alle lancette dell'orologio, provoca lo spostamento verso il basso della molla 8 ed il funzionamento del dispositivo 6 che chiude in corto circuito la resistenza 5. Durante la carica, il movimento opposto della rotella 7 e del dispositivo a contatto 6 inserisce la resistenza nel circuito dell'indotto che assume la velocità che gli compete. Con una scelta opportuna della resistenza, l'indice 1 raggiunge la graduazione *O* quando la batteria è completamente caricata. L'indicazione della carica ultimata e la segnalazione di essa può essere controllata da un dispositivo del conduttore che entra in azione a fine carica. Nell'apparecchio descritto, il dispositivo 10 (figura 3) consta di un commutatore comandato dall'indice mobile quando quest'ultimo passa per la posizione *O*. Il dispositivo di scatto provoca la chiusura del circuito che fa capo ai morsetti 1 e 2 (fig. 5) e, contemporaneamente, un segno rosso compare in corrispondenza di una finestra praticata nel quadrante del contatore. Se è ricominciato il processo di scarica della batteria, il dispositivo di scatto apre il circuito che fa capo ai morsetti 1 e 2 o chiude il circuito dei morsetti 2 e 3. Il segno rosso sul quadrante scompare.

I morsetti 1, 2, 3 possono essere utilizzati per segnalare mediante lampadine, suoneria, sirena ecc. se la batteria è completamente caricata o meno oppure per provocare la disinserzione dell'automatico del gruppo di carica o per togliere l'alimentazione del motore ad esplosione eventualmente impiegato per comandare la dinamo di carica. La disinserzione automatica del gruppo di carica può venire

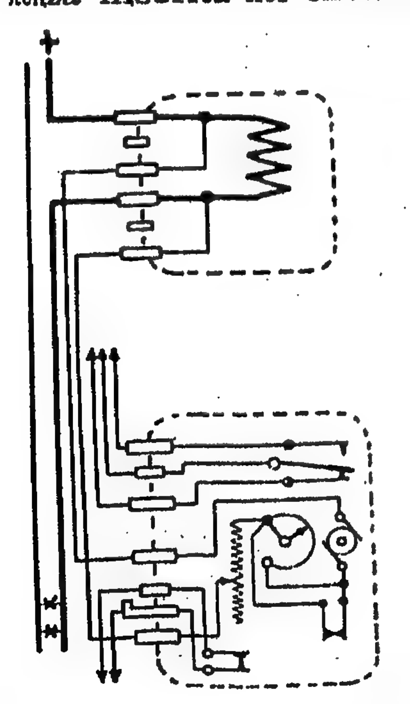


Fig. 4. - Schema delle connessioni di un contatore per accumulatori, senza dispositivo commutatore.

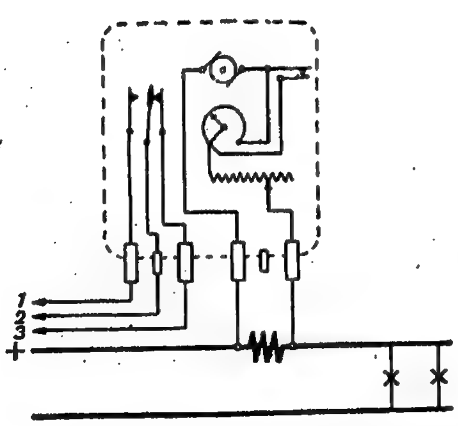


Fig. 5. - Schema delle connessioni di un contatore per accumulatori, con dispositivo commutatore e dispositivo di regolazione in funzione del rendimento.

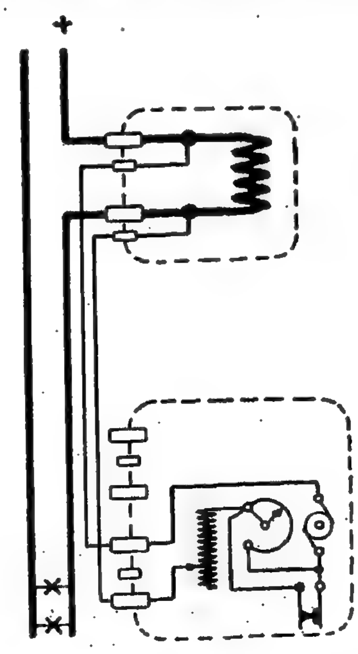


Fig. 6. - Schema delle connessioni di un contatore con contatto di fine carica non spostabile, contatto di fine scarica spostabile e dispositivo di regolazione.

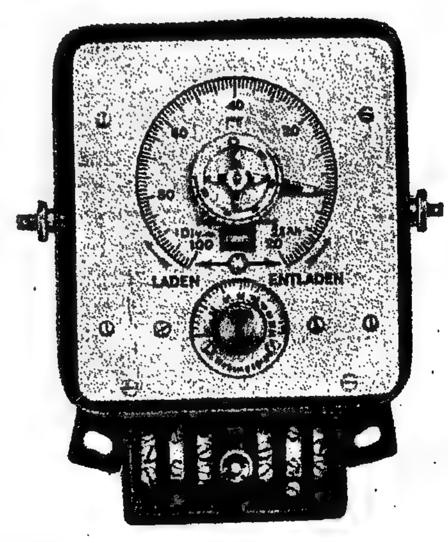


Fig. 7. - Contatore con dispositivo di regolazione in funzione del rendimento, contatto di fine carica non spostabile, contatto di fine carica spostabile e dispositivo di segnalazione.

sussidiata dall'inserzione mediante interruttore orario a contatti ad ora prefissata.

L'automatismo completo del processo di carica è ottenuto mediante l'apparecchio modificato secondo la fig. 7. In esso il dispositivo di scatto entra in funzione a fine carica e quando la batteria ha raggiunto un grado di scarica prefissato e regolabile a priori. La segnalazione di fine carica viene ottenuta, come prima, mediante l'indice 1 mentre quella del raggiunto grado di scarica è provocata da un altro indice, mobile su un quadrante concentrico a quello principale e graduato in % della capacità della batteria (fig. 7). I due indici segnalano gli estremi della carica e della scarica e possono provare rispettivamente, attraverso circuiti ausiliari, la disinserzione e l'inserzione automatica del gruppo di carica. L'apparecchio è munito pure di contatto d'allarme che entra in funzione se, a scarica completamente ultimata, il dispositivo di scatto automatico non ha funzionato. Esso può essere anche utilizzato per disinserire la batteria del circuito se il processo automatico di carica non avviene più regolarmente.

d. m.

SUL RICOPRIMENTO DEI CONDUTTORI ISOLATI

V. D. I., N. 51, 20 dicembre 1930. – K Sieber.

Il ricoprimento con tessuto di un conduttore isolato ha una grande importanza agli effetti delle qualità tecniche e del costo del conduttore stesso. Ciò non ostante, mentre esistono prescrizioni che regolano la scelta delle qualità meccaniche dei conduttori ed elettriche degli isolanti, nessuna norma regola l'operazione di rivestimento con tessuto dei conduttori isolati. L'A. si propone pertanto di riempire una lacuna ricavando alcune equazioni e grafici che guidano alla scelta del tessuto adatto per il ricoprimento più razionale dei conduttori stessi. Gli elementi fondamentali per la scelta del tessuto sono la sua densità e l'angolo d'inclinazione (fig. 1) dei fili che lo costituiscono ri-

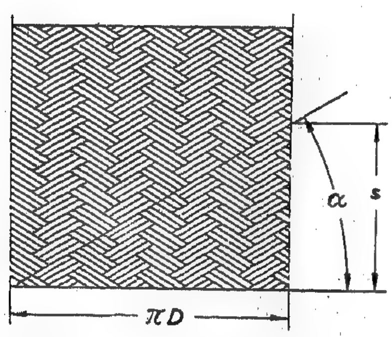


Fig. 1. - Copertura di 16 bobine a 3 fili svolta in piano.

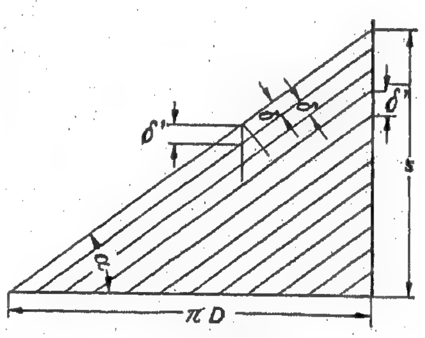


Fig. 2. - Rappresentazione schematica della copertura in un senso.

spetto ai piani normali dell'asse del conduttore. La densità deve essere tale da consentire un perfetto ricoprimento dell'isolante senza essere, d'altra parte, eccessiva, nel qual caso il ricoprimento del conduttore ne aumenterebbe in misura intollerabile il costo. L'inclinazione dei fili, anzidetta non deve superare, da un lato, un limite massimo di 55° allo scopo di consentire una buona aderenza del tessuto al conduttore e di non provocarne un facile deterioramento e, dall'altro lato, un limite minimo di 25° per non essere causa di difficoltà di esecuzione del tessuto medesimo.

Per dedurre le equazioni generali del tessuto, l'A. nota che esso è costituito da bobine avvolte a spirale nei due sensi — destrorso e sinistrorso — intorno al conduttore di diametro D ed intrecciate nel modo indicato nella fig. 1. Indicando con α l'angolo d'inclinazione; s il passo della spirale; δ la larghezza della striscia ricoperta dai fili di una bobina; a la metà del numero totale delle bobine; il tessuto ricopre interamente il conduttore se: (fig. 2)

$$\frac{s}{a} = \delta'$$

ossia

$$s = \frac{a\,\delta}{\cos\alpha}$$

da cui si deduce facilmente:

$$s = \frac{\pi D}{\sqrt{\left(\frac{\pi D}{a\,\delta}\right)^2 - 1}}$$

Se f è il numero dei fili di una bobina, tenendo presente che i fili estremi adiacenti di due bobine consecutive avvolte nello stesso senso non combaciano ma che, al contrario, distano in media di una quantità 0,6 d, ne consegue che:

$$\delta = d\,(f + 0{,}6)$$

È noto che ogni tessuto è contraddistinto da un numero N_a e che per i tessuti normalmente impiegati si mantiene costante la quantità

$$u = d_a \sqrt{N_a}$$

che esprime il prodotto del diametro dei fili per la radice quadrata del numero. Ne consegue che per un tessuto di numero N si ha:

$$d = \frac{u}{\sqrt{N}}$$

e quindi si ottiene l'equazione generale:

$$s = \frac{\pi D}{\sqrt{\frac{N\,(\pi D)^2}{[a\,u\,(f + 0{,}6)]^2} - 1}}$$

Per determinare la lunghezza L in m dei fili, necessari per un conduttore lungo 1000 m, prescindendo dalla sovrapposizione delle bobine avvolte nei due sensi, si può osservare che, essendo l'area laterale del conduttore di $\pi D\ 10^6$ mm² e $\frac{\delta}{f}$ la lunghezza della striscia ricoperta da un filo, si ha:

$$L = 2\,\frac{f}{\delta}\,\pi D\ 10^3\ \text{m}$$

Tenendo calcolo di un termine di correzione dovuto alla sovrapposizione delle bobine si ha:

$$L = 2\pi\,\frac{f}{\delta}\,(D + 1{,}75\ d)\ 10^3\ \text{m}$$

$$L = 2\pi\,\frac{f}{f + 0{,}6}\,\frac{\sqrt{N}}{u}\left(D + 1{,}75\,\frac{u}{\sqrt{N}}\right)10^3\ \text{m.}$$

Se Q è il peso in kg di 1000 m di filo, è $Q = k/N$, dove k è una costante che dipende dal numero scelto per il tessuto. Ne consegue che il peso di quest'ultimo necessario per un conduttore lungo 1000 m diventa:

$$G = 2\pi\,\frac{k}{u\sqrt{N}}\,\frac{f}{f + 0{,}6}\left(D + 1{,}75\,\frac{u}{\sqrt{N}}\right)\ \text{kg}$$

Per completare le equazioni atte ad individuare le caratteristiche del ricoprimento «più adatto» per un conduttore, l'A. determina ancora il tempo t in h necessario per l'esecuzione del riempimento stesso con la formula:

$$t = \frac{L}{60\ sn}\left(1 + \frac{p_v}{100}\right)10^3\ h$$

dove n rappresenta il numero delle spire avvolte in un minuto, L la lunghezza del conduttore e p_v la perdita di tempo espressa in %.

Le equazioni dedotte sono di carattere assolutamente generale; il loro impiego diretto si presenta, tuttavia, assai laborioso e porta a calcoli assai lunghi. Per semplificare, l'A. ha costruito alcuni nomogrammi che consentono di risolvere il problema trattato nei suoi più vasti aspetti con estrema facilità. Il metodo grafico permette pure un confronto assai appariscente della convenienza o meno di adottare uno piuttosto che un altro tipo di ricoprimento.

d. m.

LA TARIFFA A DIRITTO FISSO DELLE CENTRALI ELETTRICHE COMUNALI DI AMSTERDAM

Elektrizitäts Verwertung, N. 11, febbraio 1931. – Dott. M. W. Lulofs.

Il problema delle applicazioni domestiche è all'ordine del giorno; non c'è Congresso sull'elettricità ove questo tema non sia discusso a lungo, poichè i distributori di energia, data l'attuale crisi mondiale, si preoccupano di aumentare il consumo delle applicazioni elettro domestiche,

In Italia queste non hanno ancora avuto la diffusione che loro compete, principalmente per il fatto che sono forti le spese da sostenere per la costruzione del doppio impianto prescritto dagli Uffici Tecnici di Finanza, i quali obbligano a tenere separato il circuito in esenzione da quello soggetto a tassa.

Qualche esperimento per fornitura di energia per uso promiscuo di illuminazione e riscaldamento è stato già fatto anche nel nostro Paese da alcune Società distributrici.

Premesso che in Olanda non esistono tasse erariali, nè tasse comunali sul consumo di energia, qualunque sia il suo uso, crediamo interessante riportare quanto scrive il Dott. M. W. Lulofs, direttore della Centrale elettrica di Amsterdam sul sistema di vendita dell'energia adottato nella capitale olandese.

È molto usata presso i consumatori di energia elettrica, per il doppio scopo di luce e usi domestici, una tariffa a diritto fisso, la quale permette agli utenti di consumare energia per tutte le applicazioni domestiche al prezzo di L. 0,30 al kWh.

L'utente paga un diritto fisso mensile, fissatogli in base al suo consumo luce normale presunto, corrispondente ai costi fissi dell'Azienda; ogni altro kWh consumato, sia per luce che per usi domestici, è pagato in base ai costi variabili, e cioè a L. 0,30 al kWh.

Evidente ed enorme è il vantaggio che presenta questa tariffa, perchè l'Azienda ha assicurato un minimo d'introito a copertura dei suoi costi fissi, ed il consumatore non deve eseguire un circuito separato per il riscaldamento, ma può inserire gli apparecchi ad una comune presa di corrente della rete di illuminazione.

Il calcolo della somma fissa da pagarsi mensilmente, per il consumo luce normale presunto, si fa in base non solo alla superficie dei locali occupati dall'utente, ma anche alla loro particolare destinazione, con norme desunte dalle statistiche di molti anni; sono stati eseguiti per ogni tipo di camera, diagrammi del consumo luce normale annuo in funzione della superficie.

Consideriamo, ad esempio, il caso di un appartamento composto di una sala da pranzo, una cucina, un salotto, un corridoio, e due camere da letto.

La « base di illuminazione » per questa casa è allora:

Destinazione del locale	Superficie m²	Consumo luce presunto all'anno kWh
Cucina	14	42
Sala da pranzo	16	86
Salotto	16	26
Corridoio	6	12
Camera da letto	13	10
Camera da letto	13	10
Totale kWh		186

Il totale del consumo luce annuo presunto viene arrotondato per ottenere un multiplo di 12; nel caso preso in considerazione la « base di illuminazione » è fissata a 192 kWh.

Dunque per questo appartamento il diritto fisso è di 192 × L. 1,33 = L. 256 all'anno, cioè L. 21,4 al mese.

Il prezzo dell'energia, tenuto conto solo dei costi fissi dell'Azienda, è di L. 1,33 al kWh.

Inoltre l'utente deve pagare L. 0,30 per ogni kWh consumato in più della predetta « base di illuminazione », cioè, in questo caso, quando il consumo mensile sorpassa i 16 kWh mensili, (dati dal rapporto 192 : 12), l'utente paga l'energia in più consumata a L. 0,30 il kWh.

Il contratto per la tariffa a diritto fisso è stabilito per un anno; e nel caso di fabbricati con magazzini, studi, ecc., la casa è tassata come se si trattasse di un contratto normale per la tariffa a diritto fisso, specificando, per la parte che non è adibita ad abitazione, il numero delle lampade, la potenzialità di esse, e la destinazione dei locali (magazzini, studi, ecc.), e ciò per il numero d'ore di utilizzazione annua delle lampade, prefissato per ogni genere di locale.

Così si calcolano per:

un locale da magazzino	750	ore di utilizzazione
un locale da studio	300	» » »
un locale da caffè	2400	» » »

Ad esempio per una salumeria si procederà nel modo seguente:

Abitazione: come per un contratto normale per la tariffa a diritto fisso	kWh 186
Negozio: N. 3 lampade da 75 W, cioè 225 W × 750 ore di utilizzazione	» 169
Totale	kWh 355

Si arrotonda il totale a kWh 360.

1 Lampada all'esterno da 15 W × 750 ore di utilizzazione	kWh 112
1 Insegna luminosa da 10 × 50 W × 750 ore di utilizzazione	» 375
Totale	kWh 487

Si arrotonda il totale a kWh 492.

Il canone fisso per questa installazione è dunque:

360 kWh : 12 = 30	30 × L. 1,33 = L. 39,90
492 kWh : 12 = 41	41 × L. 1,33 = L. 54,53
Totale kWh 71 per mese	Totale L. 94,43 per mese.

Se nel caso contemplato il consumo mensile fosse superiore a 71 kWh, l'utente paga l'energia in più consumata a L. 0,30 al kWh.

È opportuno notare che i motori di una potenza fino ad 1 kW sono considerati come apparecchi domestici, e quindi possono essere allacciati al circuito; per quelli di potenza superiore, è necessario il contatore speciale per forza motrice.

Dunque con tale tariffa gli utenti, il cui consumo corrisponde al solo consumo luce normale presunto, pagheranno l'energia al prezzo di L. 1,33 per kWh; mentre quelli il cui consumo è superiore al normale, a causa specialmente della diffusione delle applicazioni domestiche, pagano l'energia per kWh ad un prezzo decrescente in proporzione al consumo.

E. de' B.

Pubblicazioni

DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.

Ing. GOMBERTO VEROI. - *Macchine elrttriche a corrente continua.* — Seconda edizione completamente rifatta degli « Elementi di Elettrotecnica ». - Unione Tipografico-Editrice Torinese, L. 65.

Il libro sugli « Elementi di Elettrotecnica » ha reso generalmente noto il nome dell'ing. Veroi nel campo degli studiosi di elettrotecnica. A quindici anni di distanza dalla prima edizione, dovendosi ristampare il lavoro, l'A. ha sentito l'opportunità di aggiornarlo e completarlo, ampliandolo anche in modo assai notevole, di modo che le parti che nel lavoro primitivo formavano capitoli, hanno assunto nel nuovo testo proporzioni tali da costituire volumi. L'opera completa comprenderà pertanto, quattro volumi, di cui il primo « Elettrotecnica generale » è già uscito lo scorso anno, e compare ora il secondo sulle « Macchine a corrente continua », mentre sono in preparazione gli altri due sulle « Macchine a corrente alternata » e sulle « Misure ».

Anche sotto la nuova veste l'opera mantiene il suo carattere didattico; per la sua maggiore ampiezza però il volume quale ora si pubblica può tornare di utile consultazione anche a coloro che conoscono già la teoria elementare delle macchine a c. c. e desiderino approfondirne la conoscenza.

Grazie ad un ben inteso lavoro di revisione spesso e di rifacimento, si rileva nel libro un felice equilibrio fra le varie parti trattate: così per esempio i capitoli riguardanti i fenomeni di indotto e le misure sulle macchine a c. c. hanno qui uno sviluppo adeguato all'importanza dell'argomento. Si potrebbe invece

osservare che la parte terza del libro, riservata alla distribuzione a corrente continua, tratta un argomento che non è di molta importanza nel nostro Paese e che potrebbe senza danno venire esposto più sommariamente.

Anche in questo libro la materia è svolta in quella forma facile e piana che costituisce uno dei pregi dell'opera originaria.

Notiziario

DIECI MESI DI FUNZIONAMENTO DELL'UNITA' GENERATRICE A VAPORE DI MERCURIO, CON UN CONSUMO MEDIO DI 0,324 kg DI CARBONE PER kWh

Nell'*Electrical World* del 10 gennaio 1931 sono stati pubblicati gli ultimi resultati conseguiti con l'impianto generatore a vapore di mercurio della centrale di South Meadow della Hartford Electric Light Company:

Durata dell'esercizio dal 4 febbraio al 14 dicembre 1930.		
Consumo di carbone	t	36.406
Produzione vapore	t	300.005
Energia prodotta dalla turbina a mercurio	kWh	48.694.000
Energia equivalente al vapore generato nel condensatore di mercurio	kWh	65.781.260
Energia per i servizi della centrale	»	2.236.320
Erogazione netta totale di energia	»	112.238.940
Consumo unitario di carbone	kg/kWh	0,324
Potere calorifico del carbone	cal/kg	8011
Calorie per kWh netto		2600
Ore di funzionamento del turbo-generatore		5749
Ore totali nel periodo considerato		7520
Punta di carico del turbo-generatore a mercurio	kW	10.500
Fattore di carico		61,7 %

Coefficienti di disponibilità:

Ore fuori servizio per cause dovute al mercurio	369
Ore fuori servizio totali	1334
Disponibilità, tenendo conto soltanto delle cause dovute al mercurio	95,1 %
Disponibilità tenendo conto di tutte le cause	82,3 %

D'altra parte vengono segnalati notevoli resultati ottenuti nel 1930 in impianti moderni di turbine a vapore d'acqua con pressioni in caldaia di circa 85 kg per cm^2. In essi si sono ottenuti già consumi unitari di 450 gr di carbone per kWh, pari cioè a 3500 calorie e si prevede di poter raggiungere anche consumi di sole 3000 e anche 2900 calorie per kWh.

IL PROGRESSO DELLA TRAZIONE AUTOELETTRICA IN FRANCIA NEL 1930

Agenda - Bollettino della V.A.I., anno 1931, N. 1.

Nella rivista « Le véhicule électrique » della Société pour le développement des véhicules électriques, è stata pubblicata una breve nota del Sig. A. Lévy in cui si accenna allo sviluppo che la trazione elettrica con accumulatori ha avuto negli ultimi anni in Francia. Gli importanti rilievi fatti dal Lévy sono stati riportati e commentati nel Bollettino della V.A.I. (Vetture Autoelettriche Italiane) dal quale riassumiamo questa nota, ritenendo che possa interessare i nostri lettori.

Una campagna intensa per la diffusione degli autocarri ad accumulatori si è iniziata in Francia nel 1929 ed è stata precisamente la Soc. Alsacienne des Véhicules Electriques che a Strasburgo e a Mulhouse ha cercato di applicarli nei servizi pubblici e nell'industria privata. Nel 1930 l'utilizzazione degli autocarri elettrici ha avuto un incremento maggiore: la Comp. des camions électriques di Parigi ha aumentato il numero degli autocarri elettrici e ha organizzato una rimessa, in prossimità delle Stazioni Nord ed Est, dove di notte si provvede alla ricarica delle batterie; altrettanto ha fatto la Soc. Lyonnaise pour l'exploitation des véhicules électriques, aumentando il capitale da 2 a 5,5 milioni e il numero degli autocarri a 75, e mettendo poi in esercizio una nuova rimessa capace di 100 veicoli; infine hanno provveduto al servizio di trasporto delle immondizie con autocarri elettrici le città di Bourges, Rueil, Valence, Tours e Asnières, città sparse nella Francia e la cui popolazione varia da 50 a 100 mila abitanti. Ciò che si rileva dai dati precedenti è che nel 1930 l'incremento di autocarri elettrici, adibiti ai vari servizi di trasporto, è stato superiore a quello notato nel 1929, cioè, pur essendo in un periodo di crisi, l'acquisto di materiale nuovo, in particolare di autocarri elettrici, non è stato ostacolato, anzi si è accentuato; questo significa che nella ricerca più accurata delle cause di sperpero di energia nelle industrie, ricerca necessaria per una giusta riduzione delle spese di esercizio, si è trovato che in tanti casi il veicolo elettrico ad accumulatori sostituisce vantaggiosamente ogni altro tipo di veicolo. Questo avviene per i trasporti da farsi a piccole distanze e a velocità moderate, e sopratutto per servizi con fermate frequenti, perchè il veicolo si avvia rapidamente e con questo vantaggio all'avviamento può raggiungere velocità medie comparabili a quelle de' veicoli con motore a scoppio; un campo vastissimo di applicazione dei veicoli ad accumulatori si ha pure nelle officine per trasporti tra punti lontani di una stessa officina, per collegare due officine o per trasportare merce alle stazioni ferroviarie, per imprese di trasporto per il trasporto di mobilio e di prodotti alimentari, per il trasporto di carbone, di materiale da costruzione e di immondizie, per i grandi magazzeni per la distribuzione di merci a domicilio, per pompe funebri, per servizi postali in una stessa città, ecc. In tutti i servizi elencati i vantaggi che rendono preferibile il veicolo elettrico sono:

1) minore spesa d'esercizio dovuta al minore consumo d'energia nelle fermate;

2) movimento rapido su piccoli percorsi e con fermate frequenti;

3) semplicità di costruzione, quindi facilità di condurlo e di ripararlo;

4) robustezza e sicurezza e perciò servizio regolare;

5) manutenzione facile e meno costosa e

6) durata maggiore del veicolo con motore a scoppio;

7) marcia più dolce;

8) trasporto delle merci in ottime condizioni, sopratutto d'igiene;

9) sforzo di trazione elevato rispetto alla potenza utilizzata;

10) meno soggetto a pericoli d'incendio e ad infortuni.

Dove i veicoli ad accumulatori hanno avuto la massima diffusione è negli Stati Uniti, che sono anche i più importanti produttori di petrolio e dove si hanno attualmente oltre 20.000 autocarri ad accumulatori; ne hanno pure la Germania, l'Inghilterra, la Francia e l'Italia. Da noi però manca quell'interessamento e quell'attività che negli altri Paesi, e nella Francia in modo particolare, è rivolta allo sviluppo del veicolo ad accumulatori. Di tante nostre ottime iniziative si sono purtroppo serviti soltanto tecnici venuti dall'estero per risolvere il problema dei trasporti nei loro Paesi; bisogna ora che in Italia si faccia conoscere quello che viene fatto altrove, considerando i vantaggi di questo mezzo di trasporto che abbiamo usato per tanti anni e che, con eventuali migliorie o semplificazioni nella costruzione, può avere una ottima utilizzazione, a vantaggio dell'economia nazionale.

In Francia la Soc. Lyonnaise pour l'exploitation des véhicules électriques per evitare ai veicoli che fanno servizio in posti lontani dalle sue rimesse, di percorrere a vuoto tratti di strada per fare le piccole cariche che si fanno di giorno, ha installato in un posto comodo per detti veicoli, una stazione per cariche diurne. Stazioni di questo tipo possono semplificarsi e sistemarsi come comuni posti distributori di benzina e costituire dei punti di alimentazione per le batterie del veicolo: è possibile così prolungare il percorso del veicolo, aumentando l'utilizzazione dello stesso e riducendo i costi dei trasporti. Riteniamo che dove si ha un distributore di benzina possa esserci sempre anche un posto di carica per accumulatori e che ciò costituirebbe un grande aiuto per i veicoli ad accumulatori.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* — ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO — Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO — ING. ETTORE CESARI, *Redattore Capo-Responsabile*

MILANO
Aprile 1931 - Anno IX

Fascicolo IV
Volume VIII

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

G. WILLOCK

L'impianto idroelettrico di Porjus (Svezia)

A 46 km a nord del circolo polare artico, sul fiume Lule, nella Svezia, è Porjus e quivi è l'impianto idroelettrico più nordico del mondo.

Questo impianto è dello Stato e fa parte della serie di grandi impianti idroelettrici costruiti dal R. Comitato per gli impianti idraulici della Svezia. Tra tutti gli impianti idroelettrici della Svezia è il secondo per grandezza.

Col progetto di quest'impianto era inizialmente connesso quello della elettrificazione della ferrovia di Riksgränsen, la quale serve al trasporto del minerale di ferro della miniera di Kiruna. La costruzione della Centrale a Porjus rese necessaria anche quella di una ferrovia da Porjus a Gallivare, sulla linea di Riksgränsen, lunga circa 52 km a sud di Porjus (negli ultimi anni la ferrovia è stata estesa per 50 km); detta ferrovia fra pochi anni si congiungerà alla Inlandbanan, la importante linea ferroviaria che attraversa la parte centrale e nordica della Svezia.

L'energia elettrica che si produce nella Centrale di Porjus non è destinata soltanto alla ferrovia di Riksgränsen, ma viene distribuita anche alle miniere e ad altre industrie nei distretti vicini. La quantità di energia distribuita nel 1929, in milioni di kWh, è così ripartita:

Industrie del ferro e minerarie	56
Ferrovie elettrificate	87
Altre industrie e imprese di distribuzione	57
Consumo proprio e perdite	12
Totale	212



Fig. 1. - Le cascate di Porjus tra i laghi grande e piccolo di Porjus.

L'impianto idroelettrico di Porjus utilizza le acque del fiume Lule tra i laghi grande di Lule e piccolo di Porjus, con una caduta massima, in condizioni normali, di m 56, uguale al dislivello fra le acque de' due laghi. Dal primo aveva origine il fiume Lule, il quale nel suo primo tratto di km 3,5 comprendeva le rapide di Luspe e formava quindi il lago grande di Porjus; dopo di questo, per un tratto di km 2, si hanno le vere cascate di Porjus (figura 1) e quindi il lago piccolo di Porjus.

A Porjus il fiume Lule presenta le caratteristiche idrologiche seguenti:

bacino imbrifero	km²	9900
portata minima (a deflusso continuo)	m³/sec	24
portata continua regolata con il lago grande di Lule e quelli a monte di Suorva	»	90
portata massima (di piena)	»	1500

La diga di sbarramento dell'impianto di Porjus (v. fig. 2) è stata costruita al termine del lago grande di Porjus ed è servita ad elevare il livello di detto bacino fino a rendere utilizzabile l'intera caduta delle rapide di Luspe: queste naturalmente sono scomparse e si è formato un serbatoio della capacità di 1 miliardo di m³.

La diga è lunga m 1250 e si divide in due parti (fig. 3): un tratto lungo più di m 1100 di diga in terra e pietrame, provvisto di uno scarico di superficie largo m 82; la seconda parte che si inizia subito dopo una brusca voltata del tratto finale della prima parte ed è costituita da una traversa tracimabile, lunga

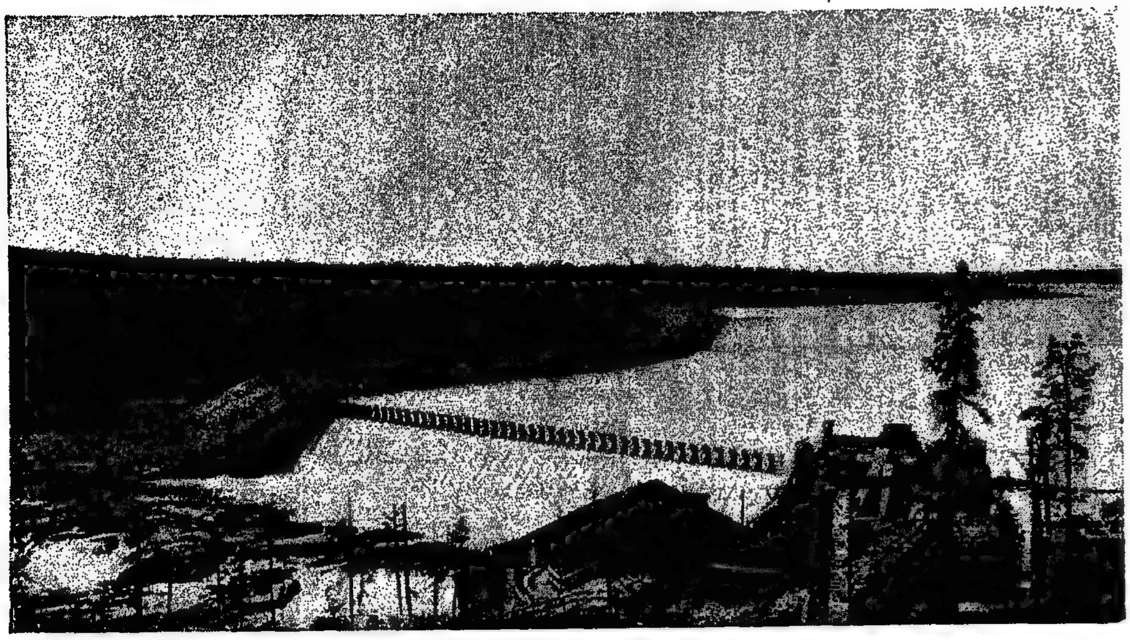


Fig. 2. - La diga di sbarramento.

m 116, e da una paratoia mobile cilindrica; la diga piega quindi verso valle per una sessantina di metri e va a formare il corpo delle opere di presa.

Nella fig. 4 si vedono una parte della traversa e la paratoia in costruzione. Gli sfioratori della diga in terra e della traversa centrale consentono di mantenere il livello del serbatoio a metri 343,50; sono però entrambi provvisti di cavalletti mobili che permettono di elevare il livello del serbatoio fino a m 346, mediante panconcelli.

La pianta ed il prospetto da monte dell'ultima parte della diga, comprendente la traversa tracimabile, la paratoia cilindrica e l'opera di presa, sono riportati nella fig. 5; da questa figura risulta che la traversa è fatta ad archi poggianti contro speroni, i quali si fondono col corpo a valle della diga. Anche superiormente, fra uno sperone e l'altro, si hanno delle volte che si raccordano agli archi e insieme chiudono dei vani d'ispezione, in comunicazione tra loro mediante aperture praticate negli speroni e passerelle. Per accedere a questi vani si hanno due pozzi aperti in prossimità della traversa, uno nel corpo della pila di destra della paratoia, l'altro nel corpo della diga in terra e pietrame; da quest'ultimo partono due gallerie, quella che va ai vani della traversa e quella che serve all'ispezione della diga in terra.

Nella figura 6 si ha qualche dettaglio della paratoia cilindrica;

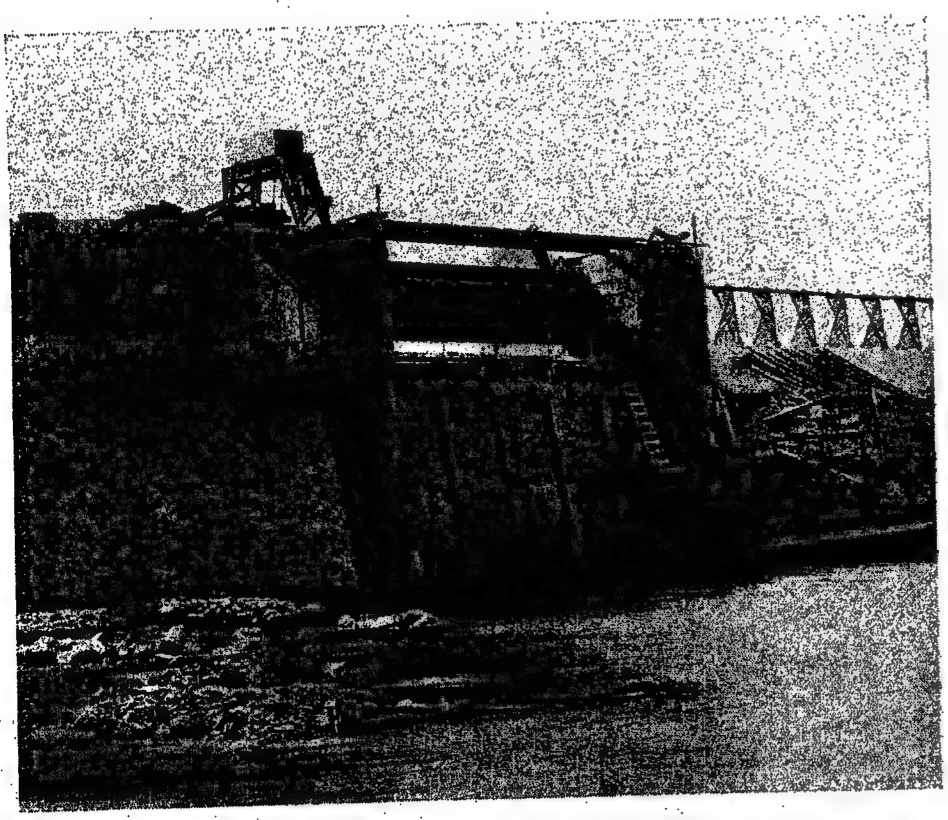
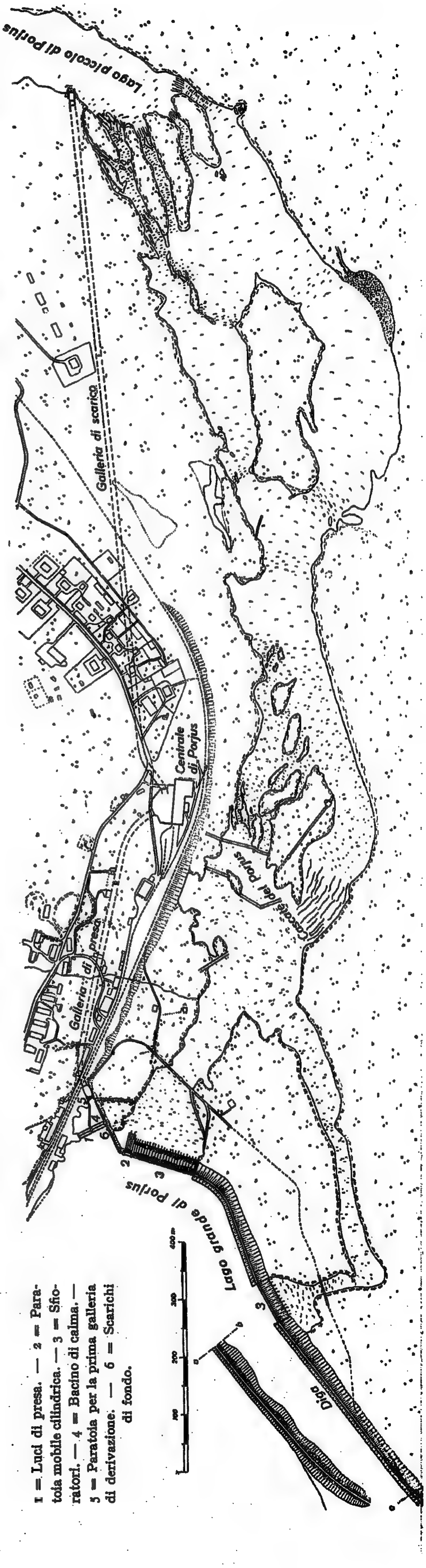


Fig. 4. - La paratoia cilindrica durante la costruzione e un tratto dello sfioratore centrale.



si rileva subito la forma non molto comune che essa presenta, essendo stati applicati due scudi, uno inferiormente, come di solito, e l'altro superiormente al cilindro. La paratoia fu inizial-

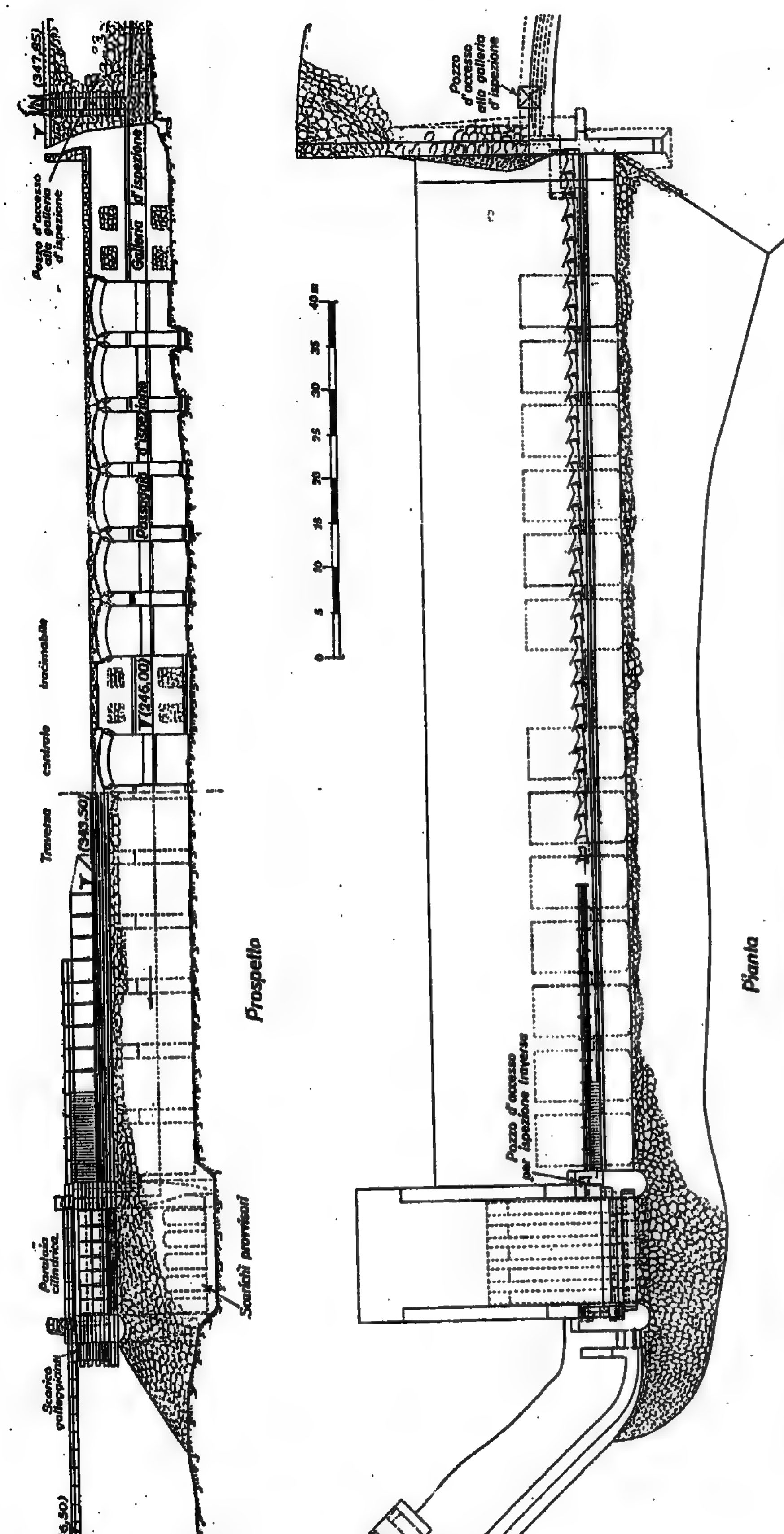


Fig. 5. - Prospetto da monte e pianta della seconda parte della diga e della presa.

mente progettata per mantenere il livello dell'acqua a quota 344, ma nella sua costruzione si era prevista l'applicazione facile e possibile di uno scudo piano superiore, che permettesse di sopraelevare il livello di m 2. Prima che i lavori terminassero, la direzione approvò la soluzione di portare il livello del serbatoio alla quota 346 e la paratoia venne quindi costruita con un'altezza totale di mm 3550. Il diametro del cilindro è di mm

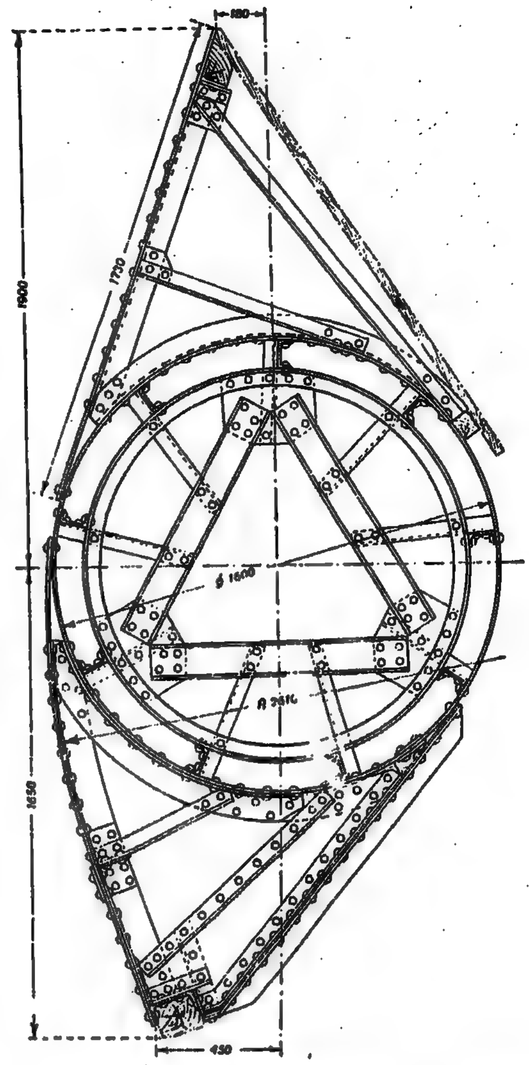


Fig. 6. - Sezione della paratoia cilindrica.

1600 e la lunghezza totale è di m 13,50, con una luce netta, tra i due supporti, di 12 m. La tenuta della paratoia sulla soglia è assicurata mediante una trave di legno bene fermata allo scudo inferiore.

Alle estremità del cilindro della paratoia sono applicate delle ruote dentate che ingranano con cremagliere disposte dalla parte verso valle. La manovra della paratoia si fa a mezzo di argano,

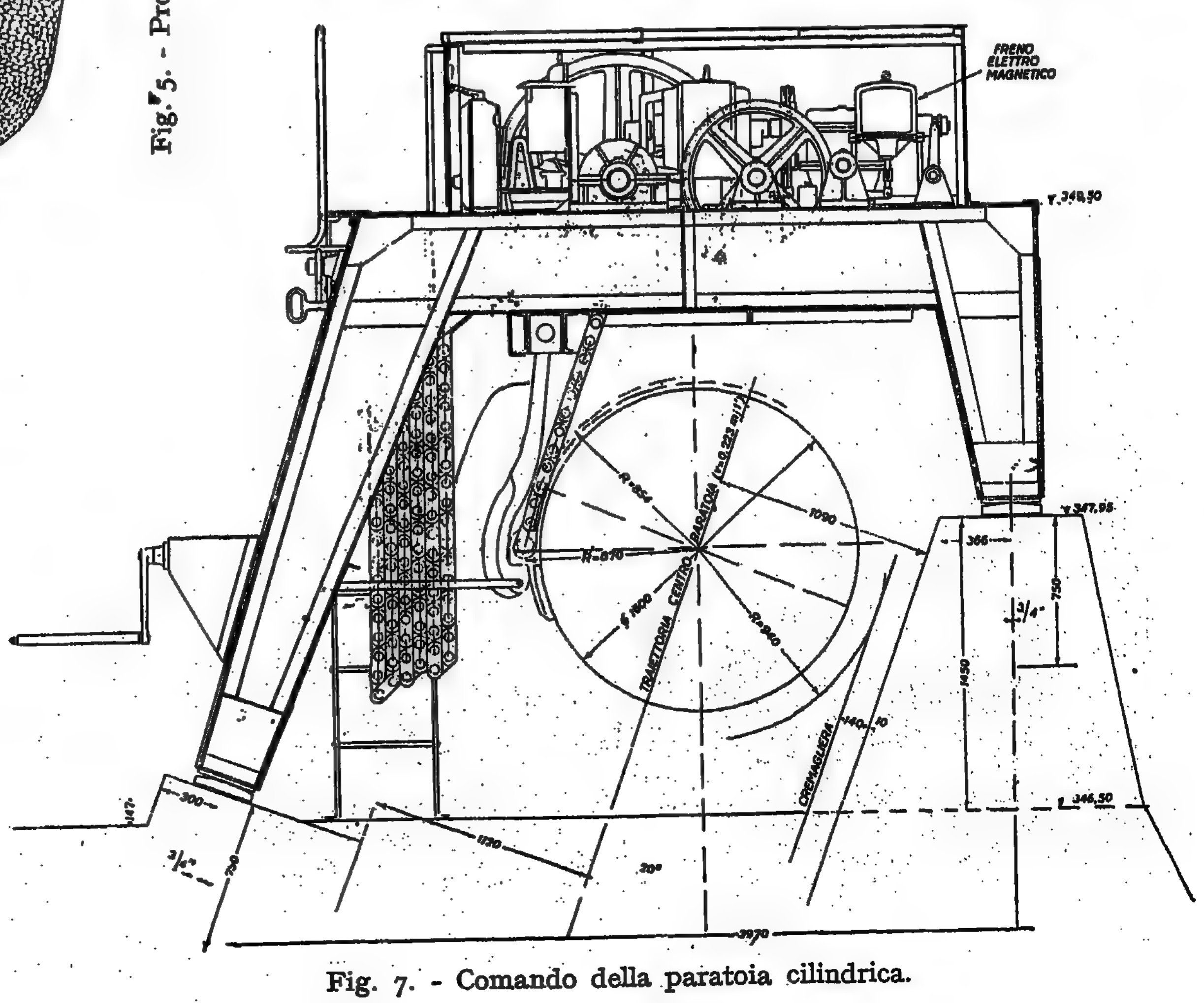


Fig. 7. - Comando della paratoia cilindrica.

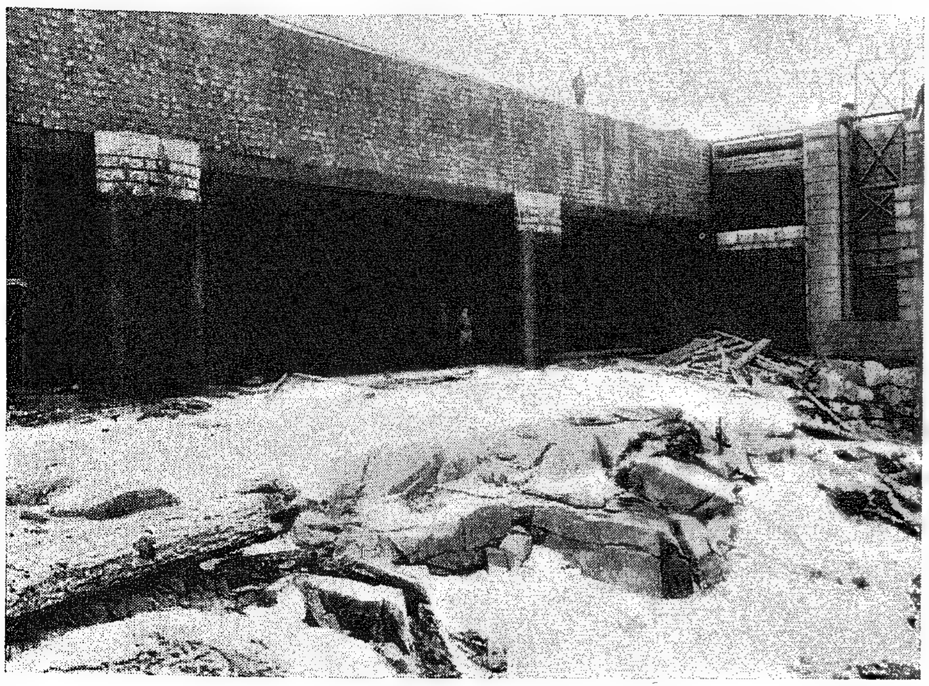


Fig. 8. - Le due luci di presa per la prima galleria e, lateralmente, lo scarico per il ghiaccio ed uno degli scarichi di fondo.

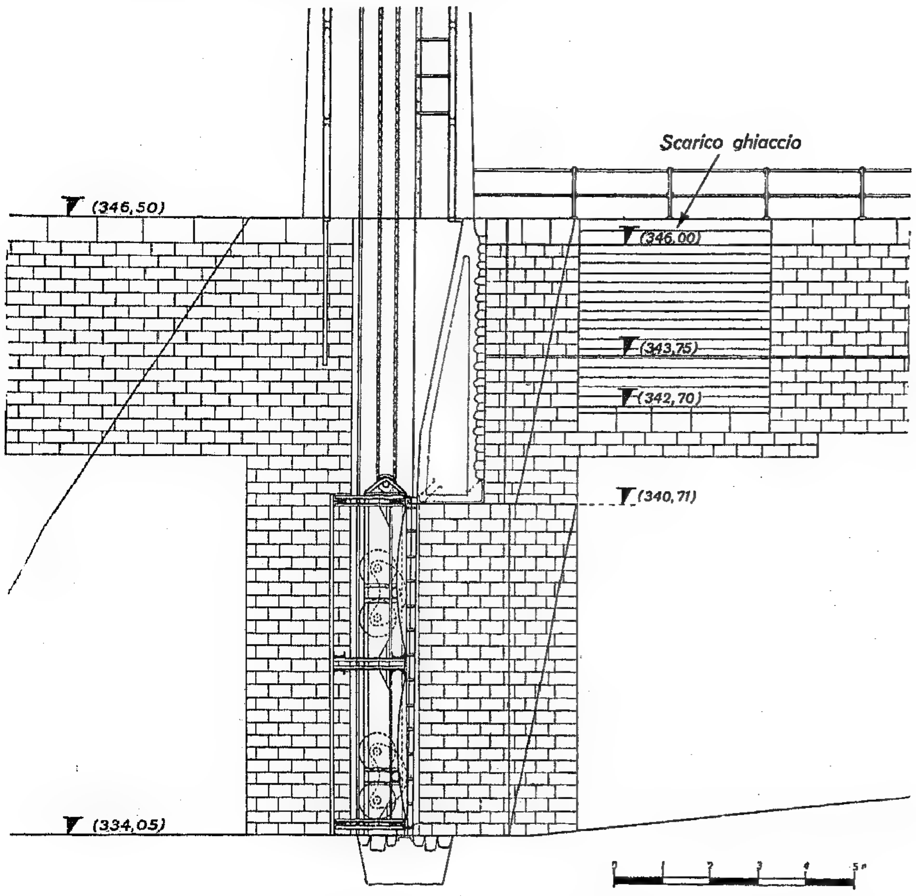


Fig. 9. - Paratoia metallica a piastre curve per la prima galleria di derivazione.

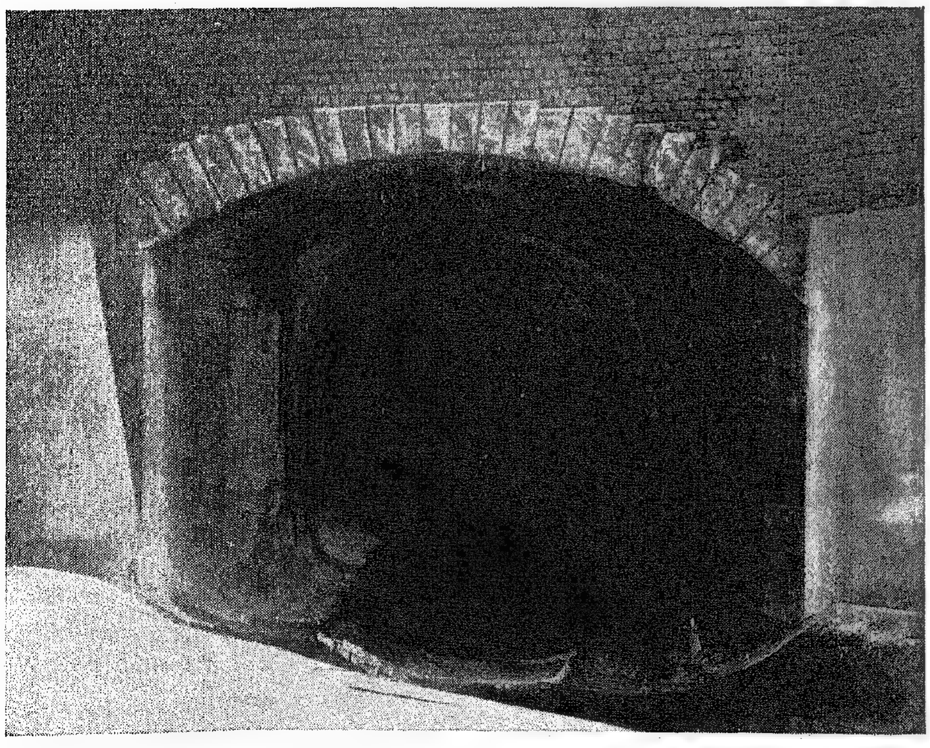


Fig. 10. - Sbocco della prima galleria di presa nel bacino di carico.

A = Galleria di presa.
B = Bacino di carico.
C = Pozzo di scarico.
D = Sfioratore.
E = Scarico di fondo.
F = » di ghiaccio.
G = Griglia presa provvisoria gruppi 6 e 7.
H = Presa gruppo servizi ausiliari.
I = Galleria di collegamento.
L = Tubi alimentazione gruppi 6 e 7.
M = Valvole a farfalla.
N = Paratoie metalliche.
*N*ª = Comandi paratoie.
O = Griglie.
P = Pozzi d'immissione.
1, 2, 3, 4, 5 = Luci di entrata ai pozzi d'immissione.

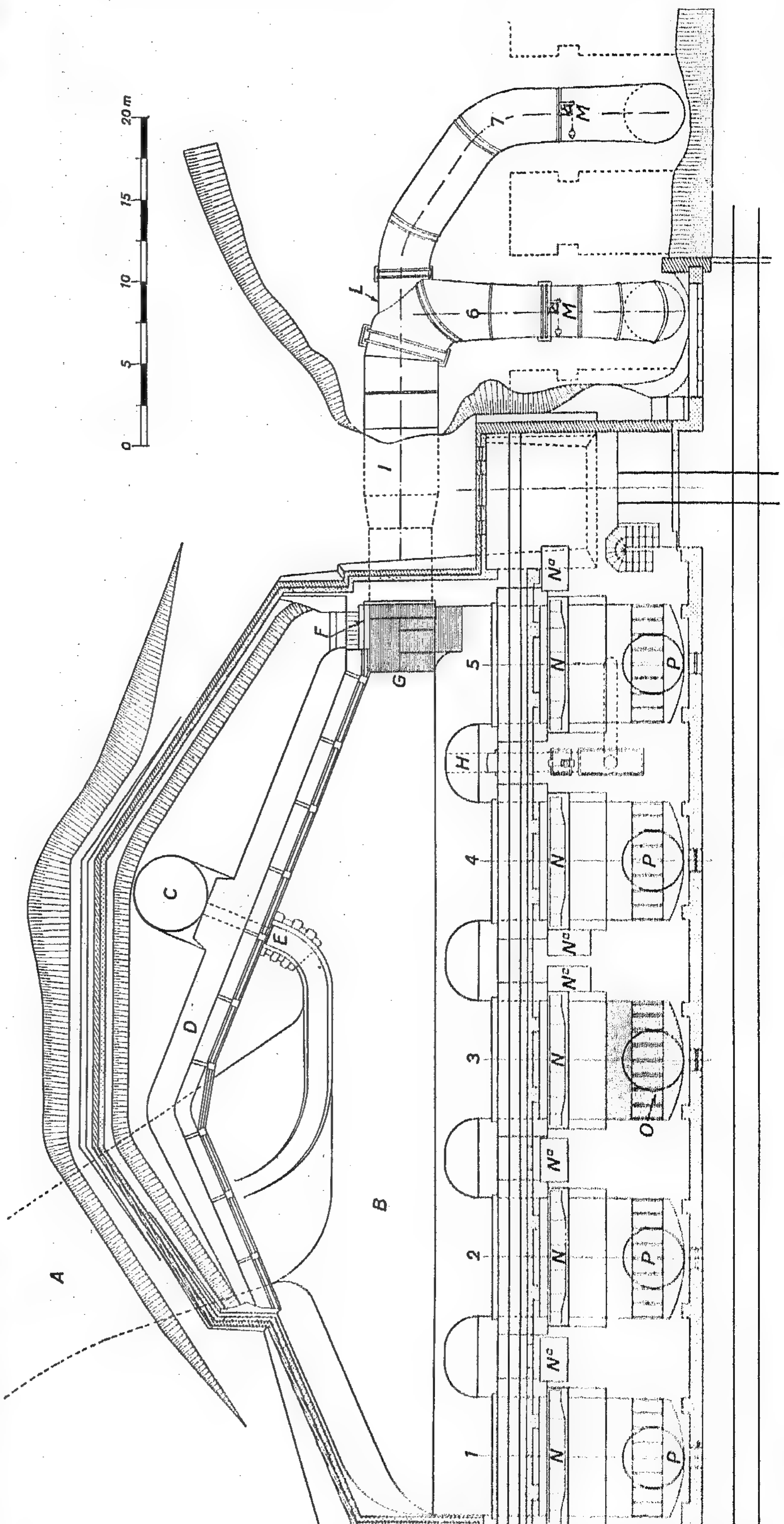


Fig. 11. - Bacino di carico dopo la galleria, sfioratore e pozzo di scarico, prese per i pozzi di immissione alle turbine e presa temporanea per i gruppi 6 e 7.

montato su uno de' pilastri e comandato da un motore elettrico di 6 HP. La catena che si svolge ed avvolge sull'argano è fissata con una sua estremità al cilindro della paratoia (fig. 7).

L'intera soglia tracimabile presenta, verso monte, una leggera inclinazione che ha lo scopo di favorire la rottura e il passaggio de' ghiacci, evitando dannosi urti alla cresta della diga. La parete a valle degli scarichi di superficie è piuttosto ripida, lo è meno però a valle della paratoia cilindrica, dove la pendenza è di 1 a 2. I pilastri e tutti i paramenti della diga sono

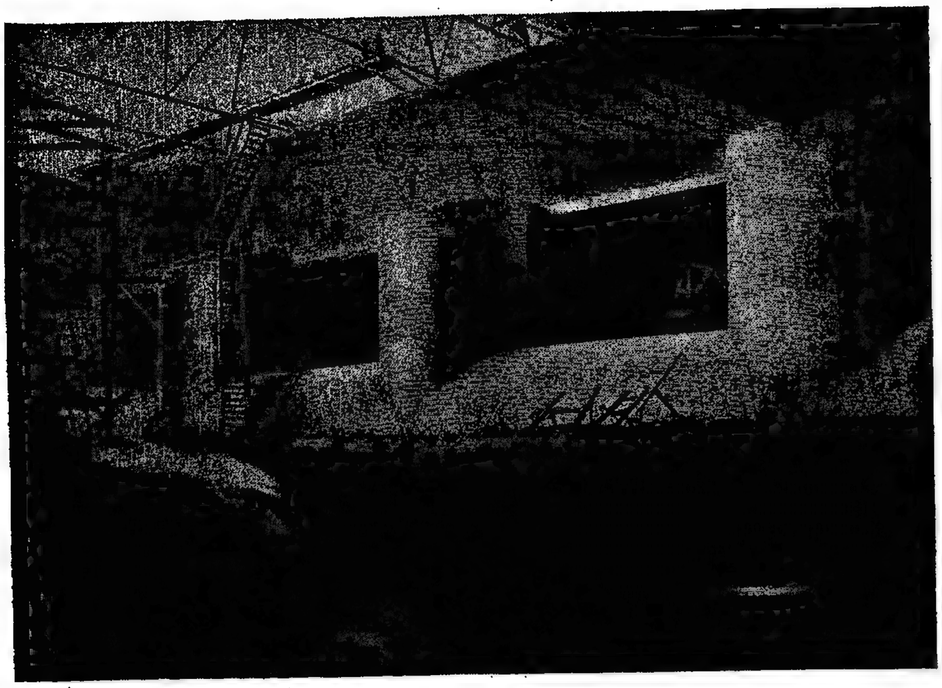


Fig. 12. - Bacino di carico e luci di presa per i pozzi di immissione alle turbine.

protetti da un rivestimento di conci squadrati ed ancorati nel nucleo di calcestruzzo.

Alla presa la diga ha le pareti in calcestruzzo molto solide e si eleva in una posizione tale da escludere ogni pericolo che possa derivare dalla pressione del ghiaccio. La parete a monte è praticamente verticale (v. fig. 5) e, nei punti di maggiore profondità del terreno, raggiunge la massima altezza di circa m 15,20.

Durante la costruzione della diga furono necessarie sette luci temporanee per il passaggio dell'acqua, cinque delle quali al disotto della paratoia cilindrica (v. figg. 4 e 5) e due nella parte della diga che precede la presa; tutte queste luci, a diga ultimata, vennero chiuse e protette con calcestruzzo e pietrame (fig. 5). Le due luci adiacenti alla presa, ciascuna di 1500 mm di lato, non furono chiuse, perchè destinate a funzionare come scarichi di fondo per abbassare il livello dell'acqua alla presa; l'apertura di questi scarichi è regolata con due paratoie in ferro, che possono far passare fino a 30 m^3/sec d'acqua.

La massima portata di piena del fiume è di 1500 m^3/sec e può essere facilmente smaltita da' due sfioratori, dalla paratoia cilindrica e dai due scarichi di fondo: la loro capacità totale di scarico supera di 20 m^3/sec la portata massima di piena.

Nell'ultima parte in calcestruzzo della diga sono state disposte 4 luci, larghe ciascuna m 11 e alte m 4,50: due forniscono l'acqua alla galleria di presa della prima parte dell'impianto, le altre due serviranno per la seconda. Tra queste luci e le gallerie di presa vi è un bacino di calma, una paratoia e una vasca di carico per ogni galleria. In corrispondenza delle luci sono disposte le griglie metalliche che servono a trattenere i pezzi di ghiaccio e di legno trasportati dalle acque (fig. 8), i quali vengono scaricati attraverso una apposita bocca praticata lateralmente alle luci di presa e dopo gli scarichi di fondo.

Le gallerie di presa sono state previste ciascuna con una sezione di m^2 50, però una sola è completata, mentre l'altra è ancora in costruzione; la prima è lunga m 520, la seconda avrà una lunghezza di m 670. Le gallerie si trovano al disotto del livello d'acqua del serbatoio per tutta la loro lunghezza ed hanno una lieve pendenza, dell'1,25 ‰, che serve a compensare la perdita di carico che si ha con la massima portata (1). L'immissione dell'acqua nella galleria viene regolata, come già detto, mediante una paratoia metallica (fig. 9) disposta al termine della vasca di calma e poco a monte dell'imbocco della galleria (la quale è preceduta da un breve tratto di canale aperto). La detta paratoia (del peso di ≃ 30 t) è del tipo a carrelli con parete di tenuta a lastre curve e ad armature paraboliche, e presenta una luce netta di m^2 7,50 × 6,665.

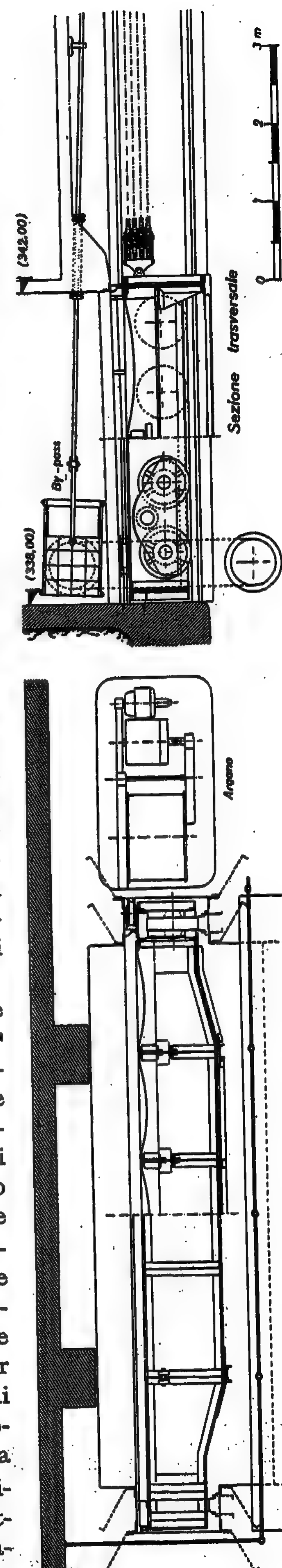


Fig. 13. - Paratoia metallica in lamiere curve disposta prima del pozzo di immissione alle turbine.

La galleria è stata scavata in roccia solida e solo negli ultimi 130 m è stata intonacata con calcestruzzo (fig. 10) per prevenire ogni infiltrazione d'acqua nella sala macchine.

Dopo la galleria l'acqua entra nella camera di distribuzione o bacino di carico (figura 11), il quale è pure ricavato in roccia ed ha il fondo e le pareti ricoperti di uno strato di calcestruzzo (fig. 12). Questo bacino è munito di uno sfioratore a quota 346, attraverso il quale le acque di supero vengono scaricate in un pozzo circolare scavato nella roccia e comunicante con la prima galleria di scarico della Centrale. La galleria di presa e quella di scarico sono provviste di camere di compensazione, le quali riducono in alto grado gli effetti degli aumenti e degli abbassamenti di pressione dovuti alle variazioni di carico.

Dalla camera di distribuzione ed attraverso luci di 7 × 4 m^2 (fig. 12), l'acqua passa ai rispettivi pozzi di immissione nelle turbine; ogni luce è chiusa da una grande paratoia di 18 t, dello stesso tipo adottato per la presa (v. fig. 13), la quale permette l'arresto di una qualunque unità senza disturbare il funzionamento delle altre. Immediatamente a valle di queste sono disposte delle griglie per impedire l'entrata di pezzi di ghiaccio nei pozzi di immissione. Un by-pass provvede a riempire il pozzo prima di aprire la paratoia. I sette pozzi attualmente esistenti hanno diametri di m 3,50 ed è in progetto di aumentare questo diametro a m 4,20 per il gruppo N. 8. Lo spessore minimo delle pareti tra pozzi adiacenti è di m 5,

(1) Le opere progettate per l'impianto idroelettrico di Porjus non sono state eseguite tutte contemporaneamente: è stata completata soltanto la prima parte e messa in funzione sin dal 1925, mentre per la seconda sono ancora in costruzione la galleria di derivazione e il bacino di carico all'arrivo alla Centrale, i pozzi di immissione per tre turbine e quello di scarico delle acque di supero per il suddetto bacino, la parte dell'edificio della Centrale dove si trasforma e si distribuisce l'energia, lo scavo in roccia per disporre, simmetricamente alla prima parte, gli ultimi tre gruppi generatori, e infine la galleria di scarico.

Attualmente i primi due gruppi installati della seconda parte dell'impianto, sono alimentati in via provvisoria dalla prima galleria di derivazione attraverso il bacino di carico già costruito: due tubazioni, provviste ciascuna di valvola a farfalla (fig. 11), sono derivate dal bacino e portano l'acqua a' pozzi d'immissione de' due gruppi. Anche per lo scarico si ha un tratto di galleria provvisoria che permette di scaricare le acque dei gruppi 6 e 7 nella galleria di scarico esistente.

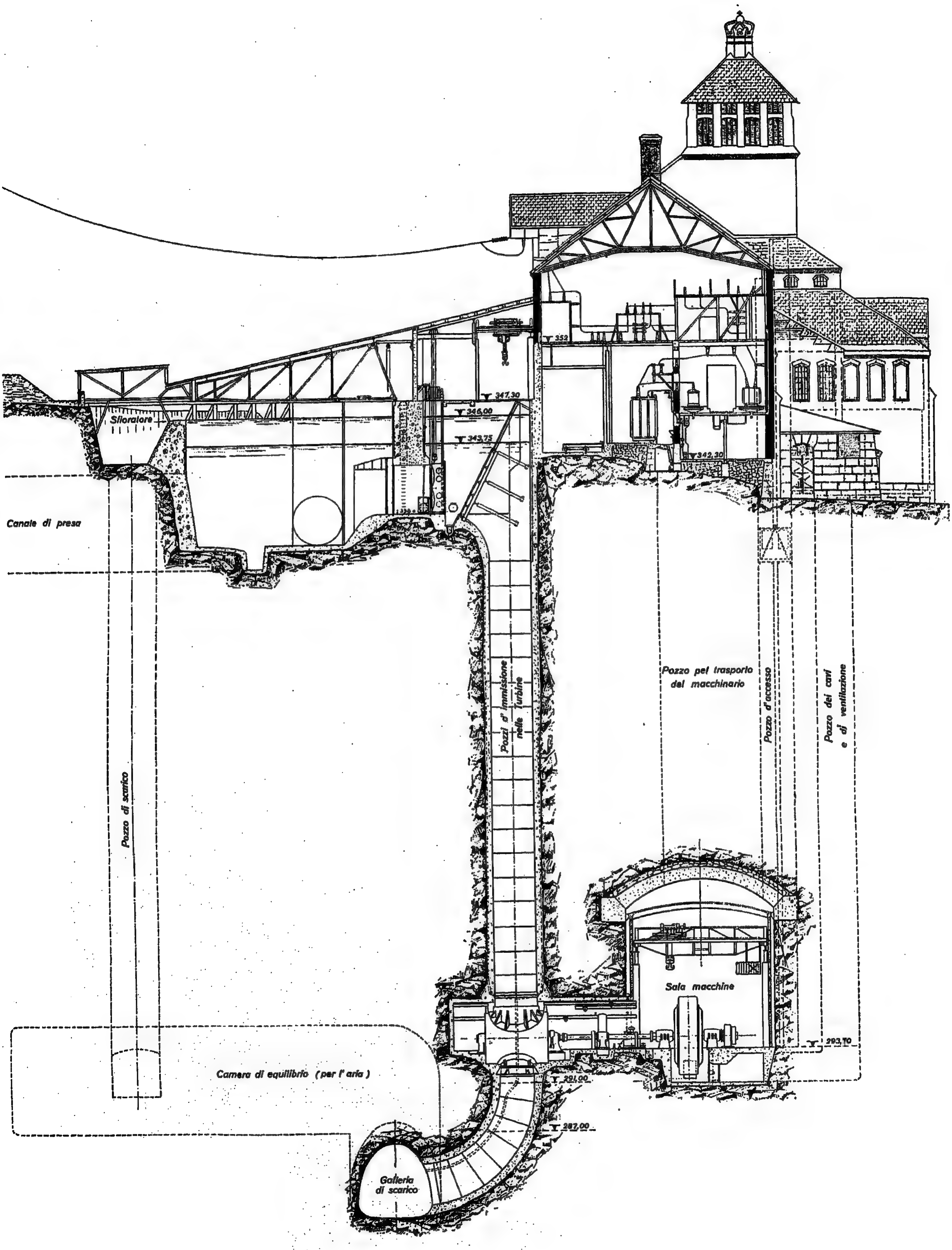


Fig. 14. - Sezione trasversale della Centrale

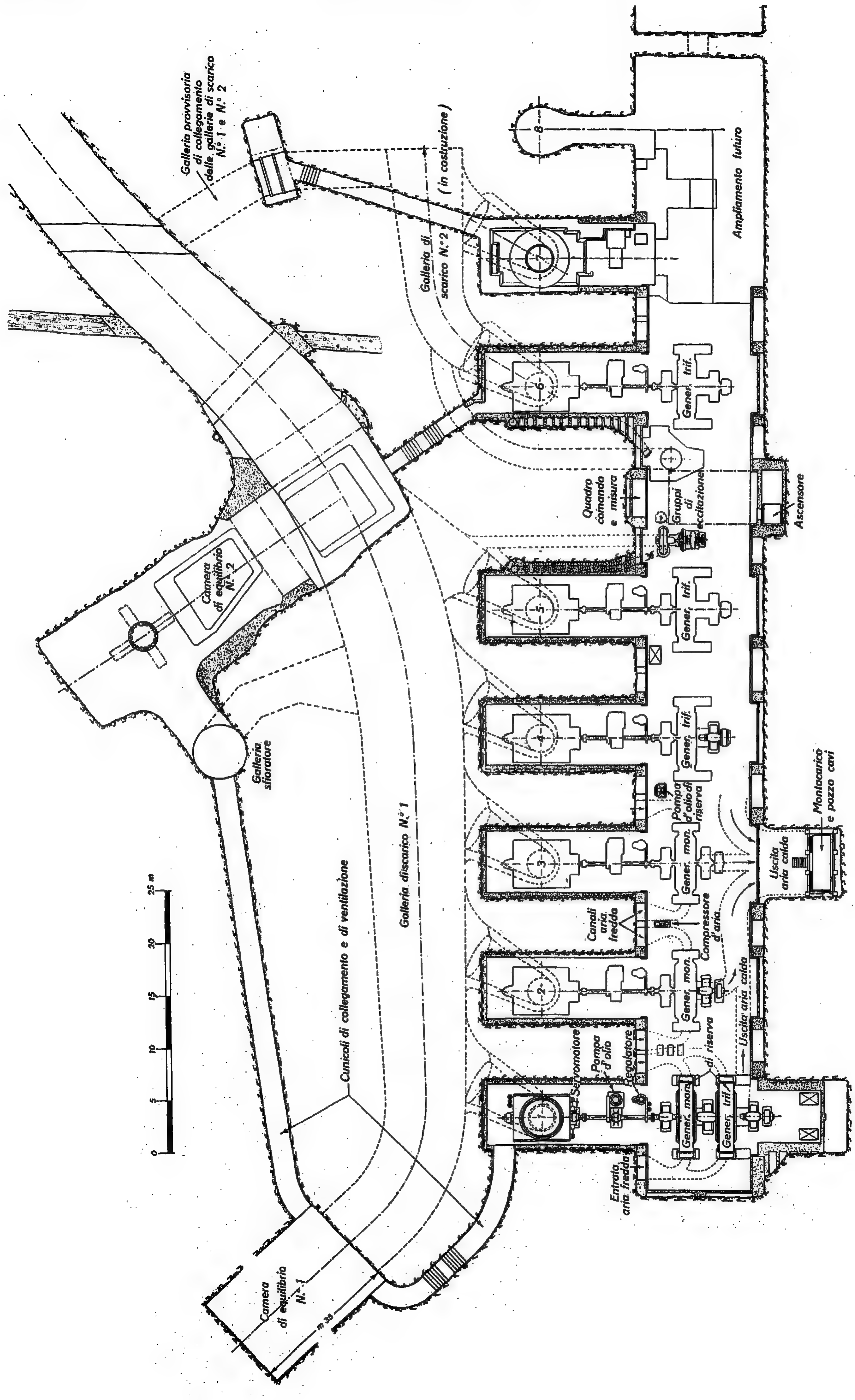


Fig. 15. - Pianta della Centrale e disposizione delle gallerie di scarico e delle camere di equilibrio.

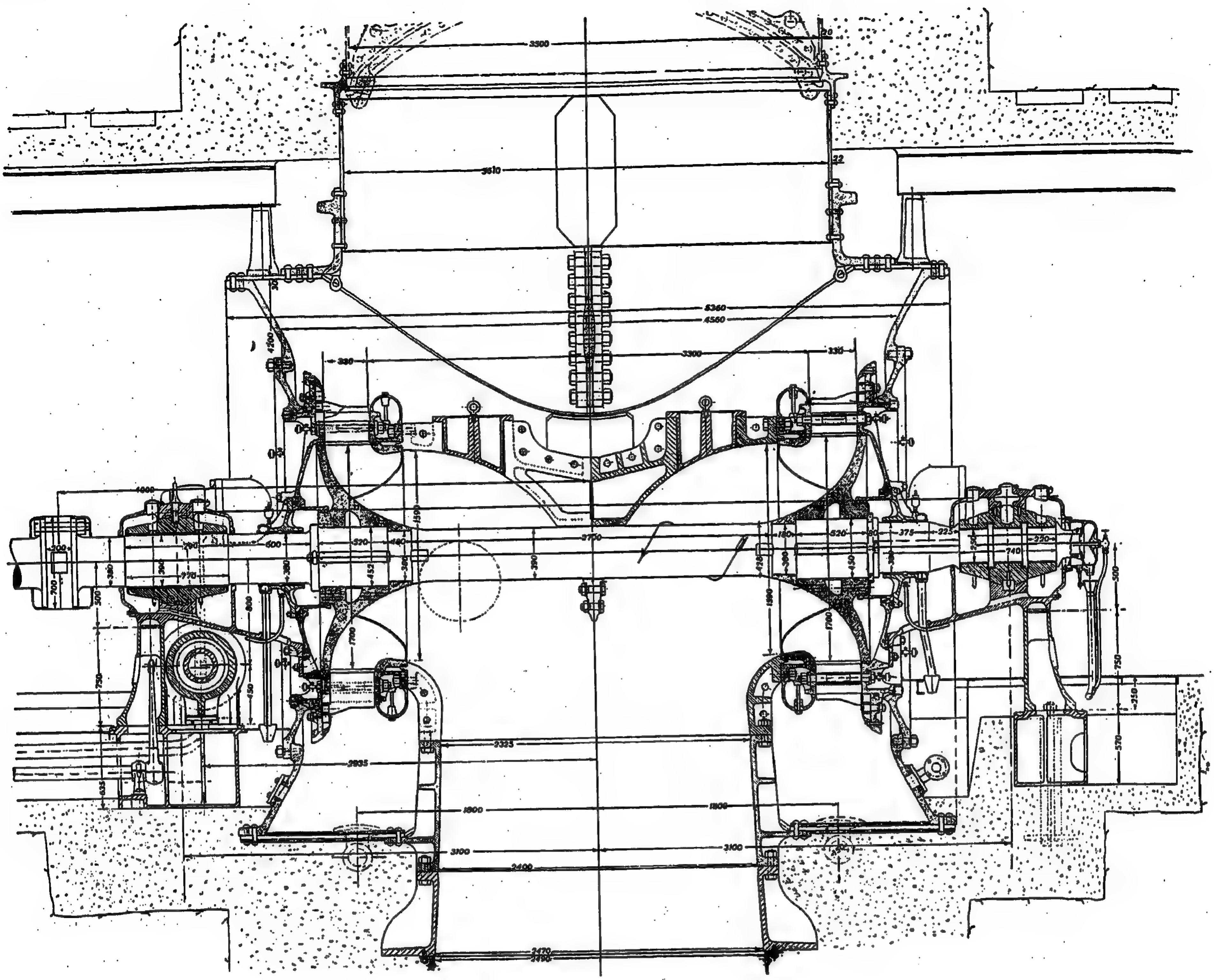


Fig. 16. - Sezione di una turbina.

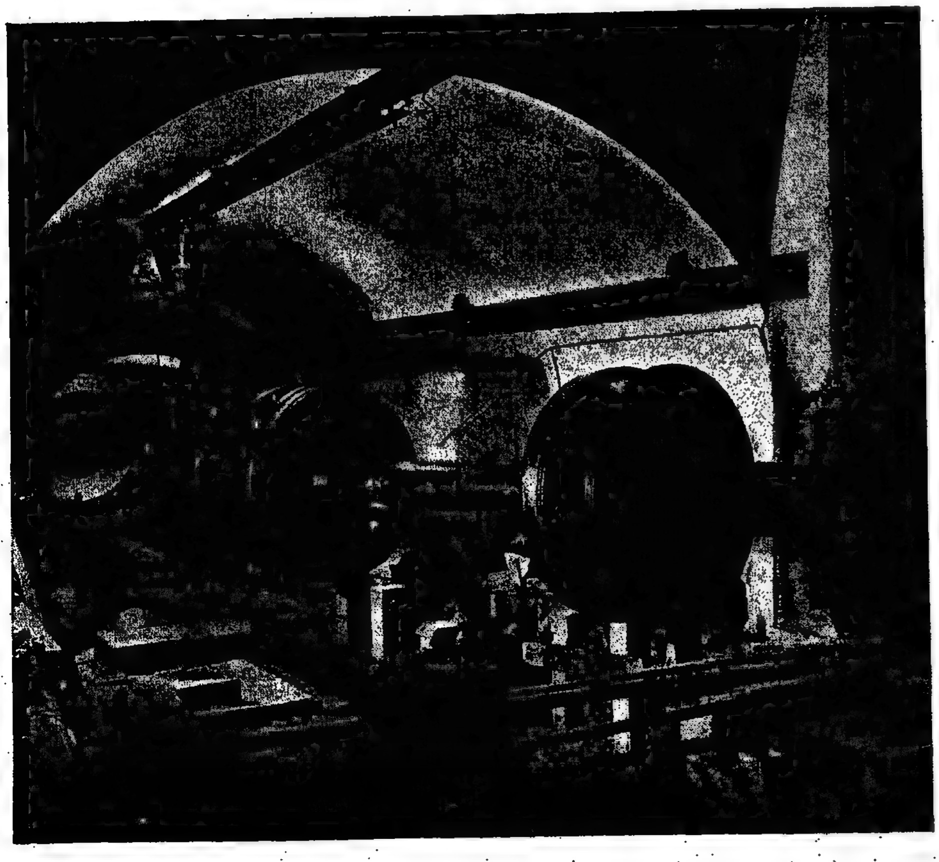


Fig. 17. - Montaggio di una turbina.

la distanza fra gli asssi di due unità successive non è inferiore a m 12.

I pozzi sono armati con tubi di lamiera d'acciaio, annegati nel rivestimento di calcestruzzo; le lamiere hanno uno spessore di 6 mm in alto e di 20 mm in basso.

Nelle figg. 14 e 15 si hanno rispettivamente la sezione e la pianta della Centrale; come risulta dalla fig. 14 la Centrale è stata scavata nella roccia a 50 m di profondità e la sala macchine, nella parte che è stata scavata sinora, è lunga m 92 e larga m 10; Lungo una parete longitudinale si sono ricavate sette camere, larghe m 6 e lunghe m 15, nelle quali sono disposte le turbine, con i rispettivi regolatori ed accessori (servomotore, pompa d'olio, ecc.). Attualmente nell'impianto sono installate soltanto sette turbine Francis doppie ed un gruppo di eccitazione; le turbine sono disposte nell'ordine seguente:

turbina N. 1 di HP 14.000 a 225 e a 250 giri/min;
turbine » 2, 3 e 4 » » 12.500 ciascuna, a 225 giri/min;
» » 5 e 6 » » 15.700 » 250 »
turbina » 7 » » 18.000 a 250 giri/min;
turbina per l'eccitazione di HP 525 a 500 giri/min.

Tutte queste turbine lavorano sotto una caduta di m 5
Nella fig. 16 è riportata la sezione di una delle sette turbine si vede chiaramente come il tubo di rivestimento del pozzo

di immissione sia connesso alla carcassa della turbina; si ha un corto anello in lamiera d'acciaio, collegato ad un estremo al tubo di immissione a mezzo di un anello in acciaio fuso, e

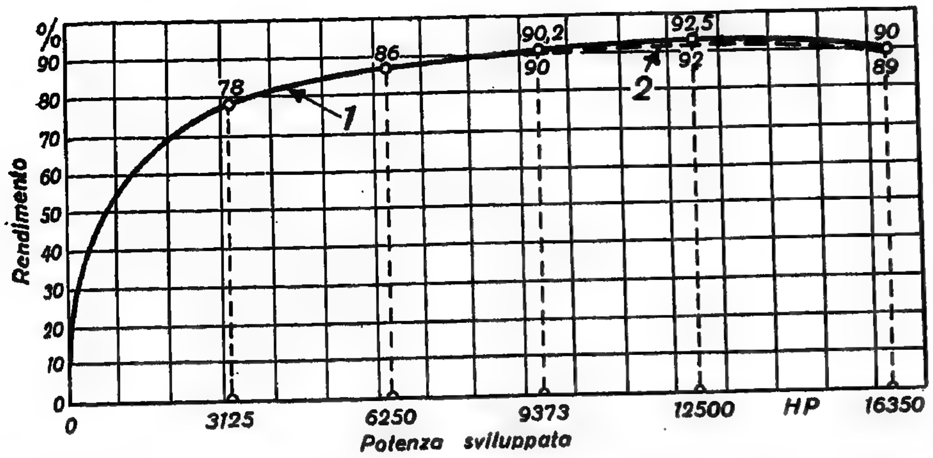


Fig. 18. - Diagrammi di rendimento: 1 = sola turbina; 2 = turbina e condotta d'adduzione.

dall'altra parte ad una pesante sella, pure in acciaio fuso, che a sua volta è chiodata alla carcassa della turbina; l'anello in acciaio fuso è incastrato nel calcestruzzo e sopporta l'eventuale peso dei tubi sovrastanti, che altrimenti andrebbe a gravare sulla carcassa della turbina. Il distributore e le ruote motrici sono pure di acciaio fuso e queste ultime hanno ciascuna 19 palette, fuse dentro il mozzo della ruota e nella corona.

L'acqua che lascia le ruote, attraversa il tubo di aspirazione e va nella galleria di scarico comune a tutte le unità della prima parte dell'impianto. Di questa galleria si parlerà più avanti.

L'albero della turbina appoggia su due supporti con cuscinetti in metallo bianco e con anelli di lubrificazione. Il supporto posteriore è del tipo a collare con anelli di spinta. I supporti sono raffreddati con acqua; essi poggiano sopra sostegni fissati alla piastra di base e siccome questi sostegni sono adattati a scana-

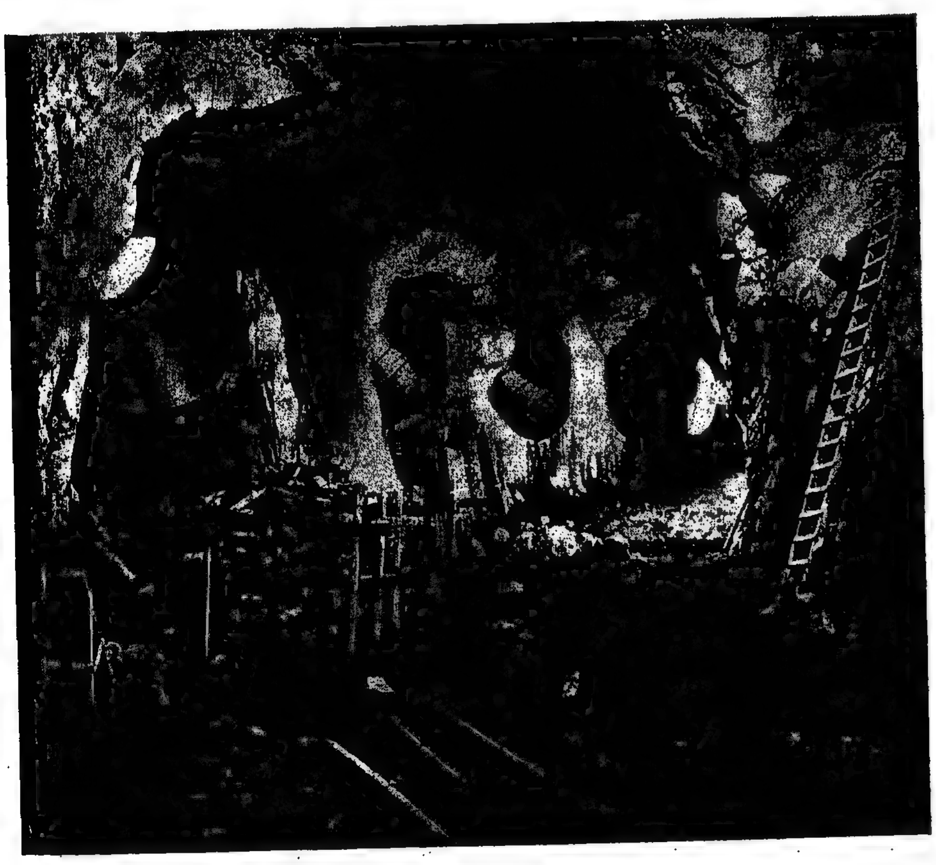


Fig. 19. - Vista della galleria di scarico N. 1 e tubi di aspirazione delle prime cinque turbine.

lature cilindriche, si può ottenere facilmente una perfetta messa a posto della turbina. Tra l'albero della turbina e il generatore vi è un albero intermedio poggiato su un sopporto a cavalletto del tipo normale. I giunti sono del tipo a flangia forgiata e si riuniscono solidamente, con grossi bulloni.

Nella fig. 17 si vede una delle turbine durante il montaggio. I regolatori sono del tipo automatico a pressione d'olio e sono costituiti di tre parti: il servomotore, la pompa dell'olio con camera di pressione e l'effettivo regolatore con valvole di regolazione e con meccanismi di compensazione.

Il servomotore è disposto vicino alla turbina, al disotto del supporto ed allo stesso livello del pavimento (v. fig. 14); esso funziona con olio in pressione fornito da una pompa comandata a mezzo di ingranaggi dall'albero della turbina.

La camera di pressione è disposta immediatamente sopra la pompa ed è appoggiata completamente su una piastra di fondazione. Il serbatoio dell'olio è affondato nel pavimento e disposto da una parte della pompa ad olio. Vi sono anche filtri per l'olio.

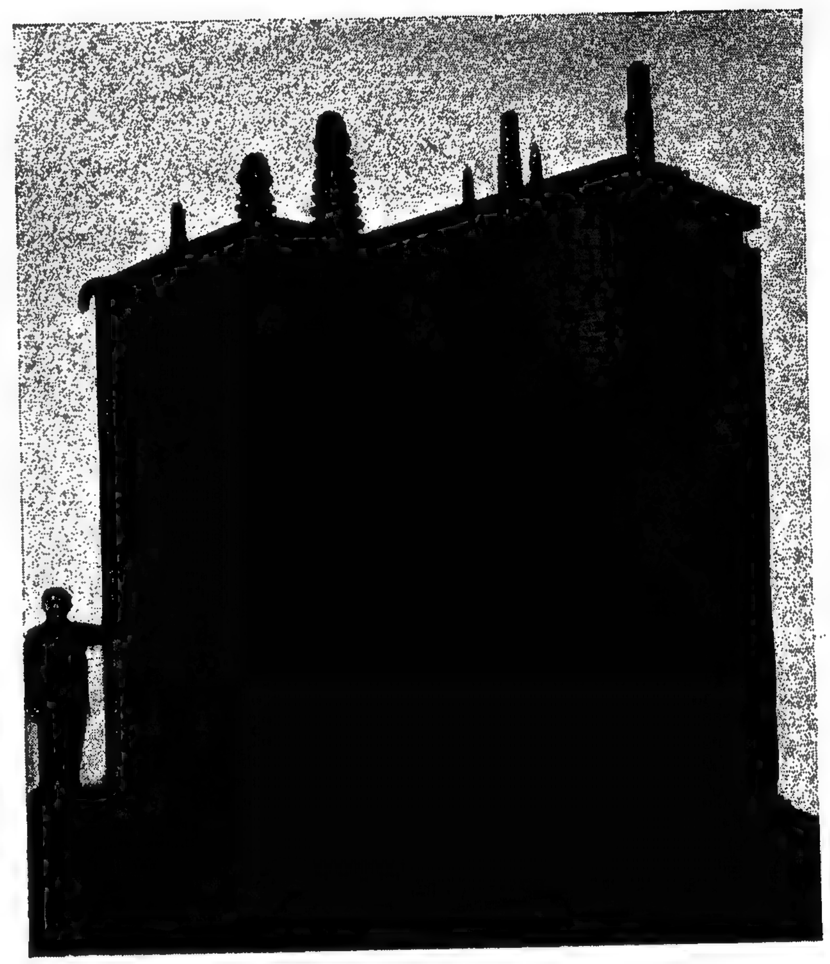


Fig. 20. - Trasformatore monofase da 10000 kVA, 4000/10000 V. periodi 50.

Il regolatore è del tipo a molla ed è comandato, a mezzo di una cinghia separata, dall'albero della turbina. Il supporto che è al disotto del regolatore comprende le valvole necessarie per l'esecuzione del comando. Apposite leve permettono la regolazione a mano e il cambiamento del comando a mano in quello automatico e viceversa; questo cambiamento può avvenire mentre la turbina gira, senza che si abbia la minima variazione di velocità.

Il gruppo di eccitazione e dei servizi ausiliari comprende una turbina del tipo ad asse orizzontale con camera a spirale, con regolatore automatico a pressione d'olio; la turbina è alimentata attraverso un pozzo di ammissione separato, posto vicino a quello del gruppo N. 5.

I risultati delle prove delle turbine mostrano che queste sono di una classe eccezionalmente elevata. Il diagramma della fig. 18 presenta un rendimento massimo del 92,5 % e un rendimento dell'80 % a 1/4 del carico. La curva riportata fu tracciata in base ai risultati delle prove su un gruppo di HP 15 700, ma i risultati delle prove eseguite sugli altri gruppi hanno portato ad analoghe curve.

La portata è stata misurata con molinelli applicati all'imbocco dei pozzi di immissione; i molinelli erano disposti orizzontalmente sopra una incastellatura e spostati su e giù secondo il livello al quale veniva eseguita la misura. Il metodo seguito per la misura della portata è tra i più esatti e perciò anche i risultati sono da ritenersi attendibili.

Le garanzie circa le variazioni di velocità stabilivano errori

massimi del 3 %, del 6 % e del 15 % per variazioni di carico dal 25 % al 100 %: i dati ottenuti si sono mantenuti entro detti limiti.

L'acqua lasciando i tubi di aspirazione passa nella lunga galleria di scarico delle diverse unità. Nella fig. 19 si vedono 5 tubi di aspirazione che s'affacciano nella galleria di scarico.

In seguito vi saranno due gallerie di scarico relative alle due parti dell'impianto, quella già costruita e la seconda in costruzione. Temporaneamente i gruppi 6 e 7 scaricano nella prima galleria.

Lo scarico nel bacino piccolo di Porjus è ricoperto da pietrame protetto a sua volta da calcestruzzo, nel quale si hanno le scanalature per le paratoie in legno.

I generatori sono nove, quattro monofasi e cinque trifasi (fig. 15): il gruppo N. 1 comprende 1 turbina da 14 000 HP collegata ad un alternatore monofase di 10 000 kVA a 15 periodi e con velocità di 225 giri al minuto, e ad un alternatore trifase di 13 500 kVA a 25 periodi, con una velocità di 250 giri/min. Gli alternatori monofasi dei gruppi 2 e 3 dànno una potenza continua di 6 250 kVA ed una punta di 10 000 kVA a 0,8 di fattore di potenza: i rendimenti sono del

94 % a 9 400 kVA
93,4% a 6 254 »
e 90,1% a 3 100 »

La tensione normale è di 4 000 V. Ogni alternatore pesa all'incirca 200 tonn, di cui 85 si riferiscono al rotore.

Gli alternatori trifasi a 25 periodi dei gruppi 4, 5 e 6, dànno una potenza continua di 11 000 kVA a cos $\varphi = 0{,}8$, tensione (10 000÷11 000) V; i rendimenti sono del

96 % a 11 000 kVA e cos φ = 0,8
93,5% a 5 500 kVA e cos φ = »
96,5% a 8 800 kVA e cos φ = 1

Il gruppo N. 7 comprende una turbina di 18 000 HP accoppiata direttamente a due alternatori trifasi, uno da 13 500 kVA a 25 periodi e uno da 9 000 kVA a 50 periodi.

Le eccitatrici per gli alternatori monofasi sono connesse direttamente alle rispettive unità, con il rotore a sbalzo oltre il supporto esterno dell'alternatore. Per gli alternatori trifasi le eccitatrici sono separate ed hanno anche supporti separati da quelli degli alternatori.

L'edificio delle apparecchiature (v. figg. 14 e 21) è la sola parte della Centrale fuori terra e visibile: in questo edificio si trovano i trasformatori e tutto l'equipaggiamento elettrico per i due sistemi trifase e monofase, le camere delle pompe, di controllo, gli uffici e l'officina.

A lavori ultimati l'edificio sopradetto sarà esteso verso sinistra e la torre costituirà la parte centrale dello stesso.

Vi sono tre pozzi che collegano il locale suddetto con la sala macchine: il più grande ha una sezione di m² 40 ed è usato per il trasporto del macchinario, un altro è provvisto di ascensore per il personale e il terzo serve per i cavi degli alternatori e per la ventilazione. Tutti e tre questi pozzi sono stati scavati nella roccia e sono visibili nella fig. 14.

Sopra il pozzo più grande vi è una gru mobile, avente una capacità di sollevamento di 50 t: l'altezza di sollevamento è di 57 m e viene superata col massimo carico con una velocità di m 2 al minuto, e con carico inferiore a 10 t con velocità di m 7 al minuto. I vagoni ferroviari entrano nel locale delle apparecchiature e si dispongono sotto la gru, così che il macchinario può essere sollevato dal vagone ferroviario e poi portato nella sala macchine.

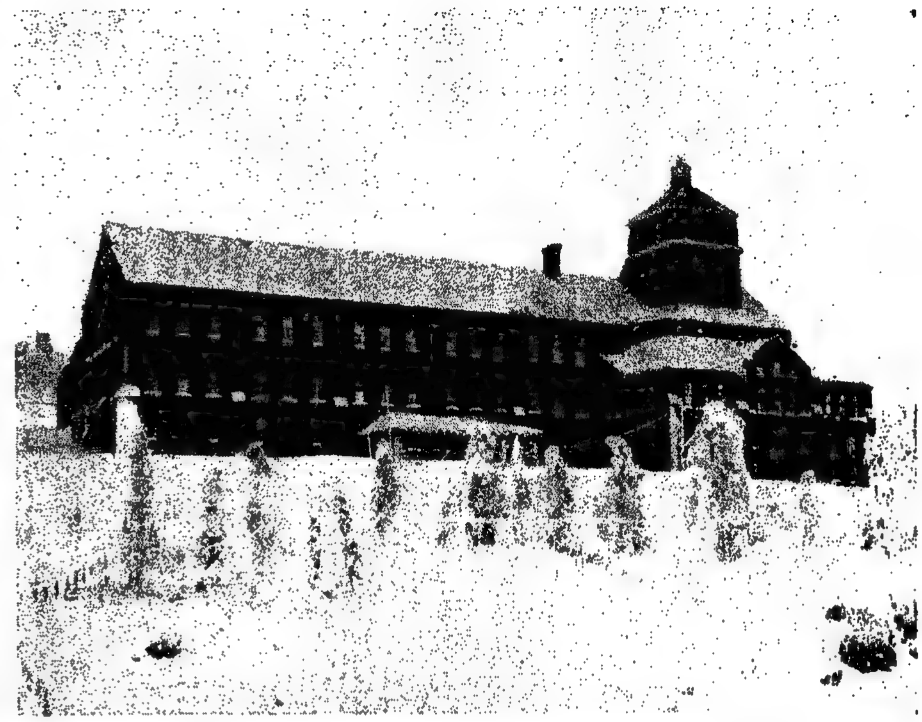


Fig. 21. - Veduta della parte esterna della Centrale.

Nel locale esterno vi sono sette posti per trasformatori, quattro monofasi da 10 000 kVA ciascuno, a V 4 000 sul primario e V 80 000 sul secondario, due trifasi da 13 500 kVA ciascuno, 10 000/70 000 V, a 25 periodi ed uno trifase da 3 000 kVA, 6 600/50 000 V a 50 periodi. Uno dei trasformatori monofasi, libero della copertura, è visibile nella fig. 20.

I trasformatori sono completamente chiusi, isolati con olio e raffreddati con acqua; perchè si possa controllare la loro temperatura dall'ufficio di controllo, essi sono provvisti di termometri per misura a distanza.

Veniamo alle linee di trasporto: esse coprono una gran parte della Lapponia e si estendono verso il sud per circa 500 km. Oltre alle linee monofasi per la ferrovia di Riksgränsen, vi sono 145 km di linea trifase a 70 000 V e 345 km di linea trifase a 40 000 V.

La quantità di energia prodotta coll'impianto di Porjus nel 1925 è stata di kWh 155 000 000, di 171 milioni di kWh nel 1926, di 175 milioni nel 1927, di 148 milioni nel 1928 e di 212 milioni nel 1929. Devesi ricordare che le portate del fiume Lule variano entro larghi limiti, da 90 m³/sec a 1500 m³/sec, così che le turbine non girano a pieno carico per tutto l'anno.

Nonostante le rigide condizioni climatiche locali questo impianto ha funzionato con piena soddisfazione; in base ai risultati di accurate indagini si è dedotto che progetto e costruzione sono stati curati molto e ciò torna a merito degli ingegneri della R. Comitato per gli impianti idraulici, che si sono interessati dell'impianto di Porjus.

G. Willock.

DOTT. M. F. MACNAUGHTON

INGEGNERE CONSULENTE PER LAVORI IN CALCESTRUZZO E IN CEMENTO ARMATO

La tecnica delle costruzioni invernali in calcestruzzo [1]

Nei primi tempi poche costruzioni in calcestruzzo venivano effettuate durante l'inverno, sopratutto perchè il metodo di costruzione era nuovo e non si conoscevano i provvedimenti atti a proteggere il calcestruzzo dopo la gettata. In mancanza di sicuri metodi di protezione, furono inevitabili alcuni insuccessi e il risultato di questi fu di screditare la possibilità di eseguire lavori in calcestruzzo con esito soddisfacente, anche d'inverno. Rivolgendo lo sguardo alla storia delle prime costruzioni in calcestruzzo, si resta tuttavia sorpresi nel constatare che in complesso si ebbero pochi insuccessi.

Ogni impresario che tentasse oggi una costruzione invernale con protezioni inadeguate, come avveniva 30 anni fa, sarebbe ritenuto disadatto al proseguimento del lavoro e sarebbe anche fermato dal proprietario o dai disciplinari.

Recenti costruzioni invernali in calcestruzzo eseguite con successo.

Nel progetto e nell'organizzazione preventiva di costruzioni invernali occorre tener presente due mire: prima di tutto che il lavoro deve dare in modo sicuro risultati soddisfacenti; in secondo luogo, che le misure necessarie per ottenere il miglior risultato non debbono essere tanto costose da rendere l'opera non economica.

Alla domanda: « possono le importanti opere idrauliche essere economicamente costruite durante l'inverno? » si può rispondere in modo significativo rilevando come nel Canadà si siano eseguite negli ultimi anni, e con pieno successo, numerose opere di tal genere. L'ultimo decennio vide infatti il maggiore sviluppo delle utilizzazioni idroelettriche che si sia mai verificato nel predetto Paese. Durante questo periodo furono costruiti (o sono attualmente in costruzione) un gran numero di impianti idroelettrici della maggiore importanza. Nella zona orientale del Canada furono tra l'altro costruiti impianti nelle seguenti località:

	HP
Chute à Caron	800 000
Queenston	560 000
Isle Maligne	540 000
Beauharnois	500 000
Abitibi Canyon	330 000
Chats falls	280 000
Paugan falls	240 000
Rapide Blanc	240 000
High falls	120 000
Buckingham	120 000
Toro Rapids	100 000

In tutti questi impianti, la costruzione delle opere in calcestruzzo è stata effettuata (o si sta effettuando) anche durante i mesi invernali, in alcuni casi con temperature inferiori a — 40° C.

(1) Rapporto compilato dall'A. per la «Milton Hersey Company, Limited» di Montreal.

È economico eseguire d'inverno costruzioni in calcestruzzo?

Senza dubbio, le costruzioni eseguite in tempi freddi sono di solito più costose di quelle fatte nei mesi estivi, perchè il rendimento del lavoro non è altrettanto grande, il costo del materiale greggio è più alto e devono essere stanziate somme addizionali per coprire il costo del riscaldamento del materiale e per proteggere il calcestruzzo in opera durante il periodo iniziale di presa.

In alcuni casi si possono tuttavia conseguire alcune economie anche d'inverno, per es. sul costo della mano d'opera che può essere minore di quello dell'estate e sul costo dei materiali che può anche essersi abbassato; ciò si verifica particolarmente in quelle regioni settentrionali, prive di strade, dove il trasporto non può avvenire che d'inverno sulla neve. Inoltre, la continuazione dei lavori durante l'inverno consente una migliore utilizzazione dei cantieri e del personale fisso ed evita infine le spese richieste dalla riorganizzazione della mano d'opera alla ripresa della stagione lavorativa, compensando talvolta largamente l'aumentato costo del calcestruzzo. In un recente lavoro che ha richiesto 27000 m^3 di calcestruzzo, il costo addizionale per m^3 di miscela confezionata d'inverno (rispetto a quella gettata d'estate) è risultato:

a) Per le strutture di rinforzo (speroni nervature, ecc.)	Costo addizionale dei casseri	L/m^3	22,4
	Spesa » per il disarmo	»	2,7
	» addizionale per la gettata	»	12,4
	» pel riscaldamento	»	14,6
	Costo addizionale totale	L/m^3	52,1
b) Per le strutture massiccie in calcestruzzo	Costo addizionale dei casseri	L/m^3	23,2
	Spese di riscaldamento	»	14,4
		L/m^3	37,6

In un altro lavoro recentemente effettuato, nel quale furono impiegati 128 400 m^3, di cui 97100 m^3 durante due periodi estivi ed i rimanenti 31300 m^3 nell'inverno, il costo addizionale relativo al calcestruzzo invernale (rispetto a quello estivo) fu di L. 45 per m^3. Se non si fosse costruito durante l'inverno, il lavoro non sarebbe stato terminato nella estate successiva e il completamento dell'opera avrebbe necessariamente richiesto la dilazione di un anno. Siccome la costruzione di questi impianti, escluso il costo delle opere provvisionali, rappresenta un investimento di almeno 95.000 000 di lire, si vede subito che il costo addizionale di circa 1 400 000 lire per la costruzione invernale fu largamente compensato dal risparmio effettuato

sugli interessi passivi avendo completato la costruzione in due anni invece che in tre.

Che sia o no vantaggiosa la costruzione invernale in opere particolari dipende, in ultima analisi, dall'essere o no il costo addizionale sopradetto compensato dalle economie che si possono realizzare continuando il lavoro anche in periodi invernali.

In tutti i casi sopra citati, proprietari e imprenditori, avendo una adeguata conoscenza delle questioni inerenti alla convenienza economica delle costruzioni invernali, effettuarono lavori di tal genere con ritmo più o meno accelerato secondo la convenienza.

Criterii generali per la gettata invernale di calcestruzzo.

Avendo la tecnica delle costruzioni invernali in calcestruzzo subito in questi anni un notevole sviluppo, oggi non si ha che da seguirla con scrupolosità per ottenere risultati ottimi, pari a quelli conseguibili nelle condizioni climatiche più favorevoli.

I criteri fondamentali che si debbono seguire in tali costruzioni sono estremamente semplici e si riassumono nei seguenti punti:

1) I metodi da seguire nel proporzionare, mescolare e manipolare i materiali devono esser tali che il prodotto risultante sia di qualità uniforme.

2) Il calcestruzzo gettato deve avere una temperatura tale da permettere che il processo di presa e l'indurimento avvengano con giusta velocità.

3) Per un certo tempo dopo la gettata, dipendente dalle caratteristiche della struttura, il calcestruzzo deve esser protetto dal troppo rapido disperdimento di calore per radiazione. Nello stesso tempo l'umidità contenuta nella massa deve essere trattenuta per permettere di completare la presa.

I metodi esatti coi quali questi risultati sono raggiunti dipendono molto dalla natura dell'opera, dalla sua grandezza e dalle condizioni climatiche incontrate.

Uniformità dei materiali.

Per ottenere un calcestruzzo di qualità uniforme è indispensabile che il materiale impiegato sia il più possibile uniforme per qualità e graduazione.

Questo è necessario per qualunque lavoro in calcestruzzo, ma specialmente quando detto lavoro è effettuato d'inverno.

Generalmente la provvista di materiali deve essere predisposta prima che la stagione invernale sia cominciata ed è opportuno anche fare ricerche per assicurarsi, entro i limiti del possibile che le cave prescelte siano in grado di provvedere una quantità sufficiente di materiale aggregato di qualità uniforme.

La certezza che i materiali aggregati siano di qualità e graduazione uniformi, semplifica notevolmente il problema del lavoro invernale col calcestruzzo e le cure e le spese supplementari incontrate per raggiungere questo scopo, possono contribuire molto al successo del lavoro.

Riscaldamento del materiale.

Per assicurare al calcestruzzo proveniente dal mescolatore una conveniente temperatura è necessario preriscaldare o l'aggregato o l'acqua o entrambi.

La pratica consiglia il semplice riscaldamento dell'acqua, quando la temperatura dell'aria sia minore di 4°,4 C, ma superiore alla temperatura di congelamento. Se la temperatura dell'aria scende al disotto del punto di congelazione, è necessario riscaldare anche la sabbia, se infine la temperatura scende al disotto di — 18° C, è consigliabile di riscaldare anche l'aggregato grossolano oppure, volendo evitare questo, si può riscaldare senz'altro la miscela nel mescolatore mediante un getto di vapore.

Secondo l'esperienza dello scrivente sarebbe da preferirsi, dei due metodi, quello del preriscaldamento dell'aggregato grossolano.

Sarà opportuno controllare accuratamente la temperatura del calcestruzzo prodotto nell'impianto, la quale deve mantenersi tra 21° e 38° C. Se la temperatura del calcestruzzo prodotto oltrepassa i 38° C può accadere che con cemento a presa rapida l'indurimento si inizi prima della gettata.

Il preriscaldamento dei materiali aggregati può esser fatto economicamente soltanto a mezzo di getti di vapore; con questo metodo, però, si ha la possibilità di notevoli variazioni nel contenuto di umidità dei materiali e conseguentemente del calcestruzzo prodotto. Il metodo di riscaldamento e di trattamento dovrebbe essere tale da mantenere uniforme il più possibile l'umidità dei materiali aggregati. Per poter provvedere con prontezza alle eventuali correzioni della miscela è opportuno che vi sia sempre disponibile in prossimità del mescolatore una adeguata quantità di materiali aggregati. In caso di piccoli impianti i materiali possono venire scaldati per mezzo di getti di vapore distribuiti nel mucchio e lasciati in posto fino a che il materiale si è completamente riscaldato ed ha preso una umidità praticamente uniforme.

Questo sistema di riscaldamento è piuttosto lento e richiede anche il trasporto sul posto di una considerevole quantità di materiale. Se i lavori sono condotti solo durante il giorno, i materiali aggregati da usare il giorno successivo possono venire riscaldati mediante getti di vapore disposti nel mucchio e lasciati funzionare durante tutta la notte. Se il lavoro si svolge con continuità, la provvista sarà fatta in modo che una parte dei materiali possa venir prelevata dai depositi, mentre un'altra viene riscaldata durante il lavoro.



Fig. 1. - Impianto di riscaldamento e trattamento di S. Ours. Febbario 1931.

La fig. 1 mostra il metodo seguito nel riscaldamento e nel trattamento degli aggregati per la costruzione della chiusa di St. Ours sul fiume Richelieu. Data la non grande entità dell'opera (circa 27.000 m³ di calcestruzzo) il lavoro venne ripartito in un periodo di tempo relativamente lungo, non ritenendo l'impresario interessato che un grande impianto di riscaldamento fosse adeguato alle proporzioni dell'opera.

In questo lavoro la sabbia e l'acqua furono preriscaldate, la sabbia per mezzo di getti di vapore nel cumulo e l'acqua con vapore vivo. L'aggregato grossolano non fu scaldato nel mucchio di deposito, ma vennero disposti dei getti di vapore nei silos, al di sopra dell'impianto dosatore, al fine di assicurare la rimozione di qualsiasi incrostazione di ghiaccio dalla superficie delle pietre e la rottura di qualsiasi zolla gelata.

Questo metodo di riscaldamento dei materiali fu trovato pienamente soddisfacente per temperature dell'aria intorno a — 26° C. In lavori di maggior importanza, per quantità di calcestruzzo di circa 150.000 cm², si è dimostrato molto soddisfacente il metodo di riscaldamento degli aggregati mediante tubi di vapore perforati e collocati al di sotto del mucchio, dal quale il materiale veniva prelevato per gravità dal centro e portato a un convogliatore; da questo i materiali venivano sollevati mediante elevatori a norie e portati all'impianto dosatore. L'esperienza ha dimostrato che questo metodo è quello che dà le minime variazioni dell'umidità contenuta nei materiali ed inoltre presenta il vantaggio di essere uno dei più economici per il trattamento meccanico specialmente nel caso di grandi costruzioni. Le figg. 2 e 3 rappresentano un impianto dosatore con equipaggiamento simile a quello sopra accennato. L'aggregato riscaldato è tratto dal centro del mucchio e trasportato al silos per mezzo di convogliatore a secchie. La fig. 4 dà un particolare del tunnel convogliatore.

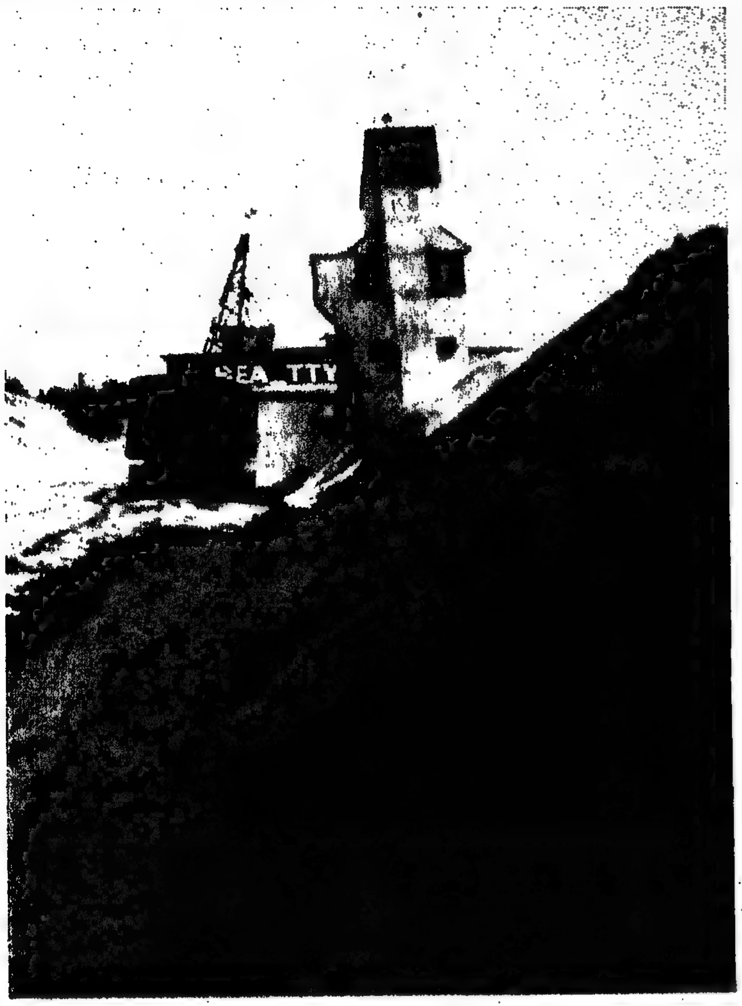


Fig. 2. - Impianto dosatore.

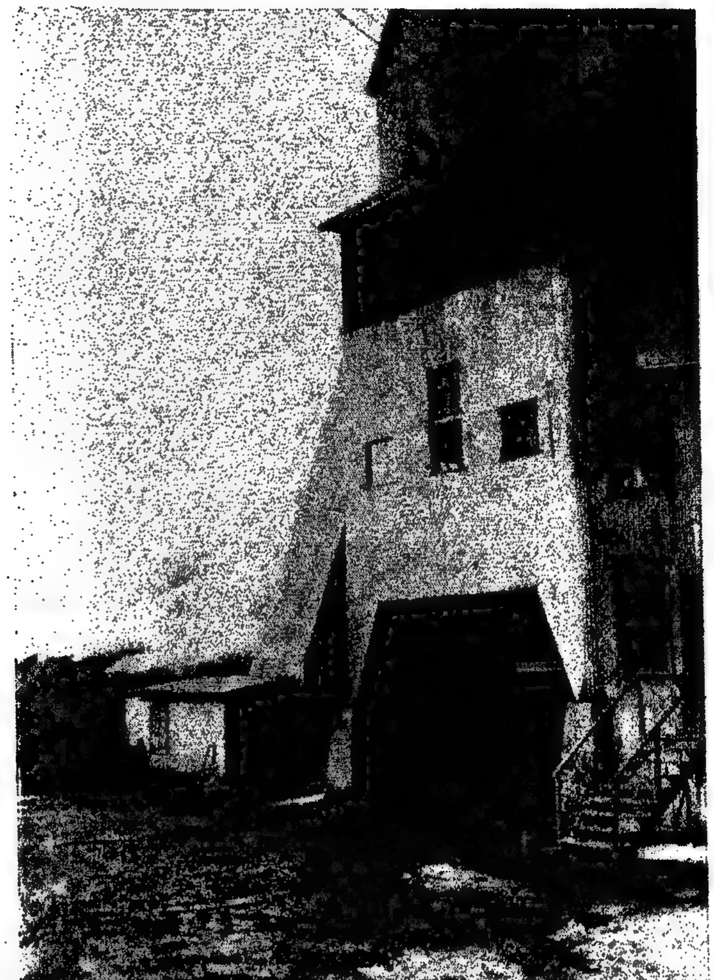


Fig. 3. - Impianto dosatore.

Benchè il metodo accennato di riscaldamento e di trattamento dei materiali, dia piccole variazioni nell'umidità contenuta nell'aggregato, è impossibile eliminare tali variazioni; è quindi necessaria una accurata sorveglianza, e le correzioni di dosatura dell'acqua di impasto debbono essere fatte in base alla quantità d'acqua contenuta nell'aggregato.

Questo vale anche per opere estive, perchè anche qui si verificano variazioni nell'umidità, sia pure in misura minore. Per la preparazione invernale del calcestruzzo, le variazioni dell'umidità del materiale rendono necessario un assaggio ad ogni ora o mezz'ora allo scopo di determinare l'umidità dell'aggregato e di effettuarne le eventuali correzioni.

Dosatura dei materiali.

Le correzioni rese necessarie dalle variazioni dell'umidità degli aggregati, sono grandemente facilitate dall'uso di un impianto di dosatura per pesata. Questo tipo si presta più largamente di quello volumetrico ed ha inoltre il vantaggio di essere più preciso. Tutti i lavori di maggior importanza che furono effettuati nel Canada recentemente, si riferiscono a strutture in calcestruzzo per impianti idroelettrici per le quali si ricorse a dosatori per pesata. Con questo tipo di impianto, e con un accurato controllo, è possibile durante la peggiore stagione produrre un calcestruzzo di qualità uniforme, pari a quello che si potrebbe ottenere in condizioni climatiche molto favorevoli.

In un impianto del genere che funzionò per due mesi, dalla metà di novembre alla metà di gennaio, con temperature dell'aria non superiori a — 26° C, fu eseguita una serie di prove del calcestruzzo prodotto e fu preso come indice di qualità la resistenza alla compressione. Mentre era stata garantita pel calcestruzzo una resistenza minima di 140 Kg/cm², le prove eseguite su 22 campioni prelevati dall'opera stessa diedero risultati compresi fra 145 e 169 Kg/cm² con una media di circa 157 Kg/cm².

Poichè la miscela per cui era stata prevista una resistenza minima a compressione di 140 kg/cm² a 28 giorni, sviluppò invece una resistenza media di 157 kg/cm,² è giusto concludere che con un esatto controllo, si possano ottenere risultati molto soddisfacenti.

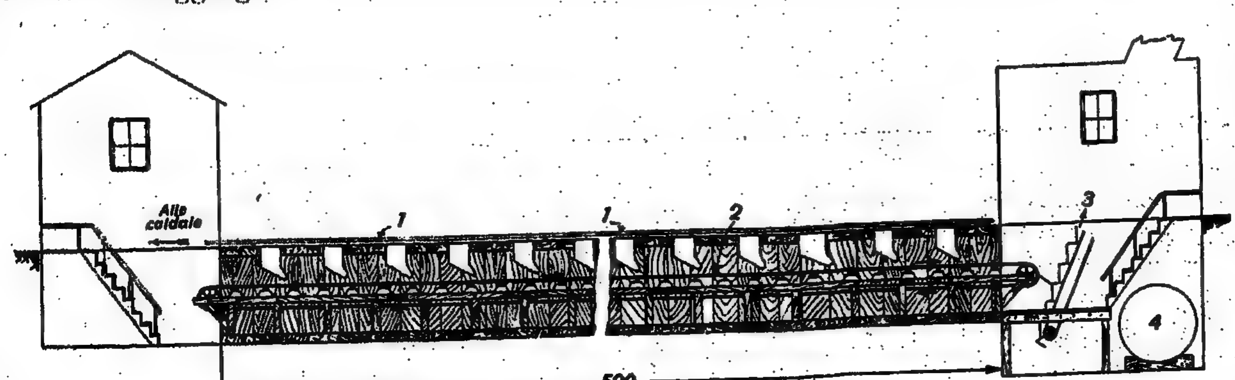


Fig. 4. - Sezione della galleria ove avviene il trattamento degli aggregati.

1 - Tubi perforati per il vapore.
2 - Nastro trasportatore.
3 - Elevatore a norie.
4 - Serbatoio per l'acqua.

La fig. 5 mostra il quadro degli apparecchi di misura dell'impianto in oggetto che è il medesimo illustrato nelle figg. 2 e 3. Nella figura si può vedere la parte bassa del silos, con le bocche di carico e la parte superiore della tramoggia del dosatore. Le bocche di carico immettono nella tramoggia della bilancia, la quale è munita di tre aste graduate di modo che i

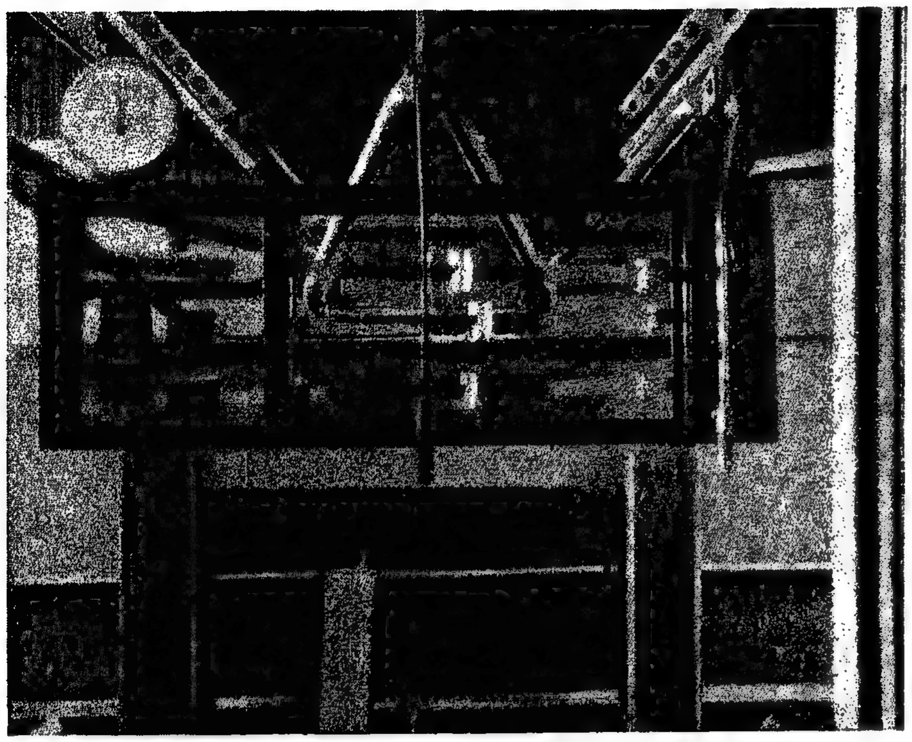


Fig. 5. - Quadro degli apparecchi di misura dell'impianto dosatore.

tre aggregati separati possono venir pesati con la massima rapidità. Il cemento viene pesato con una bilancia a parte che non appare in fotografia. La fig. 6 dà una più chiara rappresentazione dell'impianto di dosatura per pesata. Le tre aste pesatrici a sinistra sono per gli aggregati, mentre quella di destra serve per pesare il cemento.

Il metodo di pesare il cemento con una bilancia separata presenta diversi vantaggi ed è per questo generalmente adottato. Nel Canada si suole affidare, in caso di opere in calcestruzzo, ogni responsabilità relativa alla qualità del calcestruzzo prodotto dal mescolatore, ad un tecnico specializzato. Le sue responsabilità non riguardano le operazioni meccaniche dell'impasto, salvo il caso in cui queste operazioni mal condotte possano essere di detrimento alla resistenza o alla qualità del prodotto. Egli è incaricato di fare tutte le operazioni di controllo e tutte le prove ed è responsabile per tutti i cambiamenti apportati nelle proporzioni o nelle quantità.

Trattamento del calcestruzzo dopo mescolato.

Dopo aver scaricato il calcestruzzo dal mescolatore in condizioni soddisfacenti, è necessario metterlo in opera a regola d'arte ed avere cura sufficiente per la sua buona presa. Il trasporto dal mescolatore al punto dove avviene la gettata deve aver luogo in modo che non si abbia un sensibile abbassamento di temperatura: questa condizione esclude il trasporto del calcestruzzo mediante convogliatori o per caduta, poichè con questi metodi la miscela viene a trovarsi molto esposta all'azione dell'aria ed il suo calore si dissipa con molta rapidità, particolarmente quando la temperatura dell'aria è al di sotto di zero. In generale si usano, per trasportare il calcestruzzo dal mescolatore al posto di lavoro, dei carrelli o delle benne apribili da un lato o dal fondo e trasportati mediante ferrovie o teleferiche (Blondins).

Questo metodo presenta il vantaggio di render possibile il collocamento del calcestruzzo nei casseri, con la minima separazione degli elementi e di consentire inoltre l'impiego di calcestruzzo poco fluido.

Secondo l'esperienza dello scrivente, nel caso di opere idrauliche richiedenti grandi masse di calcestruzzo e per le quali la resistenza, la densità e la impermeabilità sono requisiti essenziali, la posa in opera del calcestruzzo per caduta è in generale sconsigliabile.

La fig. 7 mostra il trattamento della miscela di calcestruzzo nei lavori di St. Ours. Le benne, della capacità di 0,764 m^3 (1 yarda^3), si scaricano dal fondo e vengono trasportate con ferrovia a scartamento ridotto dal mescolatore al posto di lavoro; quivi vengono sollevate con un *derrik* e trasportate ai casseri.

La fig. 9 mostra il primo carico di calcestruzzo posto nelle forme per il paramento a valle della diga alla rapida del Toro sul fiume Mattawin: il calcestruzzo veniva trasportato dal mescolatore al posto di lavoro mediante carri con scarico laterale. Prima di porre il calcestruzzo nelle forme, bisogna rimuovere la neve o il ghiaccio dalle superfici delle forme, dalle armature e dalla superficie di ripresa: ciò è bene farlo con getti di vapore vivo.

Protezione dopo la gettata.

Dopo la gettata del calcestruzzo occorre provvedere con cura a proteggerlo opportunamente fino a quando ha raggiunto una resistenza sufficiente per vincere l'azione del gelo. Sulla gettata di calcestruzzo si dispone una copertura protettiva e si riscalda l'aria compresa tra questa e il calcestruzzo mediante getti di vapore, aggiungendo, ove occorra, braceri a coke in convenienti posizioni. Se il riscaldamento è fatto solo mediante braceri o mediante altri mezzi di riscaldamento secco, la quantità d'acqua già contenuta nel calcestruzzo evapora rapidamente dalle parti superficiali e la presa completa di queste (che è di essenziale importanza) viene resa praticamente impossibile.

Il riscaldamento mediante vapore mantiene invece l'aria compresa tra le tende di protezione e il calcestruzzo sempre al punto di saturazione e previene l'evaporazione dell'acqua contenuta nel calcestruzzo stesso.

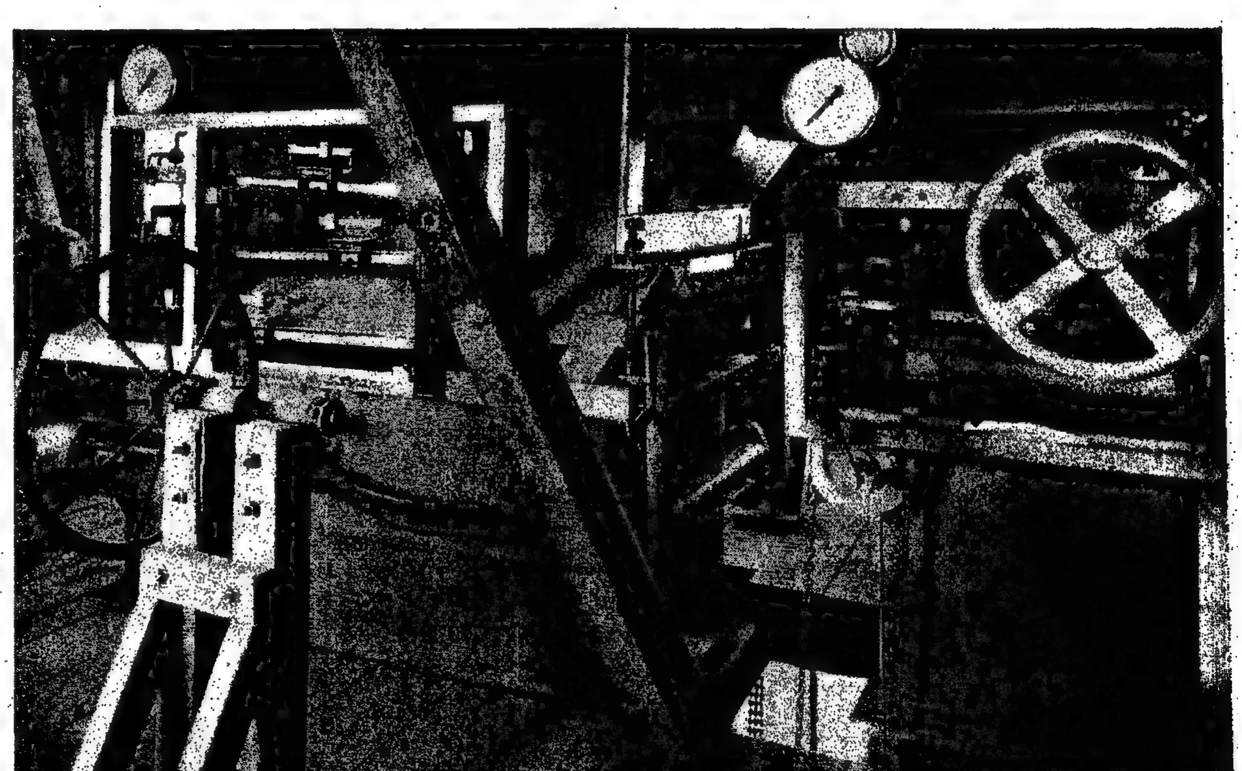


Fig. 6. - Dettaglio dell'impianto di dosatura per pesata.

MISCELE CHIMICHE.

A questo punto è forse interessante riferire brevemente sull'impiego delle così dette miscele protettive contro il gelo.

Dopo i primi tentativi, coi quali praticamente non veniva data nessuna protezione al calcestruzzo messo in opera d'in-

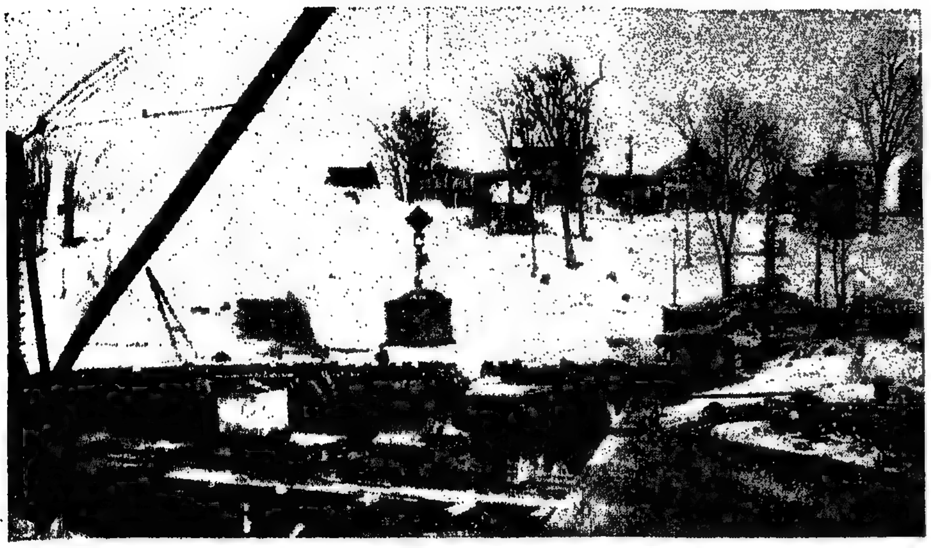


Fig. 7. - Gettata del calcestruzzo a S. Ours. - Febbraio 1931.

verno, perchè tutto si riduceva a coprirlo con materiali più o meno isolanti per evitare le perdite di calore, fu realizzato qualche progresso nel campo delle protezioni, ricorrendo a mezzi chimici, e cioè coll'aggiunta di sale, di cloruro di calcio e di altri composti, al calcestruzzo stesso. Questo metodo trova una giustificazione teorica nel fatto che l'aggiunta di sali abbassa il punto di congelamento dell'acqua contenuta nel calcestruzzo conferendo a questo, sin dal periodo iniziale di presa, una maggiore resistenza al gelo.

L'esperienza ha però dimostrato che molti dei materiali provati sono nocivi al calcestruzzo e, per tale ragione, il loro uso è stato quasi completamente abbandonato; solo in qualche caso vengono tuttora impiegati alcuni sali che, in piccola dose, sono affatto innocui. Il grado di protezione conferito dal cloruro di calcio o da altri sali, usati in quantità opportunamente limitate per non danneggiare il calcestruzzo e per non elevarne molto il costo, è così piccolo che non ha più importanza pratica.

In alcuni casi, l'aggiunta di sale può tuttavia avere un valore ben definito nel senso che può conferire maggiore resistenza al calcestruzzo, accelerandone inoltre la presa. Il valore pratico dell'aggiunta di cloruro di calcio o di sostanze simili va quindi ricercato unicamente nel vantaggio di una stagionatura più rapida che abbrevia il periodo di protezione del calcestruzzo.

Questo particolare ha speciale importanza pratica per alcuni tipi di costruzioni ed in particolare per quelle in calcestruzzo armato, ricoprenti grandi aree, dove le spese per le adeguate protezioni e per il riscaldamento durante un lungo periodo di tempo risulterebbero altrimenti molto elevate.

Per grandi strutture massiccie (fondazioni, opere idrauliche e simili) non è vantaggioso l'uso di un acceleratore, poichè il calcestruzzo stesso, quando la temperatura iniziale sia sufficientemente elevata da permettere l'inizio della presa e le superfici siano protette dalla rapida dissipazione di calore, svilupperà sufficiente calore per continuare la presa e l'indurimento con la desiderata rapidità. In tali condizioni, l'aggiunta di un acceleratore può essere anzi nociva in quanto il processo di presa potrebbe venire accelerato in modo tale da generare quantità di calore sufficienti per provocare sensibili sollecitazioni termiche nell'interno della massa. Questo inconveniente si è effettivamente verificato in alcune costruzioni e per tale ragione si è proposto di provvedere le grandi opere in calcestruzzo di dispositivi atti a raffreddarne la massa interna in modo da prevenire lo sviluppo di pericolose sollecitazioni termiche.

A questo riguardo è interessante rilevare come nel progetto di costruzione della diga Hoover a Boulder Canyon sul f. Colorado, sia stato prescritto per il raffreddamento della massa muraria un sistema di tubi annegati nel calcestruzzo, entro i quali deve essere mantenuta in circolazione una corrente d'acqua fredda. Per questa opera, che richiederà circa 3 milioni di m^3 di calcestruzzo e che può ritenersi la più grande finora intrapresa, sono state presentate offerte nel marzo ultimo scorso; il lavoro, nelle sue fasi progressive, sarà seguito con non poco interesse dagli ingegneri e costruttori di tutto il mondo.

STAGIONATURA NECESSARIA PER LA SICUREZZA.

Nelle costruzioni in cemento armato, le cui membrature, appena tolti i casseri, sono sottoposte a carichi poco diversi da quelli finali per i quali sono state calcolate, è necessario che la presa avvenga nel più breve tempo possibile e che la protezione venga assicurata con la larghezza di mezzi e per un tempo sufficiente perchè la struttura acquisti la necessaria resistenza.

Una situazione del tutto diversa si ha nel caso di grandi opere massicce. Quivi infatti è ben difficile che la struttura venga caricata secondo la sua capacità finale subito dopo costruita



Fig. 8. - Rapide del Toro. - Lavori eseguiti nel gennaio 1930.

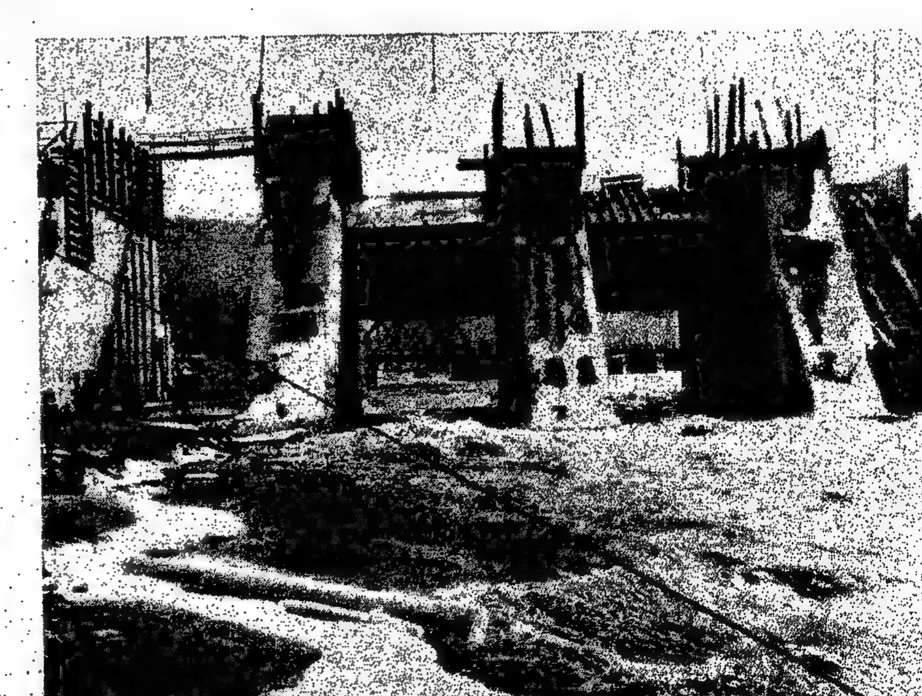


Fig. 9. - Rapide del Toro. - Lavori eseguiti d'inverno. - Aprile 1930.

e tutto quello che si richiede consiste in una sufficiente protezione dell'opera durante il periodo iniziale di presa; protezione, che deve essere mantenuta sino a quando il calcestruzzo sia

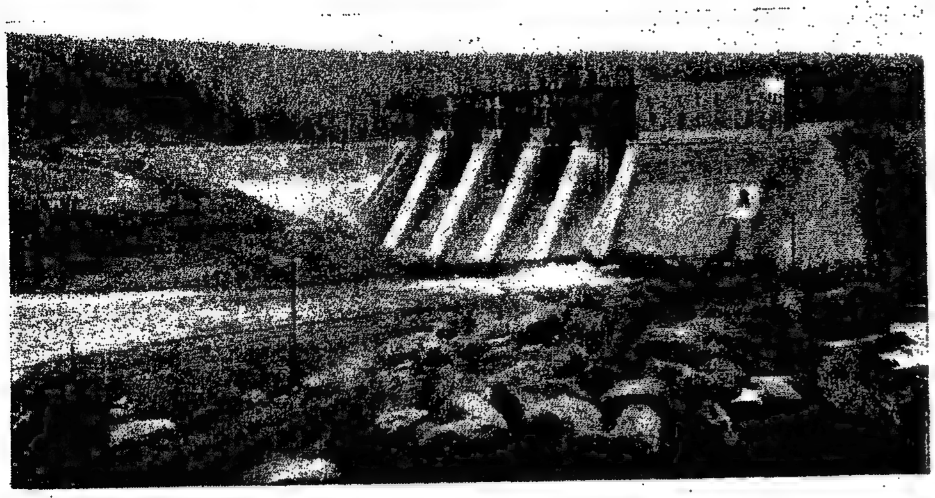


Fig. 10. - Rapide del Toro. - I lavori completati - Ottobre 1930.

in grado di sviluppare una resistenza sufficiente per vincere l'azione del gelo.

La durata del periodo di presa e di protezione dipende da un certo numero di fattori:

1) tipo del cemento;
2) porporzione del cemento nell'impasto;
3) temperatura alla quale il calcestruzzo viene gettato;
4) » dell'aria compresa nello spazio protettivo.



Fig. 11. - Parte del muro laterale della chiusura di S. Ours completata nel Dicembre 1930.

Tutti questi fattori esercitano un'influenza ben determinata sulla resistenza a compressione del calcestruzzo e perciò il modo più soddisfacente per controllare il processo di presa consiste nel fare riferimento alla misura della resistenza suddetta. Da prove eseguite da I. E. Burks della Alcoa Power Company, risulta che una sufficiente presa per resistere all'azione del gelo può considerarsi raggiunta quando la resistenza a compressione sia di 45-65 kg/cm².

Dopo aver raggiunto questa resistenza, il riscaldamento non è più necessario e i casseri possono venire rimossi senza pericolo di danni alla superficie della struttura per l'azione del gelo.

Tipi di coperture protettive.

Il tipo di copertura richiesto dipende dalla natura dell'opera e dalla località in cui si svolge il lavoro, nonchè dalle prevalenti temperature esterne. Ove la temperatura non scende al disotto di zero, o in certi casi dove pur scendendo la temperatura al di sotto di zero il lavoro è protetto dal vento, come negli scavi, è sufficiente coprire le pareti laterali con tela catramata, che viene stesa anche sopra il lavoro, sostenuta da leggere armature, lasciando uno spazio libero sopra la superficie del calcestruzzo. In questo spazio e in quello compreso tra copertura e casseri esterni vengono introdotti getti di vapore con continuità, fino a quando il calcestruzzo abbia sviluppato la richiesta resistenza. Questo è il più semplice e diffuso sistema di protezione, il quale, se usato con tutte le cautele necessarie e salvo il caso di condizioni climatiche eccezionali, dà in generale risultati soddisfacenti. Con cementi a rapida presa il riscaldamento a vapore può esser interrotto, anche con stagione rigida, dopo 48 ore.

Negli impianti di St. Ours e al Toro il calcestruzzo gettato fu protetto con coperture di tela catramata, sotto le quali furono praticati getti di vapore. La fig. 9, presa nell'aprile 1930, mostra la parte dei lavori al Toro eseguita durante l'inverno; la fig. 10 mostra i lavori completi nell'ottobre 1930. La fig. 11 mostra una parte del muro laterale della chiusa di St. Ours, completato nel dicembre 1930. Il calcestruzzo fu gettato, al Toro, con temperature inferiori a — 35° C mentre le minime temperature a St. Ours furono di circa — 26° C. In entrambi i casi il riscaldamento a vapore fu cessato dopo 48 ore ed in nessuna parte si notarono segni di danneggiamento dovuti all'azione del gelo.

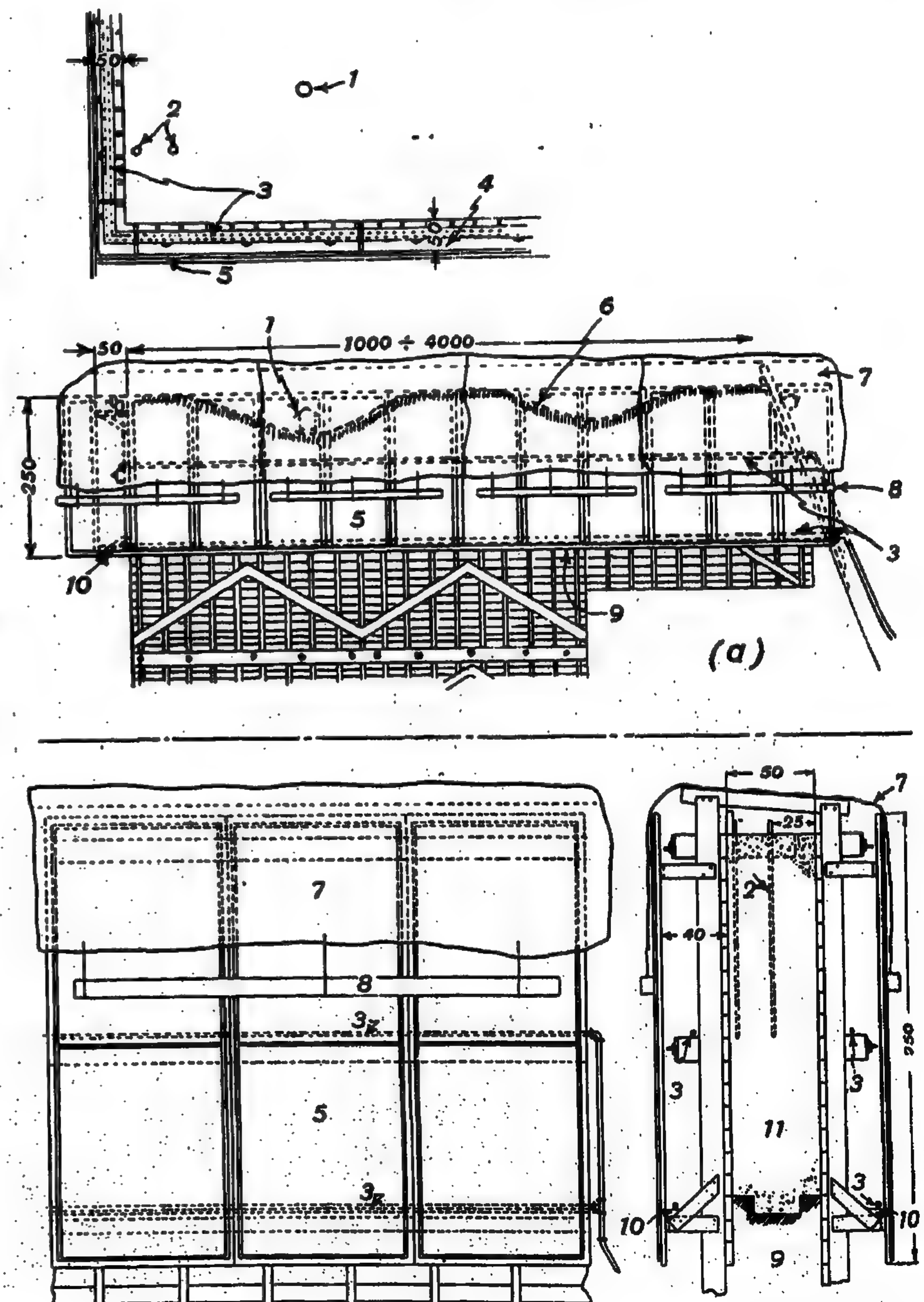


Fig. 12. - Particolari del sistema protettivo e del riscaldamento a mezzo di vapore vivo.

1 - Braceri a coke
2 - Termometri
3 - Tubi di adduzione di vapore
4 - Intercapedine d'aria
5 - Ripari costituiti da teloni impermeabili ricoperti da carta catramata
6 - Superficie di ripresa del getto
7 - Teloni impermeabili
8 - Travicelli (sezione 10 × 11 cm) usati come pesi
9 - Vecchia gettata
10 - Passaggio
11 - Nuova gettata.

Ove le temperature prevalenti sono molto basse è consigliabile usare sistemi di protezione molto efficaci. Nella fig. 12 son rappresentati i particolari del metodo usato dall'Alcoa Power Company nella costruzione della diga Chute a Caron, ove il calcestruzzo venne gettato con temperature inferiori a — 40° C. I casseri stessi, di 5 cm di spessore, hanno già di per sè un effetto isolante. Al di fuori dei casseri è applicato un leggero riparo di legno coperto con tela impermeabile e carta catramata. Questo riparo può esser posto in vicinanza dei casseri, oppure, come si fece in questo lavoro, ad una distanza da questi che permetta il passaggio di un uomo tra la forma e la protezione. Questa intercapedine è chiusa al fondo per evitare la formazione di una corrente d'aria dal basso all'alto, ed è ricoperta al di sopra con tela catramata che pende sul fianco della protezione. Lo spazio tra la protezione e i casseri è riscaldato con vapore vivo e mantenuto alla temperatura di 16° C.

Nella costruzione delle parti a gravità di questa diga i copertoni impermeabili, sostenuti da armature che li mantenevano ad una certa distanza dal calcestruzzo fresco, venivano stesi al di sopra delle gettate recenti. Sotto le tele catramate venivano poi praticati dei getti di vapore il cui effetto era integrato da un riscaldamento addizionale effettuato al centro mediante bracieri a coke posti, come mostra il disegno, nei punti più bassi della superficie di gettata.

Con questo sistema il riscaldamento può essere interrotto, anche durante le stagioni molto rigide, dopo 60 ore potendo acquistare in questo tempo, il calcestruzzo, sufficiente resistenza per assicurarsi contro ogni danno da parte del gelo.

CONCLUSIONI.

Allo stato odierno della tecnica delle costruzioni invernali in calcestruzzo, nessuno ormai discute nel Canadà la questione se possano ottenersi risultati soddisfacenti o meno.

La esperienza acquistata è oggi sufficiente per togliere ogni incertezza nella pratica delle costruzioni invernali in calcestruzzo. Come è stato esposto più sopra, qualora certe precauzioni relativamente semplici e più o meno costose siano scrupolosamente seguite, si possono ottenere risultati soddisfacenti come quelli conseguibili nelle più favorevoli condizioni climatiche. Infine, se sia o no conveniente proseguire la costruzione di opere particolari durante la stagione invernale, dipende dalla possibilità di effettuare economie sul costo definitivo della costruzione o dal fatto che le spese addizionali per il lavoro invernale non siano superiori ai vantaggi che si possono conseguire. L'analisi particolareggiata di tale questione trascende lo scopo di questa nota; per ogni particolare progetto la questione deve essere risolta in base ad un'accurata stima ed analisi dei probabili costi.

La fondazione Volta

Il 21 aprile l'Accademia d'Italia ha per la prima volta assegnati i premi di fondazione privata. Fra questi hanno un particolare interesse per la scienza, quelli della « Fondazione Volta ».

Nella sua relazione l'Accademico Prof. G. C. Vallauri, dopo aver detto che l'Accademia si è già vista, nella sua breve esistenza, affidare lo svolgimento di più d'una munifica iniziativa, ha proseguito:

« Particolarmente cospicua è quella che ha dato vita alla Fondazione « Alessandro Volta », per merito del maggior organismo privato fra quanti operano in Italia nel campo dell'industria elettrica; ho nominato la Società Generale Italiana Edison di Elettricità, avente sede a Milano. Due anni or sono, nel marzo 1929, la donazione veniva annunciata, in nome della Società, dall'onorevole Giacinto Motta, con una lettera diretta a S. E. il Capo del Governo. Compiute le formalità necessarie, l'Accademia ha cominciato a disporre, a partire dal giugno scorso, dei frutti di un capitale del valore nominale di circa 8 milioni di lire, in Consolidato Italiano 5 %.

« D'accordo con l'Ente donatore e in conformità con le superiori direttive del Governo Nazionale, l'Accademia provvide sollecitamente a studiare ed a formulare lo Statuto della Fondazione, che ha già ricevuto le sanzioni necessarie e che giova sia qui ricordato nelle sue linee essenziali.

« Governa la Fondazione un ristretto consesso, che si compone del Consiglio Accademico e di un rappresentante dell'Ente donatore, impersonato nel senatore Orso Mario Corbino. A lui spetta non piccola parte di merito per la sollecitudine e per la sicurezza, con cui la Fondazione ha iniziato l'opera sua ».

Poichè metà del patrimonio del nuovo ente, è destinato almeno per metà a promuovere ogni anno una riunione di uomini eccellenti nelle scienze, nelle lettere o nelle arti, scelti dal Consiglio ed invitati a discutere un solo tema, il Relatore ha fatto seguire le seguenti notizie sul primo di detti convegni:

« Il primo convegno si adunerà in Roma nel prossimo ottobre ed il Consiglio ha indicato per esso l'argomento più comprensivo e più vitale, che si potesse formulare nei riguardi della nuova fisica, scegliendo il tema « Nuclei ed elettroni ». Verranno i più celebri artefici della profonda rivoluzione scientifica, in cui la nostra generazione ha vissuto e vive tuttora: la signora Curie, Aston, Ellis, Mott, Fowler, Richardson, Bohr, Gamow, la signorina Meitner, Geiger, Pauli, Beck, Stern, Rupp, Sommerfeld, Debye, Ehrenfest e forse pochi altri, insieme con i più autorevoli colleghi italiani.

« Nel 1933, nel '35 e così di seguito, di due anni in due anni, si succederanno i convegni promossi dalla Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Negli anni intermedi i convegni Volta saranno promossi per turno della Classe di Scienze Morali e Storiche, da quella di Lettere e da quella di Arti ».

Circa la rimanente parte dei proventi della Fondazione, non destinati ai Convegni, riservata a borse di perfezionamento, a viaggi d'istruzione, a missioni scientifiche, ed in genere al conseguimento di alti scopi culturali, i prescelti per le prime designazioni, nell'orbita delle discipline, che interessano la classe di Scienze Fisiche Matematiche e Naturali sono:

Luigi Fontappiè per la matematica, Antonio Carelli per la fisica, Giovan Battista Bonino per la chimica, Oddone Belluzzi per l'ingegneria, Aldo Sestini per la geologia, Giuseppe Caraci per la geografia, Francesco Mazza per la biologia e Filippo Neri per la medicina.

ING. PROF. CORRADO RUGGIERO
R. SCUOLA D'INGEGNERIA DI PADOVA

Ricerca diretta degli elementi di piena nelle bonifiche meccaniche

(PIANURA VENETA)

1) - Premesse.

Una ricerca diretta dei coefficenti di deflusso, cioè dei rapporti tra volumi d'acqua defluiti da un comprensorio di bonifica e volumi di precipitazione meteorica è stata effettuata, come è noto, dal Pasini, per la bonifica Ferrarese (1). Gli elementi dedotti hanno servito e servono tuttora per il calcolo pratico dei coefficienti udometrici, da porre a base dello studio di una rete di canali di bonifica. Evidentemente però essi possono avere principalmente riferimento alla zona presa in esame; tuttavia si estendono anche alle bonifiche della valle Padana in genere, in località ove le precipitazioni meteoriche non differiscono molto da quelle considerate e purchè si tratti di terreni di natura analoga, sia altimetricamente che geologicamente.

Tenuta presente allora la necessità di estendere tali ricerche ad altri comprensori sottoposti a bonifica idraulica, si è iniziato detto studio per alcune bonifiche meccaniche della pianura Veneta e se ne daranno ora i risultati, riguardanti non solo il coefficiente di deflusso, ma altresì tutti gli altri fattori che concorrono alla valutazione del fenomeno di piena in una rete di collettori. Si osserva tuttavia che la ricerca sarà continuata nei prossimi anni per meglio avvalorarne i risultati.

Il metodo dei coefficienti udometrici (Turazza), comunemente adottato in questi calcoli, esige la conoscenza sperimentale di tutti gli elementi di piena, quale il coefficente di deflusso, il coefficente di piena, cioè il rapporto tra la portata massima e la media durante l'evento di piena, il tempo di corrivazione, la precipitazione critica. Anche seguendo altre vie per la determinazione delle portate massime defluenti è pur sempre necessario premettere la determinazione a mezzo di coefficienti udometrici, trattandosi in genere di effettuare poi una *verifica* della capacità della rete a smaltire o meno la piena. Sono ben noti al riguardo gli studi di illustri idraulici, studi che hanno avuto in questi ultimi tempi un particolare sviluppo. In sostanza essi sono basati sulla equazione di continuità:

$$\varphi\, d t = q\, d t + dv$$

ove φ è la portata affluente nell'istante t alla rete, q la portata defluente allo sbocco all'istante t, dv l'aumento di volume nell'intervallo infinitesimo di tempo dt successivo a t, in tutti i canali della rete, fino al punto di sbocco considerato, compresi i più piccoli fossi e le eventuali casse di espansione. Si deduce opportunamente (2) il tempo t della durata ammissibile di una pioggia d'intensità I, come funzione della portata di piena, preventivamente calcolata, dell'invaso nella rete, del coefficente di deflusso, della superficie del comprensorio. Sono stati studiati ulteriori sviluppi (1) o particolari procedimenti grafici (2) e ultimamente è stata effettuata anche una ricerca analitica (3), sempre fondata sulla citata equazione; precisamente l'equazione di continuità è stata integrata assumendo a base dei calcoli particolari ipotesi analitiche su gli afflussi dovuti alle piogge, nonchè presupponendo varie leggi, sempre analitiche, sull'andamento degli invasi, delle scale di deflusso delle portate allo sbocco, con riferimento generico a qualsiasi rete idraulica, artificiale o naturale.

Pur non entrando nel merito di questi calcoli, è facile comprendere come sia necessario, in ogni caso, porre a base di essi dirette ricerche sperimentali. Si vogliono quindi determinare gli elementi generatori di una piena, di cui sopra si è detto, con riferimento al metodo Turazza, e inoltre gli altri fattori, quali i volumi di invaso e svaso, ed altri di cui si dirà in seguito, che occorrono nelle calcolazioni.

Lo studio si riferisce però unicamente alle bonifiche, anzi a quelle a sollevamento meccanico. Per quanto il fenomeno della piena in altre reti idrauliche, quali gli alvei fluviali e i condotti di fognatura, presenti delle analogie con quanto avviene in una rete di collettori di bonifica, l'entità degli elementi caratteristici, quali il coefficiente di piena, gli immagazzinamenti, il valore unitario del massimo deflusso in relazione all'estensione del bacino, il coefficiente di deflusso, è profondamente diversa, sia per le forti pendenze, per l'eventuale fusione delle nevi, per la diversa natura del terreno ecc. (alvei fluviali), sia per il diverso modo con cui avviene l'afflusso delle acque al collettore e la rapidità stessa del fenomeno (fognature).

2) - Impianti idrovori considerati nel presente studio.

Si sono scelti alcuni comprensori di bonifica di varia estensione, tutti compresi nella regione Veneta, e ciò sia perchè si è voluto per ora limitare lo studio a questa regione, per la quale del resto è di vitale importanza il problema della bonifica, sia per la maggiore comodità di raccolta dei numerosi dati necessarj allo studio e facilità di contatti frequenti con i tecnici addetti al funzionamento degli impianti.

Precisamente i comprensori esaminati sono quelli della Bonifica Bacchiglione Fossa Paltana e cioè: Barbegara-Paltana, Correzzola, Rebosola, Civè, Casetta; il comprensorio della Bo

(1) PASINI: « Coefficienti udometrici desunti dal lavoro delle macchine nelle bonifiche meccaniche ». *G. G. C.*, 1910.
(2) PUPPINI: « Il calcolo dei canali di bonifica ». *Il Monitore Tecnico*, 1923.

(1) SUPINO: « Il calcolo dei canali di bonifica ». *L'Ingegnere*, 1929
(2) LELLI: « Sul calcolo dei canali di bonifica ». *A.L.L.P.P.*, 1930
(3) CAMPINI: « Contributo alla teoria delle piene nelle reti idrauliche. *L'Energia Elettrica*, 1930.

nifica Monforesto (Cà Bianca): quello della Bonifica Pratiarcati (terre basse) e quello della Bonifica di Sette Sorelle (1). Si tratta di bonifiche effettuate tutte a sollevamento meccanico, parte con gruppi elettro-idrovori, parte con gruppi Diesel-pompa.

La Bonifica Bacchiglione Fossa-Paltana distinta in bacino occidentale (Barbegara-Paltana, Rebosola, Civè) e orientale (Casetta) è limitata a Nord e a Nord-Est dal Bacchiglione e dal Canale abbandonato di Pontelongo, a Sud, dalla strada comunale Pernumia-Cona, da parte della provinciale Cavarzere-Chioggia, dallo scolo Brenton, Canale dei Cuori fino allo sbocco della nuova inalveazione del fiume Brenta; il comprensorio presenta nei suoi vari bacini forma prevalentemente allungata; il terreno per buona parte è costituito da antiche valli di fondo prevalentemente torboso (si tratta di suolo soggetto a forti costipamenti), a pendenza assai piccola; l'estensione del bacino occidentale è di ettari 13 013, quella del bacino orientale di 510 ettari (questo nel 1929 è stato portato ad ettari 1020). I tre sottobacini hanno le seguenti superfici:

Correzzola	ettari	7335
Rebosola	»	3428
Civè	»	2250

L'impianto idrovoro di Barbegara-Paltana (Correzzola) è costituito da 4 pompe eguali, accoppiate a due a due, della portata e prevalenza di cui si dirà in seguito, azionate direttamente in via ordinaria da due motori sincroni trifasi con energia fornita dalle Società distributrici. In mancanza di questa energia le pompe possono essere mosse da due motori Diesel della potenza ognuno di 600 HP effettivi; in questo caso la energia termica residua viene trasformata in elettrica dai predetti motori sincroni funzionanti come alternatori ed inviata ai motori asincroni degli impianti idrovori « Rebosola » « Civè », « Casetta ».

L'impianto idrovoro di Rebosola è costituito da tre pompe centrifughe eguali, azionate da motori asincroni, della potenza ciascuno di 150 cavalli effettivi.

L'impianto idrovoro di Civè, che funziona da molto tempo, mentre i due precedenti hanno cominciato a funzionare nel 1926 (Correzzola) e 1925 (Rebosola), comprende due piccole pompe eguali, azionate da motori elettrici asincroni ed una pompa più grande azionata direttamente da un motore Diesel.

L'impianto idrovoro di Casetta che funziona dal 1921, è costituito da due pompe centrifughe eguali, azionate da motori elettrici asincroni; con l'aggiunta effettuata nel 1929 di altri 510 ettari al comprensorio, venne installata una nuova pompa di maggior portata.

La Bonifica del Consorzio « Monforesto », della estensione di ettari 25 337 è situata immediatamente a Sud di quella Bacchiglione Fossa-Paltana, fino a raggiungere il fiume Gorzone; è anche questa di forma stretta ed allungata, attraversata longitudinalmente dal « Canale dei Cuori »; è costituita da terreno di natura prevalentemente cuorosa, donde appunto il nome del predetto colatore, e scola le sue acque all'impianto idrovoro di Ca' Bianca di recente costruzione. Questa bonifica è però suddivisa in un gran numero di piccoli sottobacini, ciascuno servito da apposito macchinario idrovoro; in definitiva però tutte le acque affluiscono come si è detto, all'idrovora di Ca' Bianca, ove sono installati otto gruppi centrifughi doppi, di cui quattro azionati da motori elettrici e quattro da motori Diesel.

La Bonifica « Pratiarcati » ha una totale estensione di circa 10.000 ettari, ed è compresa tra il Canale di Battaglia (derivato dal Bacchiglione) il canale di Roncaiette (corso inferiore del Bacchiglione) e il Canale Cagnola o Bovolenta. Si è studiato specialmente il bacino delle terre basse, di ettari 3642, le cui acque sono sollevate a mezzo dell'impianto idrovoro di Bovolenta. Il servizio delle acque *basse* è qui effettuato a mezzo di due gruppi elettro-centrifughi; le pompe possono anche essere mosse da motore Diesel.

La Bonifica di « Sette Sorelle » è costituita da un bacino compreso fra i fiumi Livenza e Loncon, il terreno con sottosuolo di natura solida in prossimità del Livenza, presenta poi mano a mano che ci si allontana da questo fiume, grandi depositi di detriti organici; in questa parte del Comprensorio il terreno è quasi perfettamente orizzontale. L'estensione è di ettari 2786, si hanno 3 pompe centrifughe di cui 2 possono accoppiarsi a motori elettrici o Diesel, ed una è azionata unicamente da motore Diesel.

L'estensione della Grande Bonifica Ferrarese, le cui acque sono esaurite tutte meccanicamente dall'unico stabilimento idrovoro di Codigoro, è di ettari 54 190. In questo studio, per maggiore generalità di ricerche, si è creduto bene prendere in esame comprensori di minore e varia estensione, anche perchè gli elementi così dedotti potrebbero trovare praticamente una applicazione su più vasta scala, nello studio di bonifiche di piccola o media superficie.

Una caratteristica che sarà meglio lumeggiata in seguito, dei comprensori presi in esame, è costituita dalle infiltrazioni dallo esterno che ivi si verificano, duvute ad acque di bacini superiori, a perdite di fiumi, canali arginati, ecc. Questo fatto è comunissimo e si può dire generale, in moltissime bonifiche Ve-

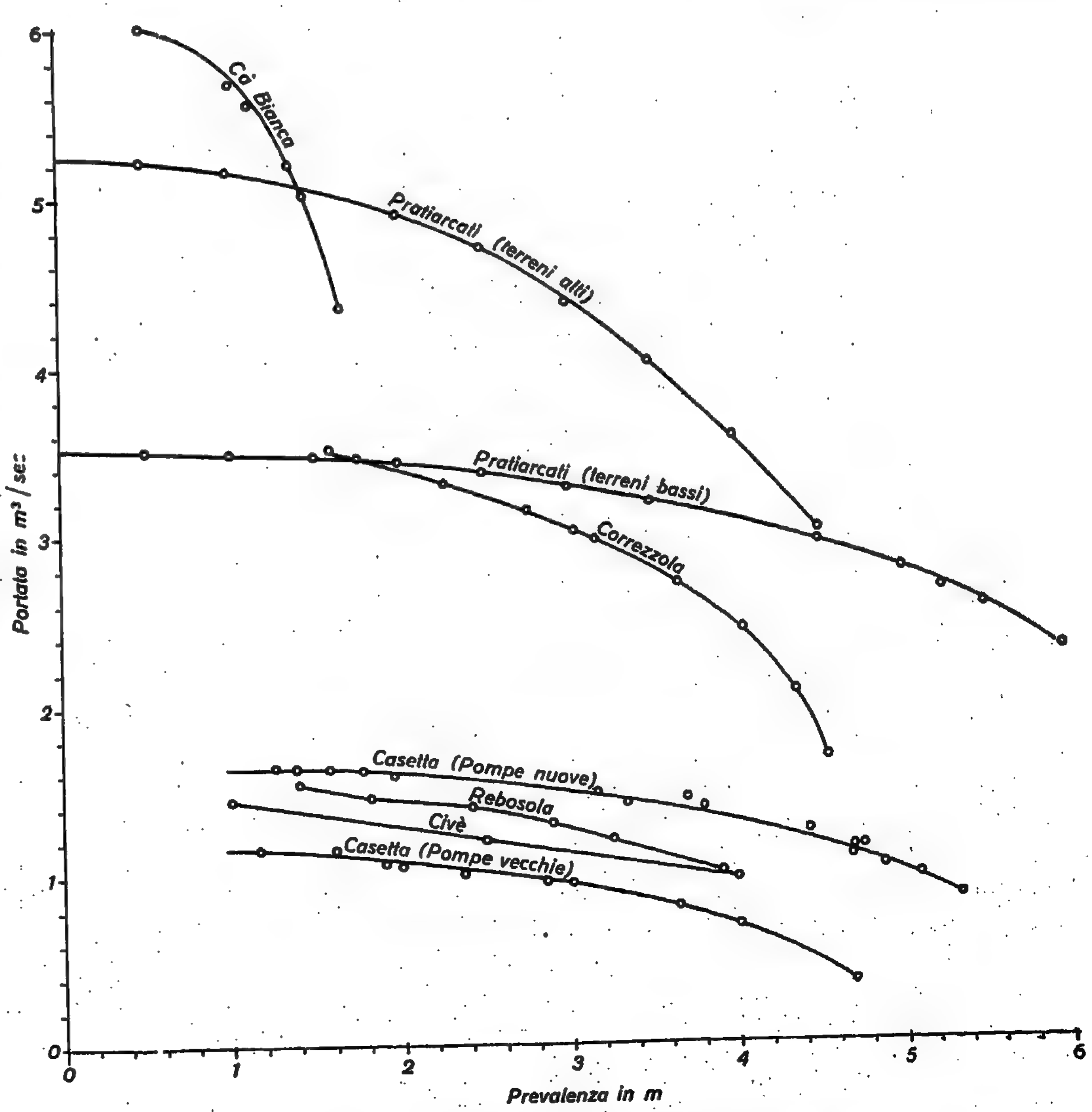


Fig. 1. - Curve caratteristiche delle pompe degli impianti idrovori.

(1) Ringrazio gli Ingg. Gasparini, Prof. Marzolo, Del Pra, Mancini per aver messo cortesemente a mia disposizione tutti i dati necessari allo studio.

nete; difficilmente può trovarsi un bacino completamente esente da filtrazioni, cioè da apporti d'acqua non dovuti alle pioggie sul comprensorio.

È quindi opportuno scegliere bonifiche proprio di questo tipo. Vedremo poi come si possa distinguere l'apporto di pioggia da quello dovuto a cause esterne.

3) – Procedimento di ricerca.

Nella fig. 1 sono riportati tutti i grafici di funzionamento dei vari impianti idrovori, cioè i diagrammi prevalenza-portata per le singole centrifughe, come risultano dai dati di collaudo degli impianti. Dai registri di macchina mensili, che riportano le ore di funzionamento, giorno per giorno, dei vari gruppi idrovori, le altezze idrometriche nel bacino a monte e in quello di recapito, all'inizio del funzionamento, in fase di regime e al termine del funzionamento, si possono dedurre le medie prevalenze verificatesi durante il periodo di pompatura; quindi con sufficiente approssimazione, a mezzo delle curve caratteristiche, potranno dedursi le portate al secondo e conseguentemente il volume d'acqua pompato nell'intervallo di esercizio delle macchine. Nel calcolare la media prevalenza si è in genere considerato il dislivello idrometrico dopo l'adescamento (e non quello iniziale) e quello all'arresto delle pompe. Il volume d'acqua sollevata è in ogni caso riportato al kmq di superficie di comprensorio, risultando quindi espresso in metri cubi per chilometro quadrato, e ciò per rendere facili e subito evidenti i confronti da caso a caso.

Quanto si è detto si riferisce al funzionamento delle pompe accoppiate a motore elettrico; per quelle azionate da Diesel si è in generale considerata come costante la portata, effettuando qualche controllo (l'unico forse possibile) delle ore di funzionamento dall'esame del consumo di combustibile verificatosi.

Servendosi delle indicazioni del kW-metro, si poteva anche risalire (naturalmente per i gruppi elettro-idrovori) al valore della portata sollevata, conoscendo la prevalenza, e supponendo un determinato rendimento. Alcune determinazioni effettuate hanno dato risultati concordanti con quelli desunti dalle curve caratteristiche. Questo secondo metodo è ad ogni modo risultato utile nei casi in cui potevano sorgere dei dubbi sull'entità del numero di ore di funzionamento registrate. Una maggiore precisione, del resto, nella valutazione dei volumi d'acqua smaltiti dalle idrovore, non è, ai fini del presente studio, necessaria, dovendo riportare nei computi i quantitativi giornalieri, che poi vengono utilizzati nella loro somma estesa a periodi mensili o a periodi di durata di una piena, con lo scopo di ottenere i rapporti con i volumi d'acqua meteorica: ora il valore di detti rapporti può variare evidentemente di ben poco per effetto di qualche errore in eccesso o in difetto nella valutazione delle portate unitarie sollevate.

Altro elemento da determinare è la precipitazione meteorica. Si sono scelte alcune stazioni pluviometriche che ben caratterizzassero il regime delle pioggie per ogni singolo bacino. Precisamente la distribuzione adottata è la seguente:

Comprensorio di:	Stazioni di:
Correzzola	Bovolenta, Pontelongo, Correzzola (dal 1926 al 1930 compr.)
Civè	Punta Gorzone, Pontelongo, Cona (dal 1921 al 1930)
Rebosola	Cona, Pontelongo (dal 1925 al 1930)
Casetta	Punta Gorzone (dal 1923 al 1930)
Monforesto	Cona, Bagnoli, Cà Bianca (dal 1928 al 1930)
Pratiarcati	Padova, Bovolenta, Casal Ser Ugo (1928)
Sette Sorelle (1) .	Portogruaro (1930).

(1) Di questo comprensorio non sono nel presente studio riportati computi, non avendo per ora a disposizione che un anno di osservazioni.

Tabella I.

IMPIANTO IDROVORO DI CORREZZOLA
(Superficie ett. 7335)

DATA Marzo (1928)	Totale ore funz. gruppi termici	Totale ore funz. gruppi elettrici	Prevalenza media m	Acqua sollevata in mc/sec	mc/sec × ore	mc/kmq durante una piena affluiti alle pompe	Precipit. meteoriche a Pontelongo in mm	Precipit. meteoriche a Bovolenta in mm	Media delle precipitazioni in mm	Afflussi in mc/kmq
1	3.5	—	—	3.20	11.20	—	—	—	—	—
2	—	5.5	2.53	3.21	17.65	—	—	1.2	0.6	600
3	—	3	2.62	3.18	9.54	—	8	11.3	9.65	9.650
»	—	1.75	2.80	3.11	5.44	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	1.5	—	0.75	750
5	—	3	2.45	3.24	9.72	—	—	—	—	—
»	—	1.5	2.60	3.19	4.78	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	10	11.2	10.6	10.600
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	4	—	—	3.20	12.80	630	5.5	9.1	7.3	7.300
11	24	—	—	3.20	76.80	7.500	38.0	41.2	39.6	39.600
»	—	24	2.75	3.12	74.88		—	—	—	—
12	40	—	—	3.20	128.00	12.600	25.0	32.1	28.55	28.500
»	—	42	2.96	3.04	127.68		—	—	—	—
13	28	—	—	3.20	89.60	7.850	2.0	4.2	3.10	3.100
»	—	24	3.17	2.94	70.56		—	—	—	—
14	16.5	—	—	3.20	52.80	5.600	—	—	—	—
»	—	19	2.56	3.20	60.80		—	—	—	—
15	8,5	—	—	3.20	27.20	—	—	—	—	—
»	—	10.5	2.69	3.15	33.07	—	—	—	—	—
16	6	—	—	3.20	19.20	—	—	—	—	—
»	—	10.5	2.95	3.04	31.92	—	—	—	—	—
17	—	12	2.72	3.13	37.56	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	9	—	2.45	3.25	28.80	—	—	—	—	—
20	8	—	2.41	3.26	25.60	—	—	—	—	—
21	10	—	—	3.20	32.00	—	—	—		
22	10	—	—	3.20	32.00	1.570	21.0	23.4	22.2	22.200
23	15	—	—	3.20	48.00	2.900	19.0	8.2	13.6	13.600
»	—	3.5	2.68	3.15	11.02		—	—	—	—
24	20.25	—	—	3.20	64.80	6.350	6.0	11.3	8.65	8.650
»	—	21	2.92	3.05	64.05		—	—	—	—
25	31	—	—	3.20	99.20	11.700	18.0	18.1	18.05	18.050
»	—	43.5	2.61	3.18	138.33		—	—	—	—
26	48	—	—	3.20	153.60	14.600	34.0	35.2	34.6	34.600
»	—	48	3.06	2.99	143.52		—	—	—	—
27	33	—	—	3.20	105.60	9.100	0.5	12.0	6.25	6.250
»	—	26	2.94	3.05	79.30		—	—	—	—
28	18	—	—	3.20	57.60	7.500	5.0	2.3	3.65	3.650
»	—	31	2.91	3.06	94.86		—	—	—	—
29	27	—	—	3.20	86.40	7.100	10.0	12.1	11.05	11.050
»	—	19	2.90	3.06	58.15		—	—	—	—
30	14	—	—	3.20	44.80	4.320	—	—	—	—
»	—	14	2.83	3.09	43.26		—	—	—	—
31	9	—	—	3.20	28.80	3.400	—	—	—	—
»	—	13.5	3.04	3.00	40.50		—	—	—	—

Nota: Portata media dei gruppi Diesel-pompa mc/sec 3.20.

Totale: mc/sec × ore = 2381,39. Totale acqua sollevata 116.855 mc/kmq
Totale afflussi .... 218.200 "

$$\text{Coefficiente di scolo mensile } \frac{116.855}{218.200} = 0{,}54.$$

TABELLA II.

CIVÈ

MESE	ANNO	Acqua caduta sopra un kmq (mc) P	Acqua sollevata per kmq (mc) Q	Coefficiente di deflusso Q/P
GENNAIO:	1921	20.000	73.493	3,66
	1922	45.600	0	0
	1923	52.900	2.933	0.06
	1924	95.200	80.965	0.85
	1925	15.000	31.498	2.10
	1926	49.760	28.957	0.58
	1927	162.800	132.264	0.81
	1928	57.500	20.008	0.35
	1929	67.700	39.925	0.59
	1930	53.100	29.234	0.55
Somma o media		619.560	439.277	0.71
FEBBRAIO:	1921	20.500	47.045	2.30
	1922	19.100	1.270	0.07
	1923	115.800	16.307	0.14
	1924	33.600	57.704	1.72
	1925	70.700	59.781	0.85
	1926	59.660	60.518	1.02
	1927	15.000	59.461	4.00
	1928	17.000	26.016	1.53
	1929	20.800	13.157	0.63
	1930	46.900	31.190	0.66
Somma o media		419.160	372.449	0.89
MARZO:	1921	29.000	27.075	0.93
	1922	68.900	106	0.0015
	1923	45.400	50.253	1.11
	1924	73.900	69.832	0.95
	1925	64.800	93.365	1.44
	1926	22.930	22.176	0.97
	1927	121.200	92.245	0.76
	1928	174.500	139.104	0.80
	1929	3.200	26.202	8.15
	1930	72.700	35.566	0.49
Somma o media		676.530	555.924	0.82
APRILE:	1921	122.300	28.046	0.23
	1922	116.900	8.149	0.07
	1923	110.900	22.810	0.21
	1924	123.200	193.496	1.56
	1925	80.800	72.952	0.90
	1926	62.730	21.222	0.34
	1927	16.600	28.587	1.73
	1928	45.600	67.802	1.49
	1929	58.400	16.082	0.27
	1930	101.200	46.538	0.46
Somma o media		839.330	505.684	0.60
MAGGIO:	1921	100.400	165.432	1.64
	1922	34.300	4.885	0.14
	1923	71.400	16.944	0.24
	1924	84.800	44.958	0.53
	1925	113.400	88.642	0.79
	1926	72.700	24.445	0.33
	1927	98.630	29.818	0.30
	1928	60.000	22.274	0.37
	1929	72.400	17.789	0.25
	1930	151.300	72.118	0.48
Somma o media		859.330	487.305	0.57
GIUGNO:	1921	73.900	29.750	0.40
	1922	136.000	0	0
	1923	113.600	9.872	0.09
	1924	85.200	20.667	0.24
	1925	102.100	20.680	0.20
	1926	91.460	17.816	0.19
	1927	58.600	8.923	0.15
	1928	48.300	10.195	0.21
	1929	21.000	3.802	0.18
	1930	55.500	17.115	0.31
Somma o media		785.660	138.820	0.18

MESE	ANNO	Acqua caduta sopra un kmq (mc) P	Acqua sollevata per kmq (mc) Q	Coefficiente di deflusso Q/P
LUGLIO:	1921	19.000	2.830	0.15
	1922	3.500	0	0
	1923	36.000	0	0
	1924	138.400	8.088	0.06
	1925	80.700	21.538	0.27
	1926	76.460	10.867	0.14
	1927	16.300	0	0
	1928	0	0	ind.
	1929	15.500	2.112	0.14
	1930	61.400	10.560	0.17
Somma o media		447.260	55.995	0.12
AGOSTO:	1921	64.300	0	0
	1922	5.800	0	0
	1923	35.700	0	0
	1924	151.900	16.262	0.11
	1925	39.800	12.672	0.32
	1926	39.960	4.547	0.11
	1927	5.660	0	0
	1928	18.400	0	0
	1929	34.600	2.467	0.07
	1930	21.500	8.546	0.40
Somma o media		417.620	44.494	0.11
SETTEMBRE:	1921	19.200	0	0
	1922	103.800	0	0
	1923	92.000	192	0.002
	1924	61.700	10.299	0.17
	1925	42.800	4.400	0.10
	1926	31.300	0	0
	1927	111.200	0	0
	1928	168.600	0	0
	1929	4.100	0	0
	1930	93.000	16.171	0.17
Somma o media		737.700	31.062	0.042
OTTOBRE:	1920	151.600	5.956	0.04
	1921	23.200	797	0.03
	1922	80.600	0	0
	1923	0	192	—
	1924	155.800	109.066	0.70
	1925	12.200	3.947	0.32
	1926	87.930	0	0
	1927	27.260	0	0
	1928	128.630	22.736	0.18
	1929	101.500	7.928	0.08
	1930	—	—	—
Somma o media		768.720	150.622	0.20
NOVEMBRE:	1920	55.400	38.611	0.70
	1921	1.700	1.229	0.72
	1922	23.900	0	0
	1923	115.900	2.517	0.02
	1924	2.000	89.408	45.00
	1925	142.200	42.104	0.30
	1926	124.900	60.016	0.48
	1927	81.200	5.693	0.07
	1928	113.900	73.246	0.65
	1929	118.200	34.984	0.30
	1930	—	—	—
Somma o media		779.300	347.808	0.45
DICEMBRE:	1920	86.800	100.229	1.15
	1921	27.400	1.104	0.04
	1922	26.700	0	0
	1923	73.000	41.187	0.56
	1924	56.600	76.278	1.35
	1925	12.400	23.758	1.92
	1926	34.860	18.392	0.53
	1927	121.200	47.158	0.39
	1928	49.730	49.291	0.99
	1929	63.200	36.850	0.58
	1930	—	—	—
Somma o media		551.890	394.247	0.71

TABELLA III.

CASETTA

MESE	ANNO	Acqua caduta sopra 1 kmq (mc) P	Acqua sollevata per kmq (mc) Q	Coeff. di deflusso Q/P	Filtrazioni medie
GENNAIO:	1923	34.400	72.612	2.11	90.000 mc (34 l/sec) ≡ 4,5 l/secxkm
	1924	85.000	138.056	1.62	
	1925	9.100	27.423	3.00	
	1926	42.400	61.263	1.45	
	1927	76.100	232.721	3.05	
	1928	20.900	88.870	4.25	
	1929	—	—	—	
	1930	44.600	63.208	1.41	
Somma o media		312.500	684.153	2.20	
FEBBRAIO:	1923	88.000	84.621	0.96	57.000 mc (22 l/sec) ≡ 3 l/secxkm
	1924	28.700	69.854	2.44	
	1925	43.100	46.426	1.08	
	1926	41.700	102.183	2.44	
	1927	7.000	89.075	12.80	
	1928	23.000	84.804	3.69	
	1929	—	—	—	
	1930	35.300	49.500	1.40	
Somma o media		266.800	526.463	2.00	
MARZO:	1923	46.700	125.894	2.67	69.000 mc (27 l/sec) ≡ 3.6 l/secxkm
	1924	60.000	86.082	1.44	
	1925	71.800	78.487	1.09	
	1926	22.800	37.990	1.66	
	1927	90.200	161.604	1.78	
	1928	145.400	161.710	1.12	
	1929	—	—	—	
	1930	44.000	45.100	1.02	
Somma o media		480.900	706.867	1.47	
APRILE:	1923	?13.400	93.268	0.83	65.000 mc (25 l/sec) ≡ 3.3 l/secxkm
	1924	106.700	181.404	1.70	
	1925	70.400	75.113	1.07	
	1926	72.700	44.484	0.61	
	1927	11.000	73.207	6.70	
	1928	34.300	98.385	2.87	
	1929				
	1930	116.100	67.052	0.58	
Somma o media		524.600	632.913	1.20	
MAGGIO:	1923	70.000	55.962	0.80	45.000 mc (17 l/sec) ≡ 2,3 l/secxkm
	1924	89.700	45.233	0.51	
	1925	125.800	79.531	0.63	
	1926	61.100	50.336	0.82	
	1927	49.000	59.124	1.20	
	1928	69.400	25.722	0.37	
	1929	—	—	—	
	1930	129.300	132.276	1.02	
Somma o media		594.300	447.184	0.75	
GIUGNO:	1922	105.700	56.534	0.45	29.000 mc (11 l/sec) ≡ 1.5 l/secxkm
	1923	126.900	33.536	0.26	
	1924	49.700	34.482	0.69	
	1925	87.700	37.101	0.42	
	1926	39.400	31.517	0.80	
	1927	41.500	21.903	0.53	
	1928	51.600	12.381	0.24	
	1929	—	—	—	
	1930	36.100	62.467	1.74	
Somma o media		538.600	289.921	0.55	
LUGLIO:	1922	8.700	30.423	3.50	40.600 mc (15 l/sec) ≡ 2 l/secxkm
	1923	48.000	42.790	0.89	
	1924	148.100	56.689	0.38	
	1925	68.400	46.743	0.68	
	1926	61.500	34.687	0.56	
	1927	4.800	31.348	6.50	
	1928	0	24.353	—	
	1929	—	—	—	
	1930	85.100	92.973	1.09	
Somma o media		424.600	360.106	0.85	
AGOSTO:	1922	0	14.343	—	36.500 mc (14 l/sec) ≡ 1.9 l/secxkm
	1923	29.000	33.819	1.16	
	1924	180.400	50.132	0.28	
	1925	55.800	33.212	0.60	
	1926	44.400	48.296	1.09	
	1927	17.000	25.976	1.53	
	1928	9.200	31.263	3.40	
	1929	—	—	—	
	1930	20.200	51.891	2.56	
Somma o media		356.000	288.932	0.84	
SETTEMBRE	1922	133.600	37.539	0.28	41.000 mc (16 l/sec) ≡ 2.1 l/secxkm
	1923	97.900	24.946	0.25	
	1924	104.400	40.517	0.40	
	1925	46.100	17.950	0.39	
	1926	27.400	14.435	0.52	
	1927	96.500	36.804	0.38	
	1928	158.200	96.400	0.61	
	1929	—	—	—	
	1930	137.400	69.679	0.51	
Somma o media		798.500	338.270	0.42	
OTTOBRE:	1922	85.400	39.014	0.46	50.000 mc (19 l/sec) ≡ 2.6 l/secxkm
	1923	0	15.700	—	
	1924	124.200	119.167	0.96	
	1925	10.700	14.781	1.38	
	1926	71.800	19.412	0.27	
	1927	34.000	33.430	0.98	
	1928	108.000	117.000	1.08	
	1929	—	—	—	
	1930	—	—	—	
Somma o media		434.100	358.504	0.82	
NOVEMBRE:	1922	27.000	52.891	1.96	76.500 mc (29.5 l/sec) ≡ 3.9 l/secxkm
	1923	122.100	80.498	0.66	
	1924	2.700	71.915	26.60	
	1925	131.200	75.049	0.58	
	1926	106.900	115.390	1.08	
	1927	64.000	49.588	0.77	
	1928	113.100	129.000	1.14	
	1929	—	—	—	
	1930	—	—	—	
Somma o media		567.000	574.331	1.01	
DICEMBRE:	1922	7.700	39.254	5.10	90.000 mc (34 l/sec) ≡ 4.5 l/secxkm
	1923	69.100	142.355	2.05	
	1924	39.700	68.964	1.74	
	1925	8.700	49.771	5.72	
	1926	33.700	82.051	2.44	
	1927	114.500	190.185	1.66	
	1928	40.800	113.000	2.76	
	1929	—	—	—	
	1930	—	—	—	
Somma o media		314.200	685.580	2.18	

CORREZZOLA

TABELLA IV.

MESE	ANNO	Acqua caduta sopra 1 kmq (mc) P	Acqua sollevata per kmq (mc) Q	Coefficiente di deflusso Q/P
GENNAIO:	1926	47.300	8.910	0.19
	1927	156.000	64.186	0.41
	1928	35.100	11.349	0.32
	1929	69.700	33.430	0.48
	1930	51.800	3.486	0.07
Somma o media		359.900	121.361	0.34
FEBBRAIO:	1926	51.300	47.684	0.93
	1927	23.000	43.836	1.91
	1928	30.100	17.163	0.57
	1929	6.900	15.545	2.24
	1930	55.800	6.421	0.11
Somma o media		167.100	130.649	0.78
MARZO:	1926	23.900	11.468	0.48
	1927	133.000	89.937	0.68
	1928	218.200	116.855	0.54
	1929	3.500	27.518	7.90
	1930	83.700	16.600	0.20
Somma o media		462.300	262.378	0.57
APRILE:	1926	41.900	5.053	0.12
	1927	24.000	18.983	0.79
	1928	57.000	57.519	1.01
	1929	63.200	18.106	0.28
	1930	94.600	16.313	0.17
Somma o media		280.700	115.974	0.40
MAGGIO:	1926	74.600	6.046	0.08
	1927	130.800	20.503	0.16
	1928	47.600	14.624	0.31
	1929	63.900	16.065	0.25
	1930	164.500	44.220	0.27
Somma o media		481.400	101.458	0.21
GIUGNO:	1926	74.400	5.185	0.07
	1927	52.300	7.364	0.14
	1928	46.100	5.405	0.12
	1929	18.500	6.044	0.33
	1930	78.100	14.707	0.19
Somma o media		269.400	38.705	0.15

MESE	ANNO	Acqua caduta sopra 1 kmq (mc) P	Acqua sollevata per kmq (mc) Q	Coefficiente di deflusso Q/P
LUGLIO:	1926	79.200	5.394	0.07
	1927	58.300	2.297	0.04
	1928	100	1.874	18.74
	1929	11.300	4.894	0.43
	1930	50.706	5.305	0.10
Somma o media		199.600	20.864	0.10
AGOSTO:	1926	59.000	1.503	0.025
	1927	550	174	0.31
	1928	19.300	2.061	0.11
	1929	41.100	3.834	0.09
	1930	27.600	4.387	0.16
Somma o media		147.550	11.959	0.082
SETTEMBRE:	1925	—	—	—
	1926	37.800	2.901	0.08
	1927	133.950	3.370	0.025
	1928	177.300	2.689	0.015
	1929	3.300	2.705	0.82
	1930	75.000	3.793	0.05
Somma o media		427.350	15.458	0.036
OTTOBRE:	1925	19.900	660	0.033
	1926	89.700	535	0,006
	1927	33.450	1.569	0.047
	1928	129.100	12.278	0.095
	1929	84.600	5.665	0.067
	1930	—	—	—
Somma o media		356.750	20.707	0.058
NOVEMBRE:	1925	151.700	0	0
	1926	115.600	8.969	0.08
	1927	90.400	5.068	0.056
	1928	124.000	38.859	0.31
	1929	128.300	7.593	0.06
	1930	—	—	—
Somma o media		610.000	60.489	0.10
DICEMBRE:	1925	25.600	6.244	0.24
	1926	31.000	12.023	0.39
	1927	128.830	17.540	0.14
	1928	55.100	37.768	0.69
	1929	62.500	8.807	0.14
	1930	—	—	—
Somma o media		303.030	82.382	0.27

Anche i volumi d'acqua meteorici sono espressi in metri cubi per chilometro quadrato di bacino; delle precipitazioni giornaliere indicate dai singoli pluviometri si sono fatte, per ogni comprensorio, le medie. Trattandosi in complesso di 34 anni di osservazioni, si sono dovute predisporre oltre 400 tabelle che riassumessero tutti i dati necessari, effettuando una laboriosa elaborazione degli elementi forniti dai registri di macchina delle singole idrovore.

Un esemplare di questi prospetti è indicato nella tabella I la quale si riferisce all'impianto idrovoro di Correzzola e riporta in particolare le due piene del marzo 1928 (12 marzo e 26 marzo).

4) – COEFFICIENTE DI DEFLUSSO – AFFLUSSI NON DOVUTI ALLE PIOGGIE SUL COMPRENSORIO.

È stato dapprima ricercato il valore del coefficiente di deflusso (o di scolo) mensile, cioè il rapporto tra il volume totale d'acqua sollevato dalle pompe nel mese e il volume di precipitazione meteorica media sul bacino. Il coefficiente di scolo non può essere ricercato che per lunghi periodi di afflusso e deflusso, quindi sarà mensile o potrà anche riferirsi alla durata di una piena.

Non avrebbe assolutamente alcun significato il rapporto fra l'afflusso e il deflusso che si verifica nella rete di canali in

Tabella V.

REBOSOLA

Mese	Anno	Acqua caduta sopra 1 kmq (mc) P	Acqua sollevata per kmq (mc) Q	Coeffic. di deflusso Q/P	Coeffic. dei mesi più piovosi del periodo
Gennaio:	1925	17.900	17.525	0.98	—
	1926	53.450	8.191	0.15	—
	1927	200.000	51.624	0.26	0.26
	1928	94.000	3.881	0.04	—
	1929	73.250	21.511	0.29	—
	1930	57.400	4.852	0.08	—
Somma o media		496.000	107.584	0.22	0.26
Febbraio:	1925	77.300	33.419	0.43	0.43
	1926	68.650	35.709	0.52	0.52
	1927	23.000	35.418	1.54	—
	1928	14.000	5.017	0.36	—
	1929	20.850	6.704	0.32	—
	1930	58.500	9.778	0.17	—
Somma o media		262.300	126.045	0.50	0.48
Marzo:	1925	60.800	44.878	0.74	—
	1926	23.000	9.475	0.41	—
	1927	152.200	77.953	0.51	0.51
	1928	203.500	77.365	0.38	0.38
	1929	4.000	23.244	5.80	—
	1930	87.100	20.738	0.24	—
Somma o media		530.600	253.653	0.47	0.45
Aprile:	1925	86.000	47.881	0.55	0.55
	1926	57.750	7.227	0.13	—
	1927	19.400	14.985	0.77	—
	1928	68.000	34.192	0.50	—
	1929	63.850	7.771	0.12	—
	1930	93.800	18.933	0.20	0.20
Somma o media		388.800	130.989	0.33	0.38
Maggio:	1925	105.100	45.982	0.44	—
	1926	78.500	4.975	0.06	—
	1927	123.300	10.114	0.08	0.08
	1928	50.500	5.329	0.11	—
	1929	86.600	4.274	0.05	—
	1930	173.400	63.078	0.36	0.36
Somma o media		617.400	133.752	0.22	0.22
Giugno:	1925	109.000	10.099	0.09	0.09
	1926	117.500	3.968	0.03	0.03
	1927	67.150	7.045	0.10	—
	1928	45.000	735	0.02	—
	1929	19.600	373	0.02	—
	1930	65.200	15.887	0.24	—
Somma o media		323.450	38.107	0.12	0.06

Mese	Anno	Acqua caduta sopra 1 kmq (mc) P	Acqua sollevata per kmq (mc) Q	Coeffic. di deflusso Q/P	Coeffic. dei mesi più piovosi del periodo
Luglio:	1925	86.700	12.905	0.15	0.15
	1926	83.950	1.279	0.015	0.015
	1927	27.800	559	0.02	—
	1928	0	0	—	—
	1929	14.100	0	0	—
	1930	49.500	6.789	0.14	—
Somma o media		262.050	21.532	0.082	0.08
Agosto:	1925	31.700	563	0.02	0.02
	1926	37.750	0	0	0.00
	1927	0	0	—	—
	1928	22.900	149	0.006	—
	1929	22.500	0	0	—
	1930	22.200	1.741	0.08	—
Somma o media		137.050	2.453	0.018	0.01
Settembre:	1925	40.000	0	0	—
	1926	33.250	0	0	—
	1927	126.000	0	0	0.00
	1928	173.800	0	0	0.00
	1929	200	1.141	5.70	—
	1930	70.800	1.512	0.02	—
Somma o media		444.050	2.653	0.006	0.00
Ottobre:	1925	13.000	0	0	—
	1926	96.000	0	0	—
	1927	23.900	1.287	0.05	—
	1928	140.800	3.233	0.02	0.02
	1929	77.050	3.075	0.04	—
	1930	—	—	—	—
Somma o media		350.750	7.595	0.021	0.02
Novembre:	1924	1.600	8.160	5.10	—
	1925	148.100	2.349	0.016	0.016
	1926	83.900	6.301	0.07	—
	1927	89.800	0	0	—
	1928	114.000	18.484	0.16	0.160
	1929	137.050	4.985	0.036	0.036
	1930	—	—	—	—
Somma o media		574.450	40.279	0.07	0.07
Dicembre:	1924	65.400	31.953	0.49	0.49
	1925	14.500	2.932	0.20	—
	1926	35.450	2.443	0.07	—
	1927	128.000	3.976	0.03	0.03
	1928	54.100	21.236	0.39	—
	1929	57.200	3.251	0.06	—
	1930	—	—	—	—
Somma o media		354.650	65.791	0.19	0.26

uno stesso giorno, dato lo spostamento (corrivazione) più o meno grande, nel tempo, tra i due fenomeni. La determinazione dei coefficienti di deflusso mensili risulta dalle tabelle II, III, IV e V, riassuntive dei totali mensili di precipitazioni e deflussi, per i singoli anni, separatamente per ogni comprensorio. (Si tralasciano i risultati di Ca' Bianca, Sette Sorelle e Pratiarcati, per la brevità dei periodi di osservazione). Sono anche indicate le medie dei coefficienti relativi ai mesi (2 di solito) più piovosi del gruppo d'anni studiato, per il comprensorio di Rebosola. (Si noti che fra gli anni considerati è compreso i 1928, nel quale ebbero luogo nella regione veneta piene fortis sime, ed altri a piene pure assai notevoli).

Alcune considerazioni interessanti possono farsi sui risultat ottenuti. Anzitutto i coefficienti di deflusso per Rebosola sono per ogni mese, *costantemente* inferiori a quelli degli altri compren sori; ciò si spiega senz'altro per il fatto che il bacino di Rebosol è l'unico non sottoposto ad infiltrazioni dall'esterno, com effettivamente avviene per testimonianza dei tecnici consor

ziali; questo bacino inoltre non è attraversato da canali arginati filtranti. Gli altri comprensori sono invece soggetti notoriamente ad infiltrazioni più o meno sentite. Si può infatti ri-

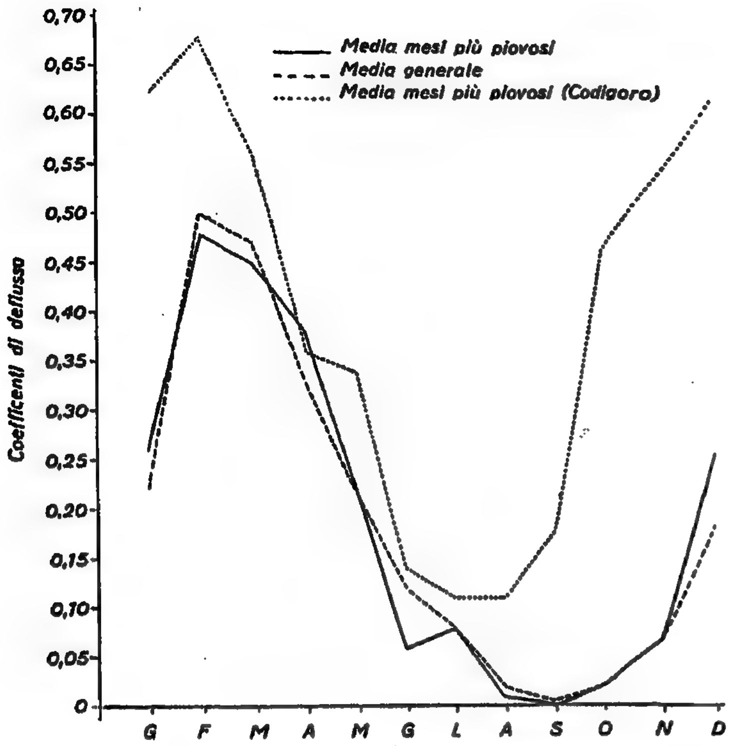


Fig. 2. - Coefficienti di deflusso mensili.

tenere, in via approssimata, che il bacino di Correzzola presenti circa 18 km di argini filtranti, quello di Civè 11, quello di Casetta 7,5. I coefficienti mensili di deflusso sono riportati nella figura 2 ove sono pure indicati quelli relativi alla media dei mesi più piovosi (Rebosola). Riteniamo quindi come *reali* coefficienti quelli del bacino di Rebosola; gli altri risultano assai forti e spesso anche superiori all'unità, il che prova la loro indipendenza dalle precipitazioni meteoriche; si tratta perciò soltanto di coefficienti *apparenti*. Si è allora cercato, assumendo Rebosola come bacino campione, di determinare il valore delle filtrazioni nel modo seguente. Ci riferiamo per questo calcolo al complessivo bacino occidentale, risultante dall'insieme dei comprensori di Correzzola, Rebosola e Civè (il bacino di Casetta è completamente separato). Per gli anni dal 1926 al 1930, questi compresi, si è determinata a mezzo delle precedenti tabelle, la media quantità d'acqua piovuta per ogni singolo mese su tutto il comprensorio, in m³, tenendo conto della estensione di ciascun bacino e della relativa piovosità. Analogamente si è proceduto per l'acqua sollevata dai singoli impianti idrovori; si è determinato il coefficiente di scolo *apparente* per l'intero bacino occidentale; la differenza tra questo coefficiente e il coefficiente reale per Rebosola, dedotto per gli stessi anni, moltiplicata per il volume d'acqua caduto conduce al valore dei quantitativi di acqua pervenuti alle pompe, mese per mese, in media, indipendentemente dalle pioggie cadute sul comprensorio. Si sono poi dedotte le filtrazioni in litri/secondo e infine dividendo per l'estensione degli argini filtranti, i valori delle filtrazioni medie per km pure in litri/secondo. Questi valori vanno da un massimo di 21 l/sec × km in gennaio ad un minimo di 2 litri/sec × km in giugno, seguendo un andamento analogo a quello dei coefficenti di deflusso (fig. 3). Le filtrazioni così calcolate corrispondono bene a quelle determinate sperimentalmente da alcuni tecnici dei consorzi stessi. In pratica quindi una volta determinato il coefficiente udometrico, sulla base dei coefficienti di deflusso *reali*, si praticherà un'aggiunta per tener conto delle filtrazioni. Così ad esempio nel caso presente, per il mese di marzo, si tratterebbe di 594 litri/secondo su 13.013 ettari, cioè di un aumento del coefficiente udometrico inferiore a 0,05 litri/secondo ettaro. Questa cifra si riferisce alle filtrazioni medie, essa però non varia essendo indipendente dal regime pluviometrico del comprensorio; anche con le variazioni idrometriche negli alvei attraversanti o limitanti i bacini, poco sentite risultano le oscillazioni del coefficiente di filtrazione chilometrico, come è pure risultato da dirette misurazioni eseguite. Nella Tabella VI sono indicati i singoli valori delle filtrazioni mensili. Analogo computo, effettuato per Casetta, ha condotto a valori lievemente varianti nei vari mesi, ma inferiori a quelli del bacino occidentale; infatti risulta che il comprensorio di Civè, appartenente a quest'ultimo bacino è quello che ha subito i maggiori apporti d'acqua provenienti dall'esterno.

I dati riportati per il bacino occidentale possono quindi ritenersi (tenendo presente che Rebosola non ha filtrazioni) come valori *medi* sufficientemente approssimati per le bonifiche vallive della regione Veneta.

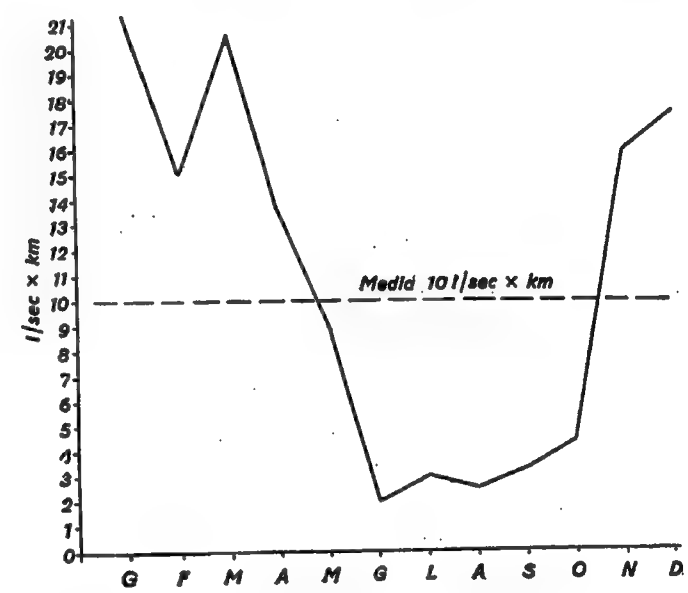


Fig. 3. - Filtrazioni medie mensili.

5) – Coefficiente di piena.

Si è già detto che si intende per coefficiente di piena il rapporto tra la portata massima e la media durante una piena. Si sono esaminati 29 eventi di piena, in condizioni varie, sia

Tabella VI.

DETERMINAZIONE DEGLI AFFLUSSI DOVUTI AD INFILTRAZIONI

Fossa Paltana - Bacino occidentale complessivo (per gli anni 1926 al 1930)

MESE	Acqua caduta su tutto il comprensorio mc	Acqua sollevata (totale) mc	Coefficiente di scolo apparente	Coefficiente di scolo a Rebosola	Filtrazioni in mc	Filtrazioni in l/sec	Filtrazioni in l/secxkm
Gennaio	10.500.000	3.500.000	0.34	0.19	1.570.000	605	21
Febbraio	4.450.000	3.400.000	0.76	0.50	1.160.000	445	15
Marzo	11.800.000	6.700.000	0.57	0.44	1.540.000	594	20.5
Aprile	7.500.000	3.060.000	0.41	0.275	1.010.000	390	13.5
Maggio	12.600.000	2.830.000	0.224	0.172	655.000	252	9
Giugno	6.650.000	1.020.000	0.153	0.13	153.000	59	2
Luglio	4.900.000	470.000	0.096	0.049	230.000	88	3
Agosto	3.400.000	257.000	0.075	0.018	195.000	75	2.6
Settembre	10.900.000	318.000	0.03	0.007	250.000	96	3.3
Ottobre	9.270.000	515.000	0.055	0.021	315.000	122	4.2
Novembre	15.500.000	2.070.000	0.134	0.056	1.210.000	465	16.1
Dicembre	7.700.000	2.220.000	0.288	0.117	1.320.000	508	17.6
Somma e media	100.170.000	26.360.000	0.26	0.165	9.608.000	308	10.7

per la durata ed intensità delle precipitazioni meteoriche che per il valore della massima portata raggiunta.

La durata della pioggia (t, in giorni) corrisponde a periodi di pioggie continuative, o con fasi di interruzione e successiva ripresa. Non essendo possibile avere dei dati sulla reale durata delle precipitazioni, si è dovuto far sempre riferimento all'unità giorno. Gli eventi di piena più notevoli si verificano in genere in inverno; tuttavia per i comprensori di minore estensione i collettori sono andati in piena anche in primavera o autunno, e per Casetta che è il bacino di minor estensione, si è verificata anche una notevole piena nel mese di luglio (19-7-1924). La ragione è evidente: una pioggia anche intensa estiva non ha effetto sensibile in un vasto comprensorio in cui il grande sviluppo dei canali e le forti perdite per evaporazione e lenta filtrazione causate dalla aridità del suolo in tale stagione, limitano fortemente il deflusso, mentre in una bonifica di poca estensione può aversi un rapido afflusso verso l'idrovora. Le piene che dànno luogo a massimi più forti risultano, di solito, quelle di maggior durata anche se non forte è l'intensità di precipitazione. Però ciò non costituisce una norma sicura in ogni caso.

tite); si ha successivamente il valore della portata media di piena (pure in mc/kmq), il coefficiente di piena. Sono poi riportati gli intervalli di tempo tra il massimo di pioggia e il massimo di deflusso alle pompe, e gli invasamenti, in mc/ettaro; ma di questi due elementi diremo in appresso.

Il coefficiente di piena varia notevolmente da caso a caso; la sue media è però assai prossima al valore 2. Questa media è alquanto in contrasto col valore 1.40 dato dal Pasini; mentre coincide col valore teorico corrispondente ad un diagramma di piena a triangolo isoscele (tempo di pioggia eguale al tempo di corrivazione, nella formula Turazza). Effettivamente il valore 2 non è eccessivo, se si tien conto dell'osservazione già fatta, per cui esso è dedotto non dalle portate istantanee, ma da quelle integrali giornaliere. Difatti la portata massima istantanea (coefficiente udometrico) deve risultare un po' più elevata del valore istantaneo corrispondente a P_{max}; d'altronde la portata media resta evidentemente la stessa; se ne deduce che il rapporto: $m = \frac{P_{max}}{P_{medio}}$ dovrà essere maggiore di quello determinato (1).

TABELLA VII.

N. d'ordine	PIENA	Precipitazione H (mm)	Durata della pioggia t (giorni)	Intervallo tra il max di pioggia e il max di piena τ (giorni)	Durata della piena $t+\tau$ (giorni)	Volume di piena V (mc/kmq)	Coeff. di deflusso per la piena K	Massimo volume di piena (giorn.) P_{max} (mc/kmq)	Coeff. udometrico U (l/ett/sec)	$P_m = \frac{V}{t+\tau}$ (mc/kmq)	Coeff. di piena m	Invaso (m³/ettaro)
1	*Casetta*: 14- 1-1923	31.7	2	3	5	26.000	0.82	17.500	2.02	5.200	3.36	229
2	» : 19-11-1923	52.7	2	1	3	17.300	0.33	14.900	1.72	15.780	2.58	162
3	» : 2- 4-1924	96.7	12	< 1	12	119.000	1.23	15.600	1.80	9.950	1.56	424
4	» : 19- 7-1924	70.7	4	< 1	4	32.000	0.45	16.000	1.84	8.000	2.00	97
5	» : 25-10-1924	69.1	8	< 1	8	57.000	0.82	17.200	1.98	7.100	2,41	211
6	» : 23- 1-1927	38.5	5	< 1	5	62.000	1.61	20.500	02.37	12.400	1.68	153
7	» : 13- 3-1927	63.2	8	3	11	96.500	1.53	18.200	2.10	8.800	2.06	524
8	» : 12- 3-1928	51.8	8	1	9	50.300	0.97	13.400	1.55	5.600	2.38	207
9	» : 26- 3-1928	89.2	8	< 1	8	71 .000	0.79	17.200	1.98	8.850	1.94	252
10	*Civè*: 7- 5-1921	101.4	8	7	15	133.000	1.32	16.900	1.95	8.850	1.90	854
11	» : 3- 4-1924	114.5	12	3	15	114.000	1.00	10.900	1.26	7.600	1.43	542
12	» : 26-10-1924	99.5	8	1	9	81.000	0.81	14.600	1.68	9.000	1.62	465
13	» : 2- 2-1927	169.2	29	2	31	148.000	0.88	8.400	0.98	4.770	1.76	748
14	» : 13- 3-1927	74.8	6	3	9	56.000	0.75	10.700	1.24	6.200	1.72	240
15	» : 12- 3-1928	66.1	8	1	9	46.000	0.70	15.600	1.80	5.100	3.05	201
16	» : 12-12-1928	48.0	7	1	8	26.000	0.54	7.850	0.91	3.240	2.43	108
17	» : 23- 5-1930	39.5	4	< 1	4	16.020	0.40	6.300	0.73	4.005	1.58	47
18	*Correzzola*: 13- 2-1926	36.2	6	4	10	26.537	0.73	4.600	0.53	2.654	1.74	158
19	: 21- 1-1927	113.0	10	4	14	39.300	0.35	5.100	0.59	2.820	1.81	205
20	» : 13- 3-1927	85.0	6	3	9	62.000	0.73	12.800	1.48	6.900	1.85	256
21	» : 26- 3-1928	118.05	8	2	10	68.400	0.58	14.600	1.69	6.840	2.14	263
22	» : 12- 3-1928	78.55	4	1	5	34.200	0.43	12.600	1.46	6.850	1.84	121
23	*Rebosola*: 24- 1-1927	137.7	10	3	13	33.705	0.24	11.200	1.29	3.370	3.32	229
24	» : 26- 3-1928	113.5	8	4	12	56.000	0.49	8.650	1.00	4.700	1.84	351
25	» : 12- 3-1928	70.5	4	1	5	20.400	0.29	8.000	0.93	4.100	1.95	86
26	» : 24- 5-1930	38.9	5	< 1	5	19.540	0.50	5.700	0.66	3.900	1.46	57
27	*Cà Bianca*: 12-11-1928	55.7	—	—	7	23.400	0.42	5.050	0.58	3.340	1.51	108
28	*Pratiarcati*: 12- 3-1928	84.1	—	—	6	54.200	0.64	17.200	1.98	9.100	1.93	176
29	» : 30- 3-1928	137.9	—	—	11	125.220	0.92	17.600	2.04	12.522	1.41	412
	Medie										2 ÷	230

Nella Tabella VII sono raggruppate tutte le piene considerate, con l'indicazione dell'altezza dell'acqua caduta, della durata della pioggia (continua o intermittente) della durata della piena (si esclude il periodo in cui avvengono apporti dovuti alla lenta corrivazione dell'acqua infiltratasi nel suolo), del volume di piena espresso in mc/kmq, del coefficiente di deflusso, cioè rapporto tra il volume di piena (totale acqua sollevata dalle idrovore nel loro esercizio) e il volume meteorico che ha generato la piena stessa, rapporto che può risultare anche diverso (in genere maggiore) di quello mensile. È inoltre indicato il massimo volume di piena giornaliero, verificatosi (pure in mc/kmq), e lo stesso valore espresso in litri/ettaro secondo, cioè come coefficiente udometrico (si tratta effettivamente del valore medio-massimo della portata istantanea; in altri termini se si potesse tracciare un diagramma delle portate locali istantanee le punte di piena riescirebbero più sen-

Nelle piene fluviali il coefficiente di piena è in media alquanto superiore a *due*, come si può constatare dai dati seguenti, dedotti dall'esame di alcune piene avvenute in fiumi della regione Veneta (Bollettino Magistrato alle Acque).

Piena del Boite a Perarolo 14-18 maggio 1926 .... m = 1.72
» » Adige a Trento 14-18 maggio 1926...... m = 1.80
» » Brenta a Sarson 14-20 maggio 1926 .... m = 1.57
» » Adige a P. d'Adige 29 ott. 4 nov. 1926 .. m = 2.27
» » » » » 23-30 sett. 1927 ..... m = 2.90
» » Agno Guà a Cologna Ven. 24-28 marzo 1928....... m = 2.90

(1) Per Cà Bianca (è questo l'unico comprensorio ove è istallato un idrometrografo) durante la piena che non è però stata rilevante (altre piene più notevoli non si sono per ora presentate) del 12 novembre 1928 la portata massima giornaliera, per un gruppo motopompa, è stata di 5.88 mc/sec; la media nello stesso giorno 5,50 mc/sec.

Piena dell'Agno Guà a Cologna Ven. 31 ott. 3 nov. 1928	....	m =	3.60
» » Adige a Boara Pisani 1-7 nov. 1928	...	m =	1.30
» » » a Pescantina 19-24 nov. 1926	..	m =	1.96
media	....		2.36

(Le curve di piena si riferiscono a portate orarie).

Naturalmente il fenomeno fluviale è diverso da quello di un collettore di bonifica, specialmente per quanto riguarda i coefficienti di deflusso, le epoche di produzione delle piene, la corrivazione, gli invasamenti degli alvei ecc. Però a parità di durata di una piena (le piene fluviali riportate hanno durate paragonabili a quelle mediamente riscontrate nei comprensori di bonifica) si avrà un deflusso specifico per kmq generalmente superiore nei bacini fluviali; anche il deflusso massimo crescerà nella stessa proporzione; risultando quindi una portata media di piena e una portata massima incrementate nel medesimo rapporto, il coefficiente di piena dovrebbe rimanere pressochè inalterato. Da questo punto di vista il paragone è perciò possibile, da esso si trae conferma della constatazione fatta sui collettori di bonifica.

Ammettere per m il valore 2 non vuol dire però ritenere il tempo di pioggia eguale a quello di corrivazione (ipotesi di massima portata, secondo il Turazza); infatti la deduzione ora fatta è indipendente da questa supposizione; vedremo come sia forse opportuno in luogo del tempo di corrivazione introdurre l'intervallo fra i colmi di pioggia e di deflusso.

6) Corrivazione.

Nella tabella VII è riportato l'intervallo di tempo che intercorre tra il massimo di pioggia e quello di portata; detto intervallo è espresso in giorni. Dai dati esposti e dai diagrammi delle figg. 4, 5, 6, 7, 8 e 9 che si riferiscono ad alcune piene caratteristiche avvenute nei singoli comprensori di bonifica, si può osservare, come questo intervallo vari da bacino a bacino ed inoltre non sia costante neanche per uno stesso bacino. D'altra parte il diagramma degli afflussi meteorici, depurato delle perdite varie a mezzo del coefficiente di deflusso verificatosi in ogni piena (è indicato nelle figure con linee punteggiate), rappresenta l'afflusso realmente avvenuto alla rete dei canali, ivi comprese anche le ultime scoline campestri; lo sfasamento tra questa curva e quella delle portate affluenti alle pompe dovrebbe rappresentare il tempo di propagazione della piena dall'istante in cui essa ha cominciato a formarsi in ogni punto del comprensorio a quello in cui giunge all'idrovora. D'altra parte una valutazione di questo genere è quanto mai indeterminata data la irregolarità con cui si presentano i diagrammi di afflusso e deflusso; è quindi opportuno riferirsi alla distanza, in tempo, tra i due colmi di piena (sempre individuabile) che sommata alla durata della pioggia dovrà costituire la durata dell'evento di piena. Disgraziatamente non si ha attualmente la possibilità di tracciare per un sufficente periodo di anni e

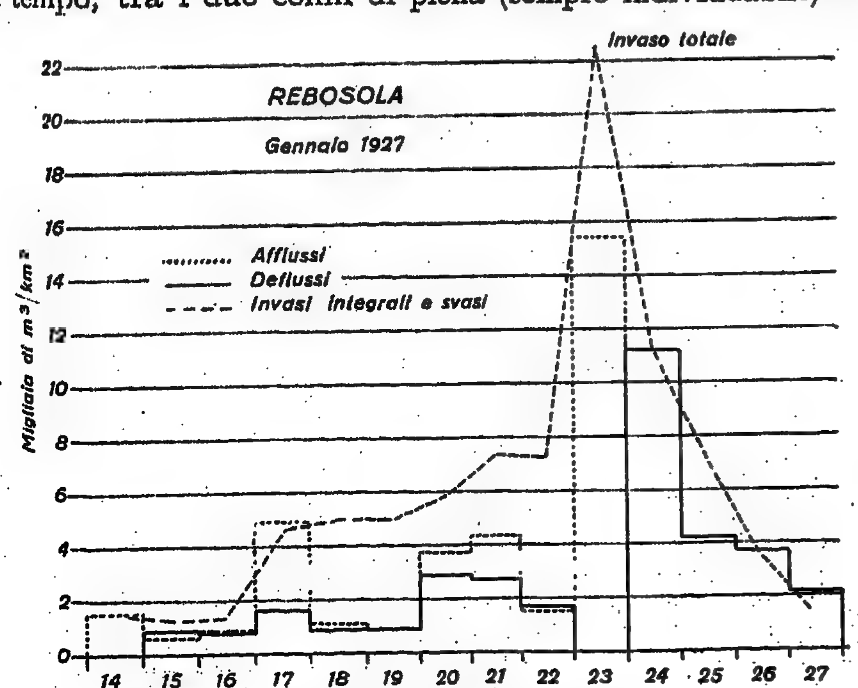


Fig. 4. - **Rebosola** - Piena del gennaio 1927.

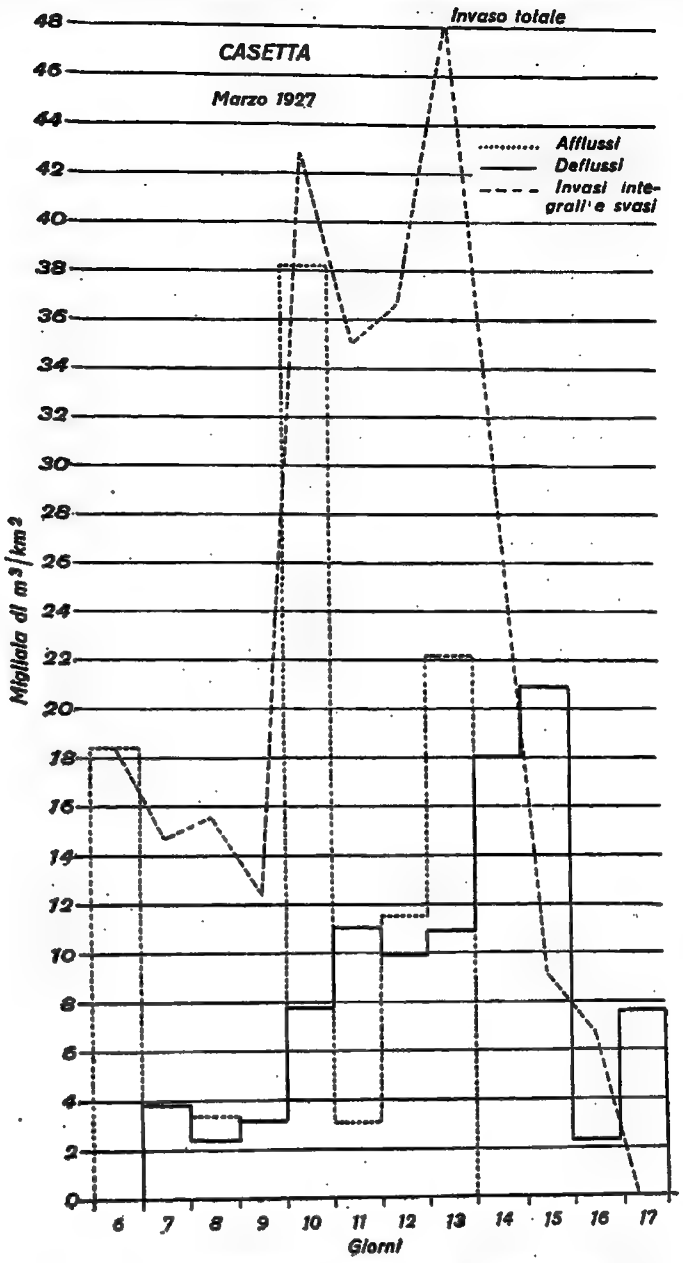


Fig. 5. - **Casetta** - Piena del marzo 1927.

per diversi bacini di bonifica, delle curve orarie. Dovendo basare lo studio sulle portate integrali verificatesi (afflusso e deflusso) in un giorno, la misura dell'intervallo predetto non può essere che grandemente approssimata. Il volume complessivo della piena (eguale in afflusso e deflusso) diviso per la sua durata, computata nel modo che si è detto, darà il valore della portata media di piena; questo moltiplicato poi per il coefficiente m conduce alla determinazione del massimo di deflusso.

In sostanza sembrerebbe opportuno sostituire al *tempo di corrivazione*, comunemente adottato, e che in ogni caso è di

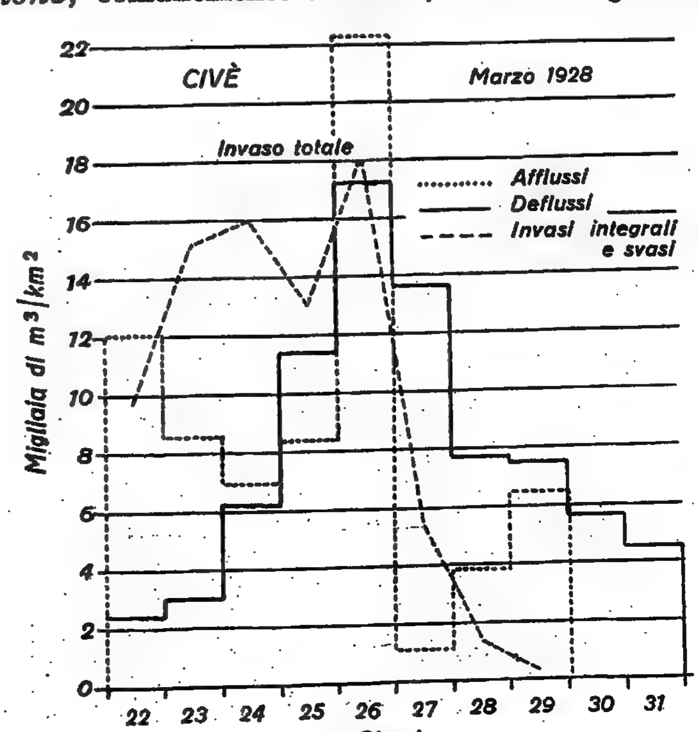


Fig. 6. - **Civè** - Piena di marzo 1928.

difficile determinazione (dall'esame delle curve di piena) non sapendo con precisione in qual istante si debba considerare

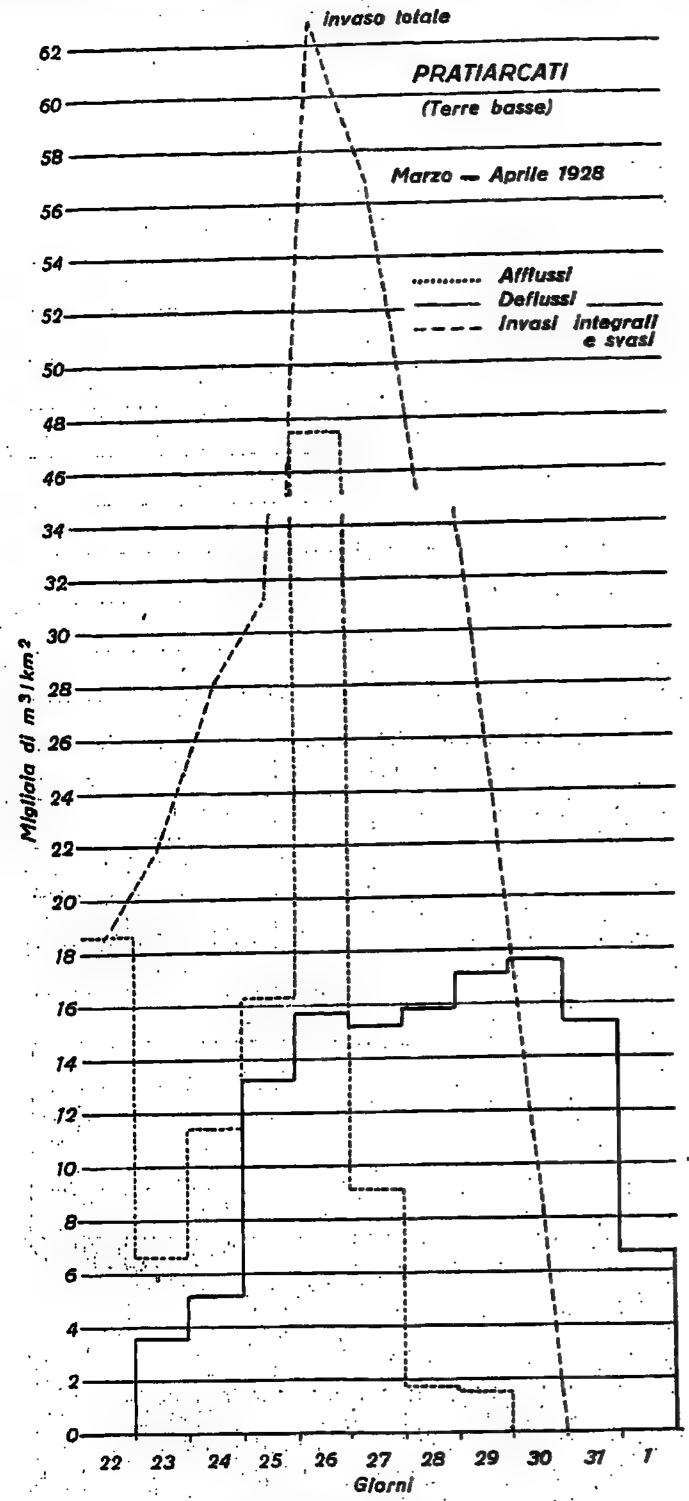


Fig. 7. - **Pratiarcati** (Terre basse) Piena del 23 marzo ÷ 1° aprile 1928.

esaurito il fenomeno della piena, questo valore in genere più facilmente individuabile.

Nel presente studio non si ha la possibilità di precisare questo elemento di notevole importanza, per le ragioni accennate.

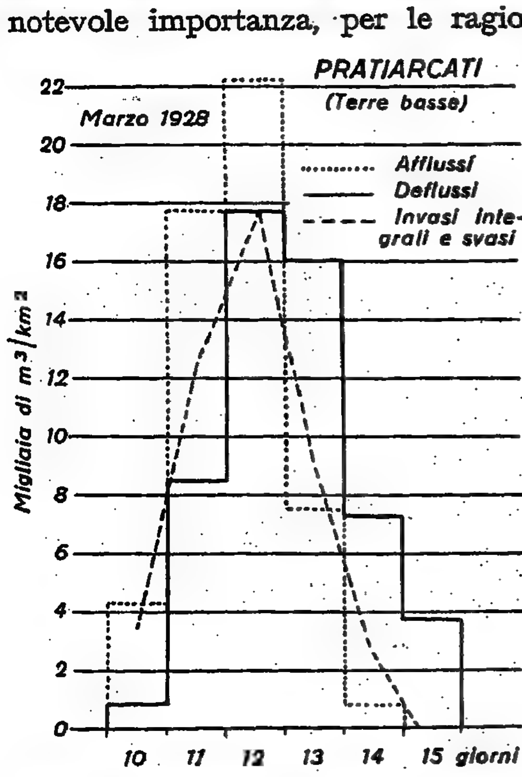


Fig. 8. - **Pratiarcati** (Terre basse) Piena del 10 ÷ 15 marzo 1928.

Tuttavia considerando il valore *medio* della corrivazione (intesa nel modo esposto) si troverebbe approssimativamente, dagli elementi calcolati, (V. tabella VII) quanto segue:

Casetta	Superficie in kmq A	= 5.10	medio τ	= 1.22	giorni
Civè	» » » »	= 22.50	» »	= 2.30	»
Rebosola	» » » »	= 34.28	» »	= 2.25	»
Correzzola	» » » »	= 73.35	» »	= 2.80	»

Si è determinata a tentativi la curva $\tau = f(A)$ che è assai prossimamente rappresentata dall'equazione:

$$\tau = 0.72 \sqrt[3]{A}$$

(v. fig. 10). I comprensori studiati sono di forma piuttosto allungata; d'altronde anche per alcune piene relative alla

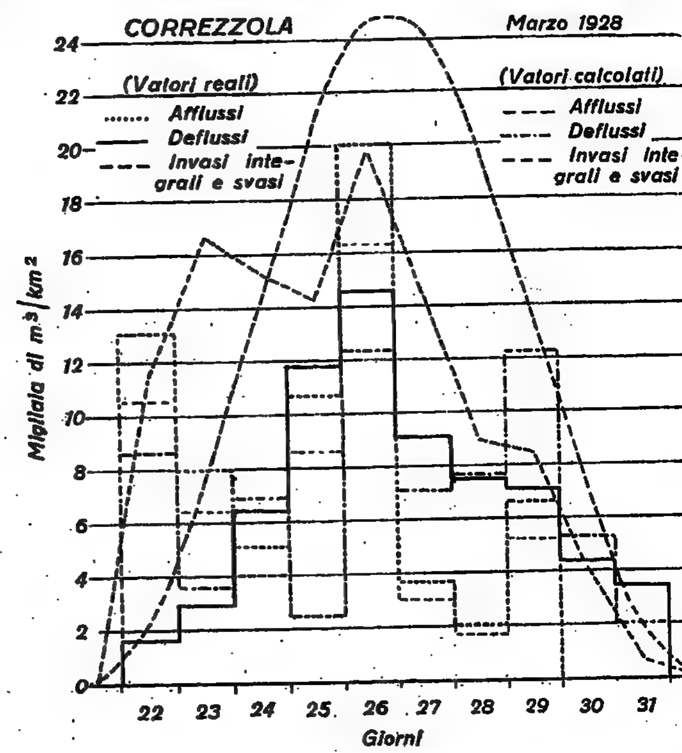


Fig. 9. - **Correzzola** - Piena del marzo 1928.

grande Bonifica Ferrarese l'equazione precedente dà un valore medio di τ sufficentemente concordante con quello che si può dedurre dalle curve di piena. La forma del comprensorio non ha forse una eccessiva influenza, dato che si considera qui lo sviluppo di *tutti* i canali, di qualunque ordine, fino ai più piccoli fossetti campestri, e non del solo colatore principale; infatti volendo tener conto della lunghezza L di questo ultimo non si ottengono risultati da poter introdurre in una formula del tipo:

$$\tau = f(A, L)$$

L'espressione precedentemente determinata sarebbe, ad ogni modo, valevole per le bonifiche della pianura Veneta, sempre inteso il τ come valore medio.

Una determinazione di maggior precisione non potrà effettuarsi che sulla base di osservazioni orarie, cioè su bacini forniti di pluviografi distribuiti in diversi punti del comprensorio e idrometrografi alle idrovore. Meglio sarebbe poter disporre di una esatta scala di deflusso a monte degli impianti elevatori, che potrebbe permettere il tracciamento delle curve di piena, una volta conosciute le altezze idrometriche.

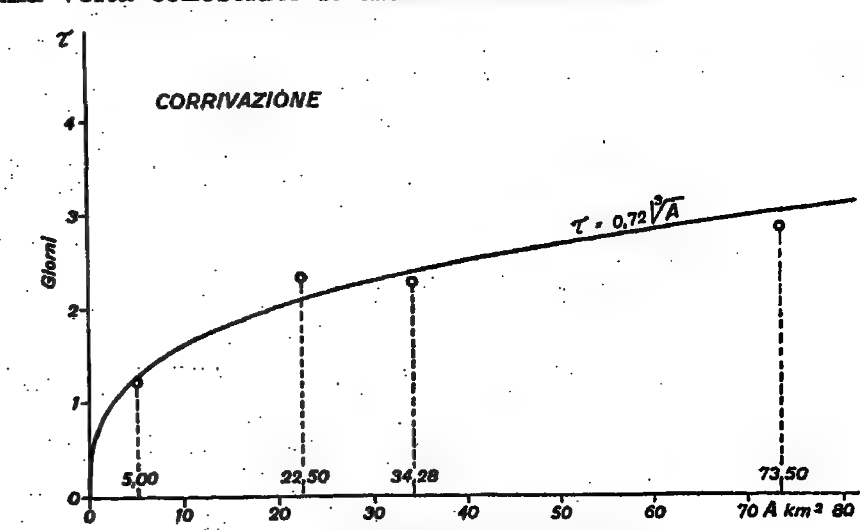


Fig. 10. - Corrivazione in funzione della superficie scolante.

7) – Invasi.

Un fenomeno che ha grande importanza nello studio di una rete di canali di bonifica è quello dell'invasamento e successivo svasamento delle acque nelle canalizzazioni di ogni ordine.

Come si è già accennato nelle premesse, l'invaso è un elemento fondamentale nei calcoli di verifica, condotti di solito per via analitica, della capacità che ha una rete a smaltire una determinata portata, preventivamente ammessa o calcolata per via empirica. La sua entità effettiva costituisce però un'incognita del problema. L'ammettere che esso vari con legge lineare in funzione delle sezioni liquide e con altra legge più complessa è più che altro un'ipotesi più o meno giustificata che si prende a base dello sviluppo dei calcoli. La determinazione dell'entità degli immagazzinamenti è riferita in tal caso ai canali più importanti, trascurando i condotti o fossi minori; l'invasamento è in sostanza computato come una quota parte della totale capacità dei canali, considerando due determinati peli liquidi, minimo e massimo, o addirittura riferendosi a canali vuoti all'inizio edlla piena, ipotesi questa certamente poco cautelativa.

Comunque in pratica tale determinazione non sempre può risultare corrispondente alla realtà, per la difficoltà di precisare la disposizione dei peli liquidi, date anche le discontinuità che spesso si presentano nelle sezioni o sul fondo. Avviene poi che l'invasamento non è un fenomeno strettamente continuativo; si può presentare un periodo di invaso seguito da un altro di svaso, per tornare poi ad avere immagazzinamenti ecc. e ciò in dipendenza del modo di presentarsi degli afflussi meteorici, e di altre circostanze. Sarà quindi più opportuno prescindere da una determinazione geometrica di questa capacità, procedendo invece per altra via, e cioè ricercando la variazione degli invasi col tempo in varie condizioni di piena.

A questo proposito si sono calcolati per ogni piena gli afflussi meteorici *ridotti* moltiplicando le altezze di pioggia giornaliera, per il coefficiente di deflusso. Le differenze tra l'afflusso ridotto e il valore corrispondente, nello stesso giorno (tutto ridotto al kmq di bacino) del deflusso alle pompe, positive o negative, rappresentano gli invasi o svasi verificatisi nel giorno stesso in mc per kmq. Per alcune piene (v. figg. 4 a 9) sono stati riportati graficamente questi valori e gli accumulamenti successivi degli invasi e svasi (invaso integrale), ottenendo delle spezzate che salgono sino ad un valore massimo, per poi discendere nella fase decrescente della piena. Il massimo raggiunto rappresenta evidentemente l'invaso totale corrispondente a quella piena, sempre espresso in mc per kmq, per facilitare i confronti fra i diversi casi.

Nella tabella VII sono riportati gli invasi espressi in mc per ettaro, così calcolati. Si tratta evidentemente di accumulamenti e svasi d'acqua avvenuti durante l'intero periodo di crescenza e di decrescenza di piena, in ogni punto della rete di bonifica.

L'invaso subisce forti variazioni da una piena all'altra; però si può osservare che esso in genere cresce sia con l'entità della portata massima (coefficiente udometrico) che con la durata della piena. Si sono allora riportati nella fig. 11 sull'asse delle ascisse i tempi (durate di piena in giorni) e sulle ordinate gli invasi (mc/ettaro); in corrispondenza ad ogni punto così determinato si è segnato il valore del coefficiente udometrico; si possono allora individuare in via approssimativa due rette, di cui una corrisponde a *due* litri/ ha × sec, l'altra a *un* litro/ ha × sec, di portata massima specifica; nel campo limitato tra queste rette si possono avere per interpolazione i punti invaso-durata, per portate specifiche intermedie. Pur non essendo questa che una determinazione approssimativa, si può constatare che effettivamente esiste una legge di dipendenza degli invasamenti totali dalla durata del fenomeno di piena e dall'entità della piena stessa.

Il valore medio dell'invaso è intorno ai 230 *metri cubi per ettaro*; bisogna riflettere al grande contributo che hanno le fosse campestri nel computo della capacità di invaso di una rete di bonificamento. Infatti esse sono dimensionate sempre con una capacità superiore alla portata, assai piccola, che loro competerebbe, e ciò per ragioni costruttive; il loro beneficio è intuitivo; basta del resto confrontare quello che avviene in una bonifica idraulica all'inizio del suo funzionamento, quando non è tracciata che la rete dei colatori più importanti, e dopo qualche tempo, quando si inizia la sistemazione agraria e quindi la creazione dei reticolati di fosse campestri. Si è constatato precisamente, in diversi casi, una notevole diminuzione nella portata sollevata, cioè nel coefficiente udometrico, dovuta all'aumentata capacità di invasamento della rete. Da un computo effettuato recentemente (1) se la capacità di serbatoio di

(1) G. B. Da Rios: « Il razionale governo agrario delle acque quale fattore essenziale del bonificamento ». *Annali LL. PP.*, 1929.

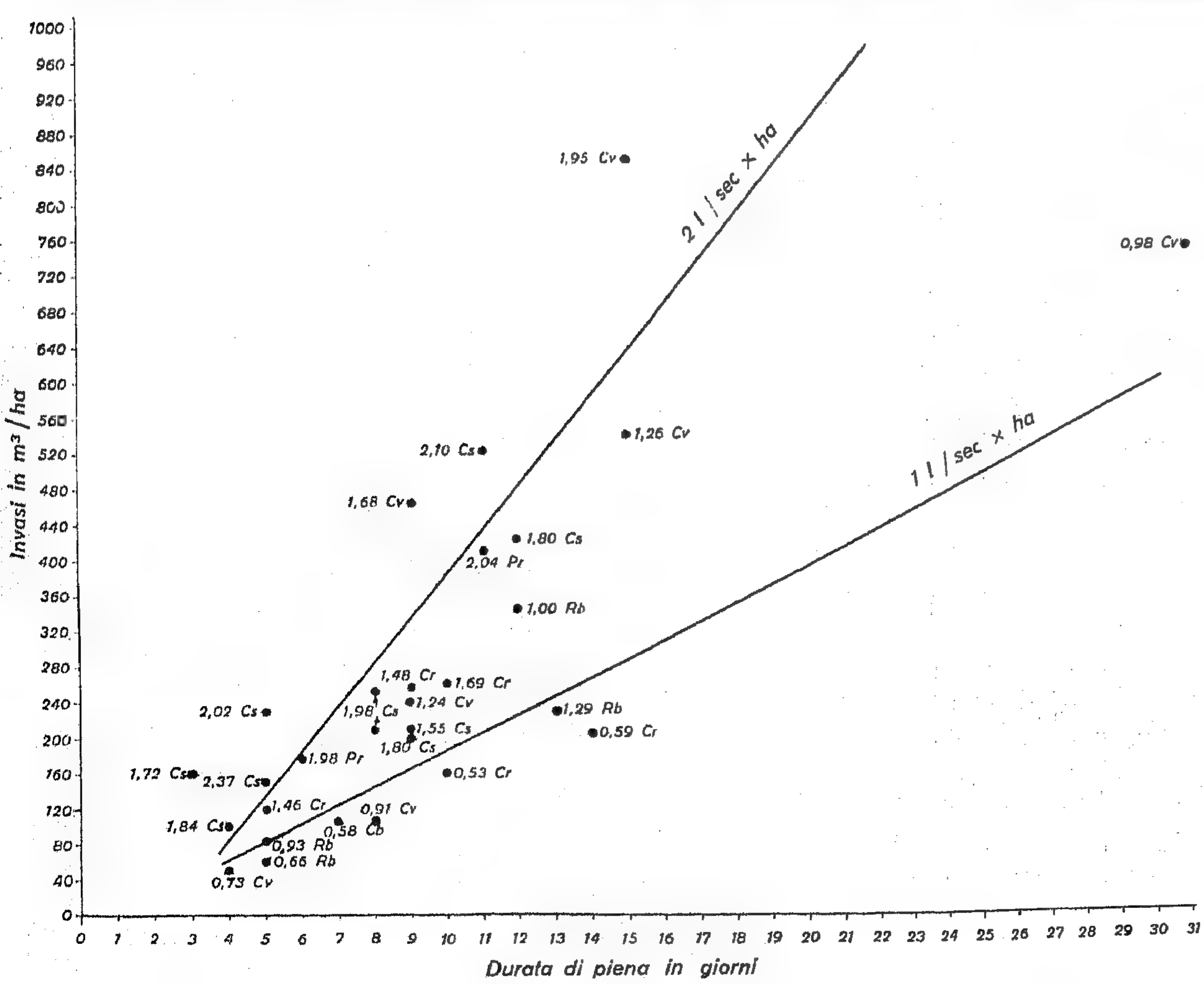


Fig. 11. - Invasi in funzione della durata di piena e del coefficiente udometrico.

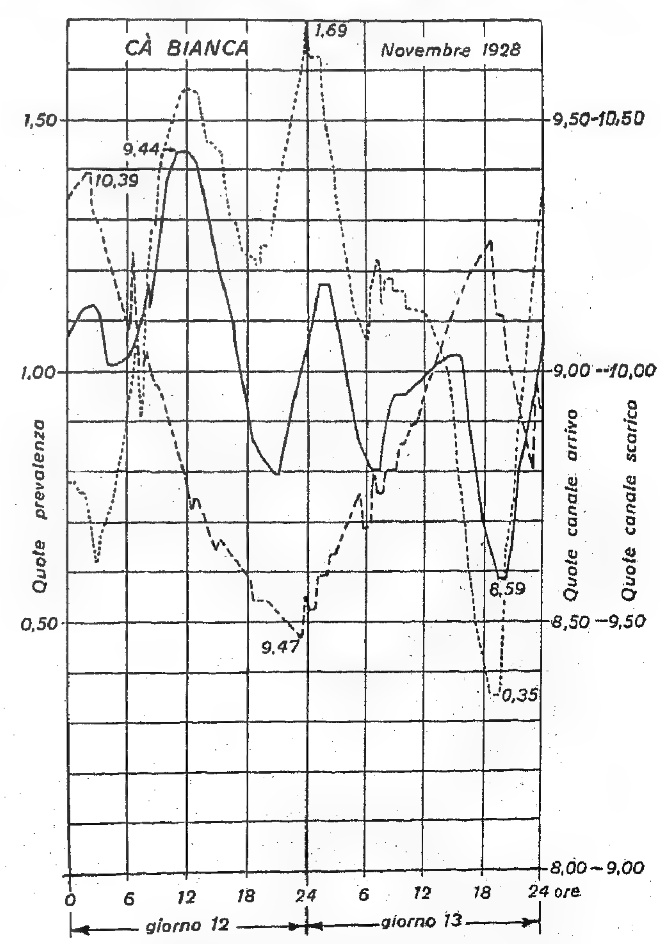


Fig. 12. - Diagramma orario delle prevalenze e delle altezze idrometriche a monte dell'idrovora di Cà Bianca e a valle (12 ÷ 13 novembre 1928).

una rete di scoline passa da 100 a 300 m³ per ettaro, la portata emissaria passa da litri 3,70 al minuto secondo a 1,90, con le massime precipitazioni possibili.

Questo fatto potrà essere reso evidente dal confronto degli invasamenti realizzati in una bonifica già da anni ultimata e regolarmente funzionante, con altra all'inizio dell'esercizio (tale sarebbe ad esempio la bonifica di Sette Sorelle, che qui non è stata studiata, dato appunto che l'esercizio è da poco iniziato, ma i cui dati si stanno raccogliendo per trarne in seguito le opportune deduzioni).

Dallo studio dei diagrammi d'invaso integrale per le varie piene, si può dedurre un'equazione approssimata, che dia l'invaso giornaliero che successivamente si accumula (Vt), in funzione del tempo t in giorni; si avrebbe una relazione del tipo:

$$V_t = \frac{1}{2} V_{max} \left[1 - \cos \frac{2\pi}{T} t\right]$$

ove T è la durata della piena e V_{max} l'invaso totale. Per V_{max} si può assumere il valore deducibile, caso per caso, per interpolazione, dalla fig. 11 in corrispondenza alla durata T e al coefficiente udometrico. Nel caso di coefficiente $U = 2$ l ha × sec si avrebbe:

$$V_t = \frac{1}{2} (49\, T - 113) \left(1 - \cos \frac{2\pi}{T} t\right)$$

Eseguiamo un'applicazione alla piena di Correzzola del marzo 1928. Dal diagramma dei coefficienti di deflusso si ha $K = 0{,}47$; la precipitazione meteorica è di 118 mm in 8 giorni; la corrivazione, dal relativo diagramma, è di 3 giorni, si deduce una durata di piena di 11 giorni; quindi con $m = 2$ si ha:

$$U = \frac{K \times H \times m \times 10^7}{(t + \tau)\ 86.400} = \frac{0{,}47 \times 0{,}118 \times 2 \times 10^7}{11 \times 86.400} = 1{,}17 \text{ l/ha} \times \text{sec}$$

e per una superficie A di 7335 ettari e per 86.400 secondi si ottiene una portata massima giornaliera di 10 200 m³/km². Tenendo poi conto delle filtrazioni (v. relativo grafico) si giunge a $P_{max} = 10\,700$ mc/kmq e $U = 1{,}22$ l/ha × sec. Si deduce pure per tale valore del coefficiente udometrico e per la durata di 11 giorni un invaso per ettaro di 250 metri cubi (per interpolazione), quindi:

$$V_t = \frac{250}{2} \left[1 - \cos \frac{2\pi}{11} t\right]$$

si ottiene successivamente:

$t = 0$	$V_t =$	0	
» = 1	» =	20	m³/km²
» = 2	» =	74	»
» = 3	» =	144	»
» = 4	» =	205	»
» = 5	» =	245	»
» = 5.5	» =	250	»

Il ramo discendente (fino al termine dell'11° giorno) è simmetrico. Detraendo i successivi incrementi d'invaso, per i singoli giorni e sommando quelli di svaso, dal diagramma degli afflussi ridotti (V. fig. 9), si ottiene quello dei deflussi alle pompe. L'andamento si approssima abbastanza a quello reale; il massimo è un po' più depresso, ciò è dovuto al fatto che il coefficiente di deflusso durante una piena è generalmente alquanto più elevato di quello medio mensile.

Una osservazione ulteriore può farsi a riguardo del fenomeno degli invasi o svasi in una rete di bonifica, a deflusso meccanico. In realtà (V. fig. 12) le altezze idrometriche nel canale di arrivo non si mantengono costanti nelle 24 ore, durante la piena, ma hanno un andamento sinusoidale, con oscillazioni più o meno sentite intorno ad un valore medio. Durante la pompatura si ha uno svaso (tratto del diagramma idrometrico discendente) nel collettore, cioè la portata erogata dalle pompe è superiore a quella affluita al bacino di raccolta; viceversa a pompe ferme l'acqua si invasa. Si avrebbe quindi in realtà un succedersi di svaso e invaso durante la giornata, nei periodi di esercizio ed arresto delle pompe. La linea degli invasi e svasi successivi dovrebbe quindi realmente presentare una successione di oscillazioni con tendenza sempre crescente o sempre decrescente. Queste oscillazioni però in sostanza vengono a compensarsi; per cui assumendo la linea d'invaso o svaso corrispondente ad un deflusso costante (prevalenza giornaliera alle pompe costante, media delle varie prevalenze verificatesi), come si è fatto in precedenza, non si commette errore sensibile nella valutazione degli invasamenti stessi.

8) – Conclusioni.

Per quanto lo studio effettuato sia limitato ad alcune bonifiche meccaniche della Pianura Veneta si possono trarre alcune conclusioni, che potranno essere ulteriormente confermate ed avvalorate, quando la raccolta di dati che tuttora si va effettuando, e che dovrà proseguire in futuro, potrà fornire una base più sicura di ricerca.

Gli anni di funzionamento presi in considerazione pur non essendo molto numerosi comprendono, come si è avuto occasione di osservare, dei periodi di piene forti ed anche si può dire eccezionali (1928), cosicchè le deduzioni effettuate potranno avere sufficiente attendibilità.

Le conclusioni più notevoli sono le seguenti:

1. Le precipitazioni meteoriche critiche sono, di solito, di durata piuttosto prolungata, anche se intermittenti e non molto intense, indipendentemente dall'estensione dei bacini.

2. I coefficienti di deflusso seguono un andamento analogo a quello trovato dal Pasini per la Bonifica Ferrarese; si notano però in genere (bacini senza infiltrazioni dall'esterno) dei valori dei coefficienti mensili alquanto minori.

3. Nei bacini sottoposti a filtrazioni d'acqua esterna al comprensorio, i coefficienti di deflusso non possono essere che apparenti; converrà quindi nella previsione che si abbia ad avverare una tale circostanza, adottare i coefficienti precedenti, aggiungendo alle portate dedotte gli apporti chilometrici di filtrazione, sulla base determinata in questo studio, di circa 20 litri/secondo chilometro nei mesi invernali, che sono quelli che nella generalità dei casi danno luogo ai più forti afflussi.

4. Il coefficiente di piena, variabile, dà luogo ad una *media* all'incirca eguale a 2.

5. La corrivazione può essere rappresentata dall'intervallo di tempo intercedente tra il colmo di afflusso meteorico e quello di afflusso alle pompe. La sua determinazione in funzione della superficie scolante può essere giustificata, sebbene in ogni modo non si possa ottenere, come del resto pel coefficiente di piena, che un valore *medio*.

6. Il fenomeno dell'invaso che va in ogni caso studiato per tutta intera le rete di canalizzazione, pur non seguendo una legge precisamente determinata, può rappresentarsi in funzione della durata complessiva della piena e del valore della massima portata. Gli invasi accumulantisi nei successivi giorni si succedono poi, in via approssimata, secondo una legge di variazione sinusoidale col tempo, crescente fino al valore dell'invaso totale corrispondente alla piena, per poi decrescere (svasi, fase decrescente di piena).

Una più sicura determinazione di tutti gli elementi di piena, non potrà farsi che su bacini forniti di pluviografi disposti in opportune località e idrometrografi alla vasca d'arrivo e di scarico; per lo studio degli invasi sarà poi opportuno determinare una scala di deflusso in corrispondenza dei vari stati d'acqua (1), alquanto a monte del bacino d'arrivo, onde dedurre con maggior sicurezza le curve di piena per variazioni possibilmente orarie.

Ing. Prof. Corrado Ruggiero

Istit. di Idraulica - R. Scuola d'Ingegneria - Padova

(1) Una ricerca di questo genere si è da qualche mese iniziata per una zona del comprensorio di Bonifica dei Pratiarcati (Padova), scolante all'idrovora di Bovolenta.

ING. ETTORE CESÀRI

DIRETTORE DELL' « UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE »

La distribuzione d' energia come fatto economico

ESSENZA FISICA DELLA TRASMISSIONE D'ENERGIA.

La distribuzione dell'energia mediante *reti* è entrata di recente nel novero delle umane attività: non sono ancora cinquant'anni che essa fu attuata dal genio e dalla tenace volontà di Tomaso Edison. Quando essa nacque, la conoscenza delle leggi fisiche che governano i fenomeni elettrici non era molto profonda ed era un privilegio di pochi: quanto all'*essenza* di quei fenomeni, se da allora si sono moltiplicate le ipotesi nulla sappiamo ancora di sicuro. In essi sta certamente la chiave di molti misteri. Non per nulla il grande fisico Lord Kelvin pronunciò la sua celebre frase: « Se voi mi direte che cosa è l'elettricità, io vi dirò qualunque altra cosa ».

In ogni impianto di distribuzione d'energia, troviamo un *motore primo* il quale rende attuale l'energia potenziale di una caduta d'acqua o di un combustibile. Noi la vediamo ricomparire ai motori, alle lampade ed agli apparecchi degli utenti, in modo assolutamente simultaneo. Fra il luogo di produzione e quello di utilizzazione sta un complesso di macchine, di apparecchi e di conduttori. Sappiamo che nel fenomeno della trasmissione oltre ai conduttori è impegnato lo spazio circostante: quale sia l'esatto suo meccanismo non sappiamo. Sembra tuttavia, fra tutte le ipotesi, più plausibile quella che in via di pura metafora o di modello l'assimila ad una ordinaria *trasmissione* dove la cinghia o la fune o l'aria compressa sono rappresentati da *qualcosa* che si muove nei conduttori e nello spazio loro attiguo.

Non trattasi tuttavia di un *movimento* come quello materiale d'un organo di trasmissione, ma di un fatto enormemente più complesso nel quale entrano in gioco i conduttori, i flussi magnetici e forse anche altri elementi dei quali non sospettiamo l'esistenza.

Questa è un'interpretazione fisica, ma essa non è tuttavia una *spiegazione*: essa è solo un *modello*. I due fatti, trasmissione meccanica ed elettrica, presentano notevoli analogie: la *simultaneità* delle azioni nel motore primo e nell'apparecchio utilizzatore è fra queste. In ambo i casi noi non possiamo misurare *direttamente* l'energia già trasmessa, ma possiamo applicare all'organo di trasmissione meccanica, ad esempio, un dinamometro e un tachimetro che ce ne permettono la valutazione *indiretta*, ed alla linea elettrica un *contatore* che è pure un organo di misura *indiretta*.

COME FU IN PRATICA INTERPRETATA LA TRASMISSIONE DELL'ENERGIA.

Date le poche e vaghe nozioni che abbiamo del fenomeno, tutte ipotetiche e costituite da semplici *analogie*, si comprende come la distribuzione dell'energia costituisca anche nell'economia e nel diritto un fatto impreciso variamente definito e considerato.

Quando apparvero le prime reti di distribuzione, per naturale associazione d'idee esse furono assimilate alle distribuzioni di gas o di acqua potabile. Il pubblico non va tanto pel sottile, e troppe erano le somiglianze perchè esso non ne facesse la base dei suoi giudizi sul nuovo servizio che gli veniva offerto. La prima preoccupazione di Edison fu quella di creare un *contatore*, che fu adottato specialmente nei grandi centri dove lo spirito pubblico era già famigliarizzato con questo genere di apparecchi. Più tardi nei centri minori, e particolarmente dove si avevano a disposizione forze idrauliche ad acqua fluente si adottò la tariffa a forfait, anch'essa derivata dalle classiche distribuzioni d'acqua ad « oncia » od a « lente idrometrica ». In seguito si ideò il « limitatore » che non è altro che il gemello della lente idrometrica e della bocca tassata. Questo tipo di tariffa nacque sopratutto dal bisogno dei primi modesti esercenti di collocare *tutta* la loro disponibilità dietro corrisposta di *canoni fissi*, evitando la spesa del contatore, allora insostenibile nel caso delle piccole utenze.

Il parallelo fra gas, acqua ed elettricità è ormai radicato profondamente nell'animo del pubblico, nè vi è molta speranza di poterlo sradicare.

La distribuzione di energia mediante reti è effettivamente un *servizio in comune centralizzato*, come quella del gas, dell'acqua, dell'aria compressa o del vapore. Ma l'analogia non è identità: anzi fra la prima e le altre vi sono differenze profondissime che ormai più non avvertiamo per abitudine, ma che ciò non pertanto appaiono evidenti ad un esame più dettagliato.

Il gas, l'acqua, il vapore sono *sostanze materiali*, misurabili con mezzi diretti in *volume* o in *peso*, che vengono trasportate mediante tubazioni al domicilio degli utenti. La prestazione di chi ne fa commercio è quindi in generale duplice: *fabbricazione* od *estrazione* del prodotto materiale, suo *trasporto* all'utente. Siamo nel caso d'una qualsiasi industria che si serva di proprii mezzi di trasporto per esitare i suoi prodotti ai proprii clienti. Tali prodotti materiali possono essere immagazzinati in serbatoi, campane e simili, e lo sono di regola, quindi la loro *produzione* si effettua con considerevole indipendenza dalla *domanda* del cliente. Qui la prestazione è una comune vendita di *merce materiale*, *sostanza* nel senso fisico e chimico della parola, immagazzinabile per un certo tempo, misurabile con mezzi diretti ragguagliandola alle ordinarie unità di misura (chilogrammo, litro), quelle stesse che servono a misurare le merci più comuni, che viene resa materialmente al domicilio del cliente.

Si può sicuramente affermare che nessuna di queste circostanze trova un corrispondente preciso nelle distribuzioni di energia: anzi è improprio parlare di *produzione* dell'energia, quando sappiamo che si tratta di semplice *trasformazione* di

energia potenziale in attuale e viceversa, o da una ad altra forma della stessa energia. L'espressione « energia elettrica » è poi altrettanto impropria che quella di « energia di cinghia » che si volesse applicare al caso delle ordinarie trasmissioni. Il kWh è una comoda entità astratta, *valore d'una funzione*, non *misura d'una sostanza*.

Ma il grosso pubblico è convinto che « l'elettricità » o « la corrente » è costituita da un *fluido* che si misura a kWh come l'acqua o il gas a litri e metri cubi. Al tempo ormai lontano nel quale l'elettricità andava detronizzando i motori termici nelle industrie, si sentiva ancora qualche industriale semplicista far dei confronti fra i *chili di carbone* consumati prima ed i *chili* segnati poi dal contatore, dopo la sostituzione del motore elettrico a quello termico.

Ed ecco arrivare i giuristi ad occuparsi a modo loro della faccenda. Per lunghi anni essi cercarono penosamente di dare uno stato civile al nuovo genere di attività, basandosi sulle solite analogie. Sarebbe interessantissima una raccolta di tutto quanto fu detto e scritto in proposito, che riempirebbe una bella serie di volumi.

Discussioni sopra una materia della sostanza fondamentale della quale è così poco nota l'essenza anche agli iniziati, trascesero spesso nell'assurdo. La conclusione alla quale quasi ovunque si è giunti è di carattere pratico: poichè tutti sono convinti che « l'energia elettrica » è una *cosa materiale che si vende a misura*, le si è dato il carattere di *merce*, e come tale ha avuto un posto da trovatella nel diritto commerciale.

Il comodo concetto fu accettato anche dalle Imprese elettriche per la sua semplicità che lo rendeva così facilmente accessibile al gran pubblico: ma esso mostrò fin dall'inizio i suoi difetti. Per le forniture di *merci* basta definire l'*unità* e individuare l'*oggetto*; se diciamo « dieci quintali di grano duro », oppure « una tonnellata di Cardiff primario » non v'è più dubbio, e stabilito il prezzo non può nascere contestazione. Quando invece diciamo « un kWh d'energia elettrica » non abbiamo definito affatto una prestazione precisa. Bisogna chiarire diversi altri elementi: di consumo annuo o mensile, di orario, di prestazione massima, di impiego, di luogo, ecc. ecc. che obbligano ad attribuire a due o più kWh *fisicamente identici* fisionomia e valore assai diversi, e condizioni contrattuali differenti da caso a caso per la loro prestazione.

La fornitura di energia elettrica è infatti una *prestazione*, che non ebbe finora altro esempio fra le attività umane. Per questo si è dovuto cacciarla a forza nel diritto sotto un titolo che non è fisicamente il suo, non essendosi voluto, come sarebbe stato logico, creargliene uno apposta. Ciò che la Impresa elettrica dà in effetto all'utente è la forza motrice ed il calore, resi agli apparecchi utilizzatori: essa non *fabbrica* nè *estrae* un prodotto come avviene pel gas e per l'acqua, portandolo al domicilio dei clienti: essa vi *opera* direttamente. È presso il cliente che la *prestazione* si effettua, non al contatore, ma ai suoi apparecchi utilizzatori.

Vi sono perfino dei casi nei quali il servizio reso all'utente dalla *disponibilità di un dislivello di potenziale elettrico*, anche con consumi d'energia tutt'affatto trascurabili, costituisce già una prestazione che vale e merita un compenso. Esempio ormai diffusissimo, l'alimentazione di placca negli apparecchi radio. Vi sono anche applicazioni che in determinati casi *restituiscono* energia alla rete, come ad esempio quando s'impiega un motore trifase come freno, azionandolo a velocità superiore al sincronismo.

Un cliente ipotetico a contatore semplice che si servisse della sua presa esclusivamente per questi usi finirebbe a non pagar nulla, sebbene la semplice *disponibilità* di un dislivello di potenziale gli rendesse un utile servizio. Così non pagherebbe nulla o quasi un utente a contatore che ritirasse esclusivamente corrente swattata, anche se gli si fossero applicate le ordinarie tariffe che tengono conto del fattore di potenza, risultando praticamente zero il consumo in watt.

Sta bene che questi sono esempi paradossali, ma servono a confortare il supposto che la prestazione è complessa e non consiste solo nella materiale fornitura di kWh.

Un facchino che porta un sacco dalla strada al solaio è pagato come quando lo porta dal solaio alla strada. Eppure nel primo caso egli sviluppa un certo numero di kgm, nel secondo non ne produce e non ne ricupera, sebbene ne vadano perduti: in pratica ciò che si valuta per stabilire la sua mercede non sono i kgm ma il suo tempo od il valore del suo servizio. Anche altri campi della vita pratica ci offrono dunque esempi di prestazioni che hanno per oggetto un *lavoro meccanico*, ma che non vengono considerate come *cessioni d'energia*, perchè in sostanza tali non sono.

La concezione *dell'energia-merce* che parve tanto semplice (e servì realmente a popolarizzare l'uso delle applicazioni elettriche) è la madre di molti dei guai che affliggono l'industria elettrica nei suoi rapporti col pubblico. Questo è convinto di acquistare una *merce*, sa che non vi sono due *qualità* d'energia, ma che questa è sostanzialmente sempre la medesima, e non sa spiegarsi perchè egli debba pagarla a prezzi così differenti per le diverse applicazioni. Fra i prezzi di due qualità di grano correrà una differenza del 5% sulla stessa piazza: fra l'energia ceduta al piccolo utente luce ed all'industria elettrochimica può correre una differenza del novantacinque per cento. Il costo del grano in luoghi differenti sarà diverso del mezzo per cento, mentre in molti casi l'energia, anche per lo stesso impiego, non può aversi che a prezzi sensibilmente differenti in circostanze diverse. La ragione è che, economicamente, non si tratta affatto di una merce, ma della prestazione più complessa che l'uomo abbia attuato: ma il pubblico, viziato nel suo concetto semplicista, si ostina a credere che tutti i kWh siano praticamente identici fra loro come lo sono i quintali di grano e non trova nella sua ingenua semplicità altra spiegazione del fatto osservato che quella che gli suggeriscono i demagoghi: « L'impresa elettrica è una forma legalizzata di associazione di malfattori ».

Certo, è assai più facile popolarizzare concetti di questo genere che spiegare la realtà delle cose, quando essa è, per fatto naturale, così intricata.

Si sono trovate analogie fra questa specialissima prestazione e quella delle imprese ferroviarie e, in genere, dei *trasporti*. Ma troppe sono anche qui le sconcordanze. Si consideri che le ferrovie e le altre Imprese di trasporti si limitano a prendere *merci*, non di loro proprietà, in un luogo per consegnarle in un altro: e si tratta sempre di *merci materiali*. Di comune fra le due vi è solo la caratteristica della *differenziazione dei prezzi*, perchè anche una « tonnellata-chilometro », come un kWh, non è una unità fissa e di significato costante. Ma tanti che gridano perchè l'energia elettrica si vende a prezzi diversissimi da caso a caso, trovano poi logicissimo che i viaggiatori, la sabbia, il carbone, il bestiame, le macchine paghino prezzi per tonnellata-chilometro ben più discosti fra loro di quelli dell'energia usata per diverse applicazioni e in luoghi differenti. Vero è che il « vettore », può spiegare con facili argomentazioni la differenza dei suoi prezzi con le diverse responsabilità nelle quali incorre e con gli oneri non meno diversi che s'incontrano trasportando persone, oro, bestiame o sabbia, laddove non tutte le ragioni non meno eque che giustificano i differenti prezzi dell'energia sono popolarizzabili altrettanto facilmente.

Necessità della differenziazione dei prezzi per l'industria elettrica.

La principale ragione che impone all'Impresa elettrica la differenziazione dei prezzi è appunto la sua essenza di *prestazione*. Se consideriamo come tale il servizio reso agli utenti

ne discende che uno dei principali elementi di valutazione è il *valore del servizio stesso*. E non dimentichiamo che le applicazioni elettriche d'ogni specie hanno dei concorrenti. Seguono poi i *caratteri accessori* del servizio in relazione alle disponibilità dell'Impresa (orario, utilizzazione, località, ecc.).

Lo studio della differenziazione dei prezzi fu nelle sue basi fondamentali iniziato or son quasi cent'anni dal Cournot (*Recherches sur les principes de la théorie de la richesse*, 1838). Esso fu applicato ai *servizi in comune* dal Dupuit (*De la mésure de l'utilité des travaux publics*. « Ann. des Ponts et Chaussées », 1844).

Fu poi approfondito da altri economisti.

La teoria parte da un postulato fondamentale che si può così enunciare: « Tanto più si riesce a collocare di una merce o di un servizio quanto minore ne è il prezzo ». Questo postulato è vero in massima, ma è soggetto a diverse eccezioni: come ad esempio quando il prodotto o servizio da collocare è quantitativamente limitato, quando esso non sia disponibile od attuabile all'atto della richiesta, e nel caso di oggetti o prestazioni di lusso.

Questo postulato si può esprimere dicendo che « la quantità di prodotto o di servizio collocata (il *consumo*) è una funzione inversa del prezzo ». Così ragionando si giunge alla conclusione

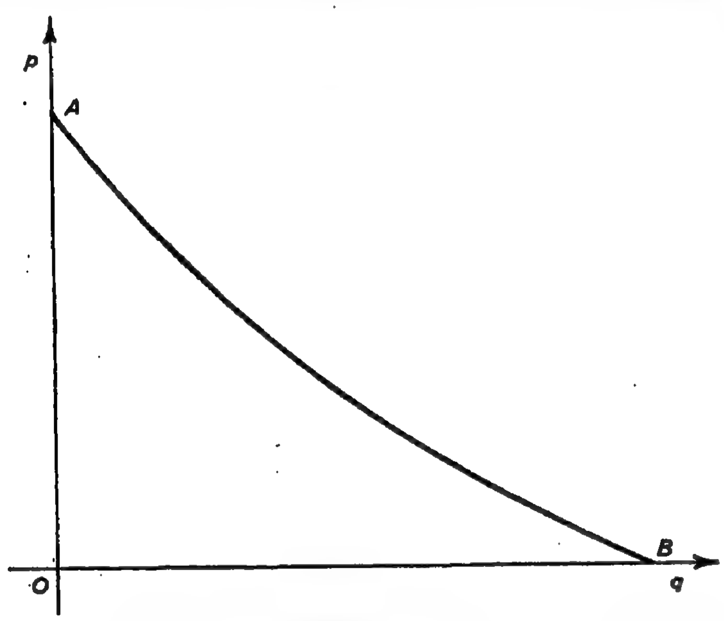


Fig. 1.

che la *curva della domanda*, cioè quella che rappresenta la funzione che lega il prezzo al consumo, dev'essere del tipo disegnato alla figura 1. In essa le ordinate rappresentano i *prezzi unitari* della merce o del servizio: le ascisse rappresentano le corrispondenti quantità q vendute per ogni singolo prezzo: il punto A corrisponde al *prezzo limite*, oltre il quale nessuno più compra, il punto B la *quantità limite* di merce o di servizio collocabili, corrispondente al prezzo zero.

Il Dupuit giungeva, fra l'altro, dall'esame critico di quella curva, alla nota conclusione sulla molteplicità dei prezzi che, avendo valore anche pel caso dell'energia elettrica, cercherò di esporre brevemente.

Supponiamo di aver trovato il modo di disegnare la curva della domanda nel caso di una distribuzione d'energia elettrica in una determinata zona: ossia di aver trovato la legge secondo la quale varierebbe il consumo d'energia al variare del prezzo, ammesso che tale prezzo fosse *unico* per tutte le applicazioni. Ciò equivale a dire che se oggi si vendono (fig. 2) $O\,Q$ kWh al prezzo unitario $O\,P$ se si portasse il prezzo al livello $O\,P_1$ per tutta la clientela, il consumo si ridurrebbe ad $O\,Q_1$. L'incasso nel primo caso sarebbe dato dall'area del rettangolo $O\,P\,M\,Q$, nel secondo dall'area $O\,P_1\,M_1\,Q_1$.

Supponiamo ora che l'esercente, raggiunta con una tariffa unica $O\,P_1$ (fig. 2) il consumo $O\,Q_1$ che gli corrisponde, si trovi ad avere ancora energia disponibile. Esso sarà naturalmente portato a cercarne un collocamento, pel quale dovrà, per l'ipotesi posta, ridurre il prezzo. Se egli l'offrirà al prezzo $O\,P$ avverrà che un nuovo gruppo d'utenti potrà venire allacciato: e poichè il consumo $O\,Q_1$ è già collocato, mentre il consumo corrispondente al nuovo prezzo $O\,P$ è $O\,Q$, ne viene che in base alla nuova tariffa l'esercente collocherà un nuovo quantitativo $Q_1\,Q$ di energia, aumentando i suoi incassi di $M\,N\,Q_1\,Q$. Il ragionamento si può ripetere ancora per altri punti della curva fra M_1 e B, fino ad esaurimento dell'energia disponibile.

Emerge chiaro da queste considerazioni che la molteplicità o differenziazione dei prezzi porta seco vantaggi per tutti. Per gli utenti, perchè mentre quelli che erano soddisfatti del prezzo primitivo $O\,P_1$ non cambiano la loro situazione, gli utenti delle nuove classi hanno la possibilità di servirsi dell'energia che prima non avevano; per l'esercente, perchè vende una quantità maggiore d'energia ed utilizza meglio i proprii impianti e le proprie spese generali; per la generalità, perchè tanto maggiore è la quantità d'energia goduta, tanto più aumentano il volume d'affari da essa attivato, il giro di denaro conseguente, le imposte riscosse dallo Stato ecc. ecc.

La conclusione del Dupuit, applicata al nostro caso si può quindi riassumere così: « In un servizio centralizzato tanto più aumenta l'utilità totale quanto più sono differenziate le tariffe ».

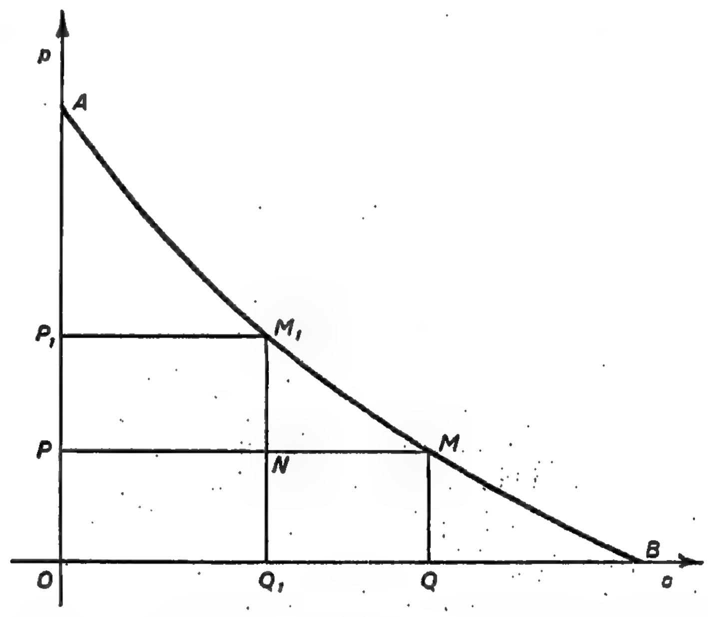


Fig. 2.

Alla stessa conclusione si può giungere con un paragone volgare ma evidente.

Un macellaio acquista sul mercato un vitello *a peso vivo* e lo paga, mettiamo, 4 lire per chilogrammo. Il vitello pesa 120 chili, e così gli costa L. 480. A questa somma egli deve aggiungere, ad esempio, altre 300 lire che rappresentano le sue spese d'esercizio, le tasse e il suo guadagno. In tutto L. 780, ossia L. 6,50 per chilogrammo. Per incassare la qual somma egli può procedere in due modi diversi: o vendere *tutto* il vitello a un prezzo unico di L. 6,50 al chilo, o venderne le diverse parti a diversi prezzi, ma calcolati in modo che la somma dei prodotti di ciascuna parte pel relativo prezzo risulti almeno di L. 780.

Ma è evidentemente impossibile che egli possa, nel primo dei due modi, vendere tutto il vitello: se egli lo adottasse, egli smercerebbe subito tutta la parte che può esser venduta *almeno* a L. 6,50 e il resto gli rimarrebbe invenduto.

Se invece egli adotta il secondo criterio non solo sarà certo di coprirsi, ma potrà anche realizzare un maggior utile. Per tal modo ognuno ha un beneficio: il macellaio perchè si copre con guadagno, il pubblico, perchè acquista tutte le parti del vitello a prezzi convenienti per l'uso che intende farne, l'interesse generale perchè *tutto* il ricavo del vitello viene utilizzato. Col primo criterio il macellaio era in perdita, due terzi degli acquirenti rimanevano insoddisfatti, buona parte del vitello avrebbe finito nell'immondezzaio.

***

Contribuisce a rendere necessaria la differenziazione dei prezzi un altro fatto pel quale non si trova alcuna analogia in altri generi di industria o di commercio.

Un bottegaio che vende stoffa o vino o patate non si preoccupa che i suoi clienti vengano al suo negozio ad un'ora piuttosto che un'altra della giornata: se ad ore fisse avrà ressa d'avventori, si farà aiutare dai famigliari o assumerà un commesso; in qualche caso anche farà far la fila alla sua clientela. Ma il suo magazzino sarà sempre in grado di far fronte a qualunque richiesta.

Il distributore no. Se tutti i suoi clienti si dessero la voce ed attaccassero in pieno i loro impianti ad un'ora determinata, egli non solo non potrebbe neppure alla meglio accontentarli, nè farli aspettare, ma vedrebbe andare in terra completamente tutto il servizio. Qui dunque entra in gioco un fattore che non ha luogo nell'ordinario commercio: il *grado di simultaneità della richiesta* da parte della clientela.

Prima preoccupazione dell'Impresa elettrica è di alleggerire le *punte*, con varii espedienti che si riducono o a limitazioni obbligate del carico o ad inasprimenti del prezzo.

Altra preoccupazione: l'Impresa ha investito somme considerevoli negli impianti, nelle linee, nelle stazioni di trasformazione e nelle reti. Questo assieme è capace di sopportare un certo carico, ma non di più. Ora il carico è variabile nel corso della giornata come in quello delle stagioni, e però quel tal massimo sopportabile, che rappresenta per l'Impresa elettrica la condizione di miglior utilizzazione del suo capitale, non si verifica che per un tempo limitato. Essa ha interesse ad impedire che tale tempo sia troppo breve, il che equivale a dire che essa cerca per ogni via di rendere più regolare ed uniforme possibile l'erogazione, al che non può giungere che con dei congegni tariffari che tendano ad aumentare quel rapporto fra il consumo in kWh del cliente e la sua massima richiesta in kW, che ordinariamente è chiamato «durata d'utilizzazione». Ed ecco nascere una nuova serie di contratti e di prezzi unitari.

Anche per questa via quindi si giunge a giustificare il sistema a tariffe multiple, poichè è evidente che, se ben si considera l'andamento del servizio, non tutti i kWh ceduti rappresentano la stessa prestazione, anche intesa come sacrificio del fornitore. Pochi kWh richiesti in ore di punta possono rendere necessario l'impianto di una riserva o l'ampliamento delle reti, laddove una fornitura notturna o stagionale può essere eseguita a prezzi assai bassi, in quanto realmente essa costi minori sacrifici al produttore.

Per questa ragione la differenziazione dei prezzi nel caso della distribuzione d'energia si estende oltre che nello *spazio* (cioè alle diverse specie di applicazioni) anche nel *tempo* (cioè tiene conto degli *orari* e delle *epoche* secondo i quali avviene la richiesta). Ciò non solo non si verifica d'ordinario per le merci, ma neppure pei trasporti nè per alcun altro caso affine.

CONSEGUENZE PRATICHE.

Che cosa sarebbe avvenuto in Italia se le Imprese elettriche avessero adottato un prezzo unico ed invariabile per l'energia venduta? È chiaro che avrebbero collocato assai meno che non facciano oggi; probabilmente il consumo si sarebbe limitato ai bisogni dell'illuminazione ed a qualche altra modesta applicazione, i diagrammi del consumo sarebbero stati irregolarissimi, e bassissima l'utilizzazione oraria. In queste circostanze i grandi impianti idroelettrici che sono il vanto della nostra industria non avrebbero potuto sorgere, perchè antieconomici: l'industria elettrica avrebbe oggi un'importanza dieci volte minore dell'attuale, e sarebbe cresciuta rachitica e disorganizzata, polverizzata in uno sciame di piccoli impianti locali, termici per la più parte.

Altrettanto sarebbe avvenuto se, pur adottando la differenziazione dei prezzi, elementi estranei fossero intervenuti a turbare la libertà di contrattazione. In quarant'anni d'esistenza l'industria elettrica ha adattato i suoi prezzi ai bisogni del mercato con un processo lento e continuo, nel quale risiede il segreto del suo grande sviluppo. I prezzi odierni, tanto discussi da tutti e da nessuno approfonditi, sono la risultante di moltissime forze economiche interne ed esterne all'industria elettrica e costituiscono un equilibrio che sarebbe pericoloso turbare.

La teoria del Dupuit, come tutte le applicazioni di concetti matematici ai fenomeni economici, ha il valore di un aiuto logico, senza alcuna pretesa di poterne ricavare più che una traccia da far seguire al ragionamento.

Innanzi tutto occorre considerare che la curva della domanda non ha per noi un significato permanente, ma assolutamente istantaneo. Le statistiche insegnano che in tutto il mondo (salvo momenti eccezionali) il consumo di energia è in continuo aumento per tutte le applicazioni, cosicchè OQ aumenta col tempo anche se OP rimane costante. Contribuisce a questo fatto oltre alla graduale saturazione dei mercati, che non sarà mai completa pel continuo incremento della popolazione e pel continuo svolgersi di nuovi affari, il sempre crescente campo delle applicazioni elettriche possibili.

Di recente, avendo avuto occasione di raccogliere un gruppo di dati sui prezzi e sui consumi italiani di energia elettrica, ho voluto verificare se, in questo momento, essi possono esser disposti su una curva quale fu indicata dal Dupuit. Dapprima il risultato fu scoraggiante: segnati i non molti punti rappresentanti i principali gruppi di utenze dei quali disponevo, mi trovai davanti ad un bizzarro scorpione, apparentemente senza significato. Ma l'anomalia era solo apparente: e mi accorsi che in realtà i punti si potevano raggruppare su tre curve una diversa dall'altra, ma ciascuna di aspetto assai affine a quella indicata dal Dupuit.

La prima curva (fig. 3) comprende i servizi di illuminazione, la seconda il servizio normale di forza motrice (grande e pic-

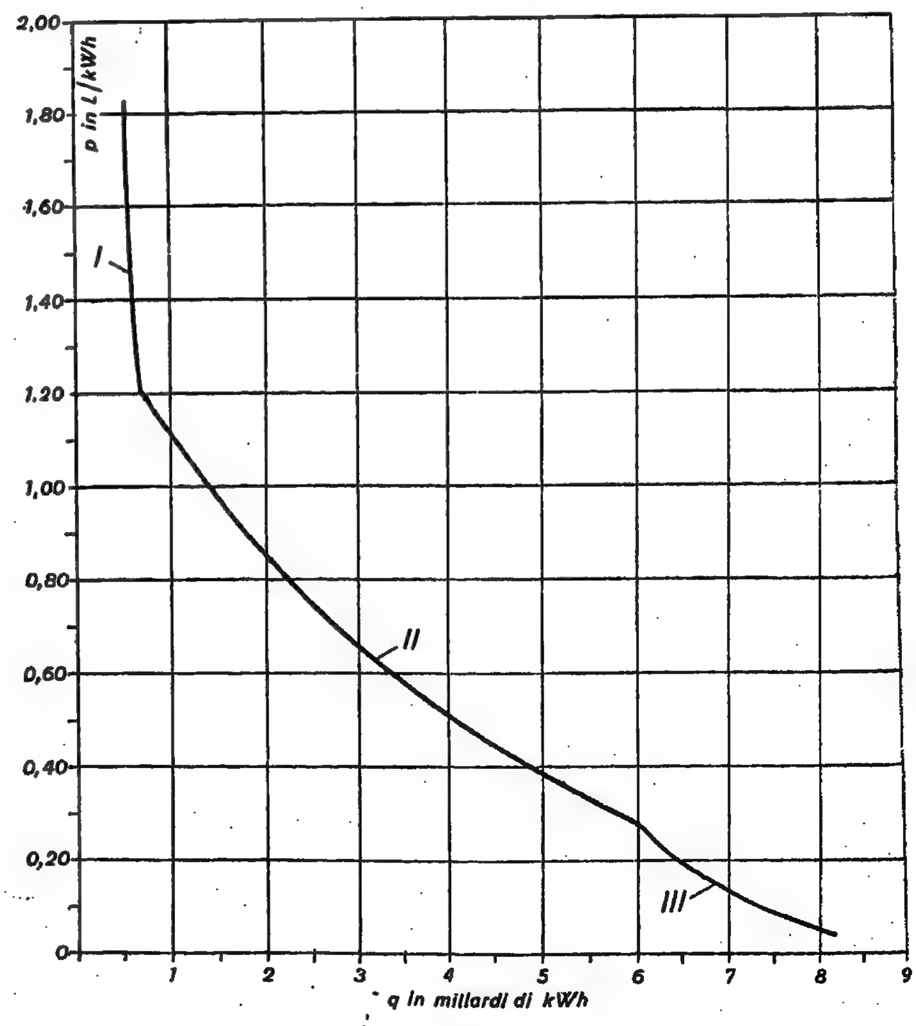


Fig. 3.

NB. - Il prezzo per la curva *I* è comprensivo della tassa governativa (L. 0,30) e della imposta comunale (L. 0,36 come media).

cola), il terzo le forniture stagionali, l'energia di supero, le forniture alle Ferrovie dello Stato.

Ciò è perfettamente conseguente alle premesse di questo studio. I tre *servizi* di *luce*, di *forza motrice* e di *forniture eccezionali* sono economicamente distantissimi fra loro, sì da dover essere considerati come prestazioni sostanzialmente diverse. Quindi la legge della domanda dev'essere rappresentata per ciascuno da una funzione differente, se pure della stessa famiglia. E quindi per ciascuno la differenziazione dei prezzi è regolata da leggi diverse.

Il servizio *luce* (comprese le piccole applicazioni domestiche) risponde in parte ad un *bisogno*, in parte ad una *comodità*, in parte ad un *lusso*. L'adottare l'elettricità nell'abitazione non è indispensabile: si può accontentarsi del petrolio e delle candele, e di scaldare il ferro da stiro col gas o col carbone. Più che una questione assoluta di *convenienza economica* la sua adozione è principalmente il risultato di diversi fattori psichici assai difficili da valutare e che non si possono mettere in equazione.

Il servizio *forza*, e in genere le *forniture industriali*, sono regolati da elementi economici molto diversi: prima di tutto il *costo* e *l'incidenza* sul prodotto finale, poi alcuni *vantaggi pratici*, come la facile *divisibilità dei motori*, il *minor costo d'impianto*, il *risparmio su spese di carattere generale*, ecc. Nel caso precedente il fattore principale era psicologico, qui siamo sotto il dominio della *convenienza economica*.

Quanto ai servizi raggruppati nella terza curva, essi rappresentano quei casi nei quali non esiste più il normale equilibrio economico. Nei primi due casi il prezzo unitario del servizio per ogni classe di utenti rappresenta un punto nel quale è venuto a stabilirsi un equilibrio fra la tendenza del fornitore verso l'aumento e quella dell'utente verso il ribasso: qui nulla di simile. L'energia stagionale o di supero viene venduta saltuariamente ed a prezzi bassissimi, pur di ricavarne qualche utile: e quanto alle Ferrovie dello Stato generalmente esse sfruttano a loro vantaggio la qualità di organo dello Stato, assottigliando il margine dei fornitori fino a tramutarlo spesso in un danno. Questo gruppo eccezionale di utenti rappresenta quindi una specie di calamità per le Imprese, che amerebbero volentieri farne a meno. La sua presenza ha sempre un effetto sfavorevole anche per gli utenti delle altre due classi di forniture.

Variazioni dei consumi conseguenti alle variazioni dei prezzi.

Un problema molto interessante, e che si collega allo studio della legge della domanda, ha occupato ed occupa chi dirige la parte commerciale d'una Impresa elettrica. Esso si può enunciare così: « Data una zona di distribuzione nella quale si è raggiunto un determinato equilibrio mediante l'applicazione di n prezzi ad altrettante categorie d'utenti, se uno di tali prezzi viene variato quale sarà la nuova posizione d'equilibrio? »

La possibilità di trovare una soluzione esatta di tale problema permetterebbe agli esercenti di migliorare la situazione economica propria, dando anche alla vendita la massima diffusione con vantaggio generale. Il problema della differenziazione verrebbe così risolto nel modo più completo e conveniente. Ma una soluzione generale o teorica anche solo approssimata, di tale problema purtroppo non esiste.

Può sembrare a tutta prima che, se si riesce a stabilire la curva della domanda per una determinata epoca con buona approssimazione, questa possa dare la soluzione di tale problema: ma non è così. Abbiamo già veduto come la curva della domanda abbia un valore *istantaneo*: ora il cambiamento di un prezzo è sufficiente a modificare tutta la curva, essendo accertato dalla pratica che tale cambiamento influirà, in misura variabile, anche su altre classi di utenti oltre che sulla propria: ciò anche per la definizione stessa della curva. Perchè ciò non avvenga bisogna che la variazione del prezzo sia *infinitamente piccola*. Il risultato che si può ottenere dallo studio della curva, quando la si possiede, è quindi soltanto quello di un indice, che per ciascun punto ci dà un'idea della *tendenza dei consumi al minimo variare dei prezzi*.

Il Marshall (1) che fu fra gli economisti che più approfondirono gli studi iniziati dal Cournot e dal Dupuit, ha chiamato *elasticità della domanda* la funzione:

$$e = \frac{\frac{dq}{q}}{\frac{dp}{p}} \quad (q \text{ e } p \text{ come sopra}).$$

Il Marshall ha dimostrato anche (fatto evidente a chi ha dimestichezza con la geometria analitica) che e è misurato dal

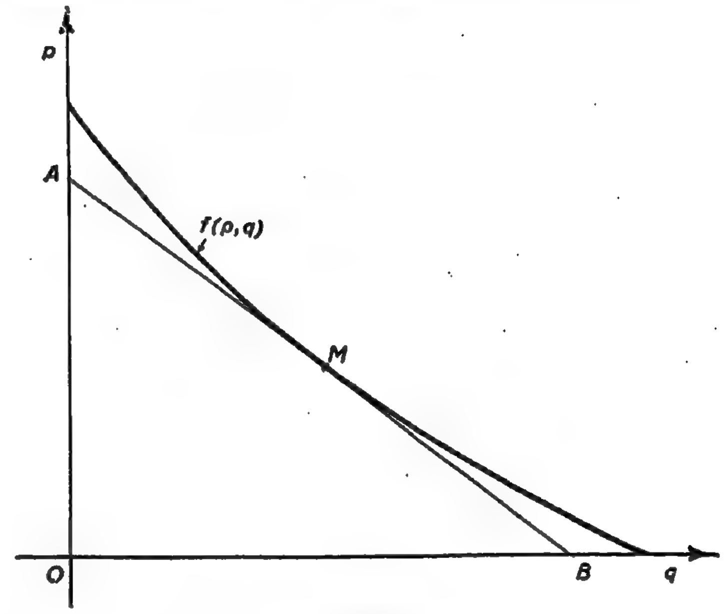


Fig. 4.

rapporto fra i segmenti staccati dai due assi coordinati sulla tangente alla curva di Dupuit nel punto considerato (fig. 4), ossia:

$$e = \frac{MB}{MA}$$

Per meglio comprendere il significato di e si consideri (fig. 5) un punto generico della curva, di ascissa q e di ordinata p, e si

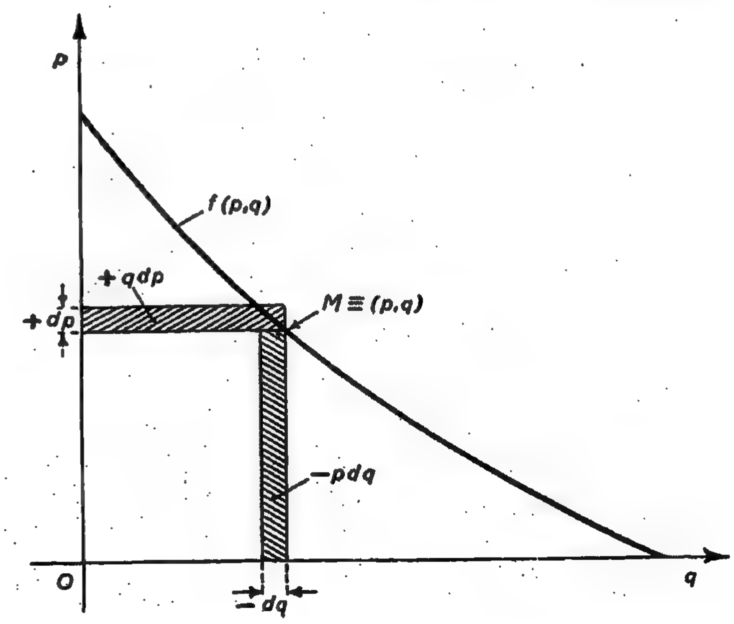


Fig. 5.

supponga di dare al prezzo p un incremento (o un decremento) infinitesimo $\pm\, dp$; ammesso che il fenomeno economico preso in esame segua esattamente la curva $f\,(p,\, q)$, la quantità del

(1) A. Marshall - *Principles of economics*. Londra, Mc. Millan, 5ª Ed.ne, pag. 839-40.

consumo subirà un decremento (o rispettivamente un incremento) infinitesimo $\mp dq$.

Il rapporto fra l'area elementare $\mp p. dq$ corrispondente alla diminuzione o all'aumento dell'incasso, dovuta alla variazione di q, e l'area $\pm q. dp$ corrispondente (a meno di un infinitesimo di 2° ordine) all'incremento o al decremento dell'incasso stesso derivante dalla variazione del prezzo p, rappresenterà ovviamente l'*elasticità* della curva considerata, nel punto M.

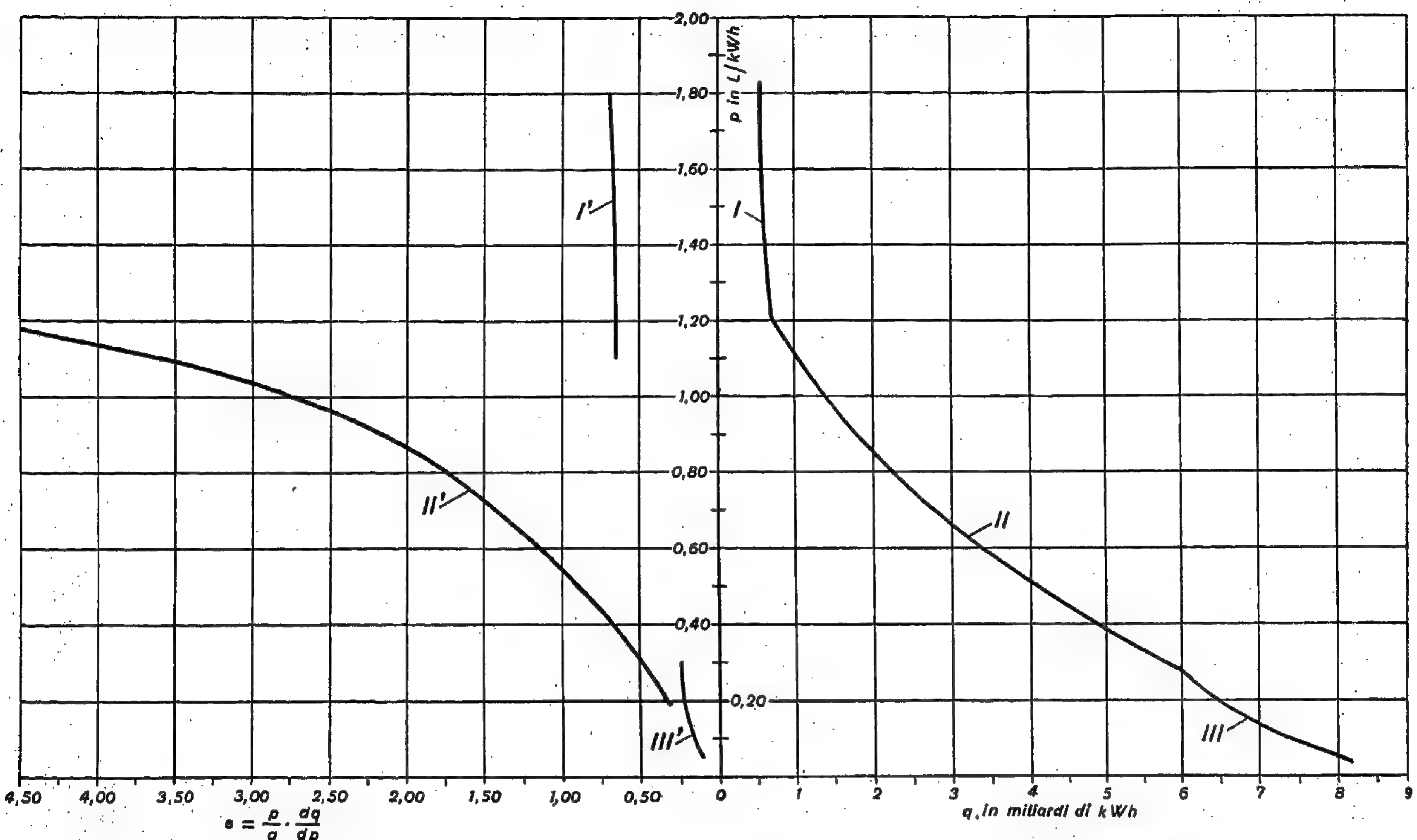


Fig. 6.

Nella figura 6 sono tracciate oltre alle curve della fig. 3 anche quelle che rappresentano corrispondentemente ad ognuna l'elasticità della domanda nei tre casi. Si vede che per l'*illuminazione* l'elasticità è quasi costante, con leggera tendenza a crescere con l'aumento del prezzo; per la *forza motrice* si ha invece una forte variazione dell'elasticità, anch'essa crescente, ma molto più rapidamente, al crescere del prezzo. La terza curva ha un andamento intermedio, sebbene per essa l'elasticità sia sempre piccolissima.

Questi risultati collimano con le premesse e con la verità dei fatti. È naturale che variazioni anche piccole del prezzo producano più rapidi effetti nel caso della forza motrice che in quello della luce, e che i prezzi più bassi siano quelli che offrono minore elasticità.

Ma queste pur interessanti considerazioni non ci dicono nulla di pratico, e non appena lo spostamento di prezzo diventi percettibile esse non hanno più valore.

In pratica è certo che, contrariamente a quanto si potrebbe dedurre dal principio di Marshall, un aumento ed una diminuzione di ugual valore sopra uno stesso prezzo non producono quasi mai lo stesso effetto sul consumo: in altre parole se la diminuzione del 10% della tariffa produce un aumento k sul consumo, l'aumento del 10% produce una contrazione certamente diversa da k. In generale può ritenersi che la contrazione sia minore del corrispondente aumento.

Qualunque variazione di prezzo e di quantità rivelata da una data curva del tipo preso in esame, ha quindi solo il significato di una *variazione virtuale in un dato momento*; su di essa non si possono appoggiare che considerazioni di carattere puramente contingente e indiziario.

Per mettere in chiara evidenza la differenza sostanziale che sussiste fra l'andamento reale delle variazioni di prezzo e di quantità e quello indicato dalle curve prese in esame si può ricorrere ad un paragone idraulico.

Se in seno ad una massa fluida in movimento si considera una qualunque delle linee che, *in un dato istante*, individuano in direzione e senso il moto delle particelle fluide, si ottiene una certa *linea di flusso*; la quale è in generale distinta dalla *traiettoria* che, in un tempuscolo qualunque dt viene seguita da una particella facente parte della massa presa in esame e che nell'istante considerato si trovasse sulla predetta linea di flusso.

La traiettoria di una particella fluida coinciderà colla linea di flusso comprendente la particella stessa, solo nel caso che il moto sia *stazionario*.

Orbene, una qualunque curva $f(p, q)$ del tipo considerato ha, rispetto al fenomeno economico studiato, lo stesso carattere della *linea di flusso*, dianzi accennata; mentre le traiettorie che i singoli punti della curva $f(p, q)$ seguirebbero in un periodo di instabilità dell'equilibrio economico sarebbero in generale affatto distinte e dipenderebbero non solo dal senso della variazione dei prezzi, ma anche dalle condizioni contingenti del mercato.

In altre parole la variazione di prezzo per una classe di utenti rappresentata da un punto M (fig. 4) farà spostare il punto stesso non sulla curva, ma lungo una traiettoria non calcolabile, esterna alla curva stessa, e di andamento completamente diverso nei casi di *aumento* o di *diminuzione* del prezzo p.

Da queste considerazioni emerge un'altra prova del fatto che la variazione del prezzo per una classe d'utenti ha influenza su tutte le altre classi; e particolarmente su quelle più prossime alla classe che ha subito la variazione. Una volta raggiunto

di nuovo l'equilibrio la curva avrà cambiato fisonomia anche in causa dello spostamento fuori della curva primitiva del punto M.

Un'altra ragione per la quale la curva della domanda non può bastare a condurre a risultati pratici è che il postulato fondamentale della teoria di Cournot e di Dupuit presuppone che la facoltà d'assorbimento del pubblico sia molto grande, e che tale sia anche la disponibilità dell'esercente. Se ciò poteva ammettersi nei primi anni di vita dell'industria elettrica, quando la percentuale della popolazione e delle industrie servite era piccola, oggi non è più ammissibile. Il potere di assorbimento va realmente crescendo, non principalmente per effetto di *aumento del numero degli utenti* come avveniva nei primi anni, ma quasi solo per l'*intensificazione del consumo* dovuta al moltiplicarsi dei servizi che si chiedono all'energia elettrica, al miglioramento del tenore di vita, ecc.

Si aggiunga la circostanza che gli effetti d'un aumento o d'una diminuzione vengono sentiti dalla gran massa degli utenti con forti ritardi (da uno a tre mesi), quando cioè vengono loro presentate le bollette variate. Altra è la sensazione del compratore che entra in un negozio e vede i prezzi di pochi giorni prima ridotti od aumentati: la reazione psichica è in questo caso immediata, ed agisce in modo potentissimo sulla sua decisione di comprare o di non comprare.

Come conclusione, la curva della domanda di Dupuit, anche se nota, non basta a risolvere il problema della variazione del consumo quando venga variato un prezzo. È questa un'altra prova che la distribuzione d'energia è un'attività economica a sè, alla quale non si possono adattare i ragionamenti che hanno valore, ad esempio, pei trasporti: tanto meno poi quelli che valgono per la vendita delle merci.

E qui torna opportuno proporci una domanda. Se ogni ritocco di tariffa costituisce un'incognita per lo stesso esercente, e se toccando un prezzo si rischia di avere una ripercussione non solo sul consumo ad esso relativo, ma su tutte la scala dei consumi, quali sarebbero le conseguenze in un intervento regolatore esterno all'Impresa? E su quali criteri si fonderebbe l'ente regolatore per *calcolare* le variazioni da imporre? E qualora un ritocco conducesse a risultati disastrosi per l'Azienda, come si provvederebbe al rimedio?

A questo, più che a qualunque altro caso, si possono applicare le parole di un nostro Economista, che è anche un distinto Matematico, e fautore della collaborazione fra le due scienze. «Tutte le disposizioni tendenti a fissare il prezzo per forza «di legge (tariffificazione, calmiere) urtano contro alle forze «economiche, sufficienti a determinare da sole il livello dei «prezzi». (1)

E prosegue l'Amoroso constatando l'inflessibilità di queste leggi economiche davanti alle coercizioni, e dimostrando come le equazioni della domanda e dell'offerta formino un sistema di $m - 1$ equazioni, che legano $m - 1$ incognite (i prezzi). Stabilire un calmiere è fissare il valore di una delle incognite ad arbitrio: ne sorte un sistema algebricamente incompatibile.

Tentativi empirici di risoluzione del problema tariffario.

Al quesito posto nel paragrafo precedente si è tentato di dar risposta per altre vie.

V'è qualcuno che crede nell'onnipotenza delle matematiche. L'algebra, l'analisi ed il calcolo sono certamente meravigliosi ritrovati dell'ingegno umano, ma non fanno dei miracoli: essi ci forniscono soltanto un certo numero di problemi già risolti schematicamente, risparmiandoci la lunga fatica di ripetere mille volte gli stessi sillogismi. Ma se noi applichiamo questi schemi a concetti basilari sbagliati, i risultati finali saranno anch'essi errati.

(1) Amoroso - *Lezioni di economia matematica* - Bologna, ed. Zanichelli, pag. 134.

Si è più volte cercato di stabilire formole, basate su concetti teorici, che dessero in termini algebrici la risposta al problema tariffario sopra enunciato.

Citerò fra i ricercatori, il Dettmar che si fermò ad una formola molto semplice che darebbe *l'utilizzazione in ore* di un gruppo di utenti allacciati alla stessa rete in funzione del *prezzo dell'energia*. La formola di Dettmar è

$$T = C\, m^{\alpha}$$

dove T è l'utilizzazione oraria del gruppo di utenti (p. es. degli utenti luce d'una città), m il prezzo, C ed α costanti, che il Dettmar calcolava caso per caso.

Questa formola ha tutti i difetti attribuibili alla curva della domanda, ed in più ha quello di essere quasi sempre incontrollabile. Mentre la suddetta curva si può alla meglio disegnare quando si abbia un certo numero di *prezzi*, coi relativi *consumi*, considerati *statici*, la formola di Dettmar esige per essere stabilita che per una stessa classe di utenti venga sperimentalmente variato il prezzo per poter stabilire anche con approssimazione le due costanti.

Nel primo caso basta conoscere *un punto per ogni classe*: qui ne occorrono due. Ossia la formola ci dice con sicurezza l'*effetto* di una variazione solo quando questa si è già verificata: il che rappresenta una bellissima soddisfazione. Inoltre essa non tiene conto nè dell'aumento del numero degli abbonati, nè della graduale intensificazione dei consumi dovuta alle sempre nuove applicazioni dell'elettricità, mentre le statistiche ci dicono che dappertutto va aumentando il consumo per abitante, anche dove ormai la popolazione è servita quasi al 100%: il che dà alla formola di Dettmar la stessa instabilità nel tempo che ha la curva della domanda.

Un altro tentativo analogo è dovuto al Norberg Schulz, secondo il quale sussisterebbe questa relazione:

$$\textit{Allacciamenti per abitante} \times \textit{prezzo} = \textit{costante}.$$

Questa formola, ancora più empirica, trascura volutamente l'intensificazione del consumo. Ci vuol poco a dimostrarne la poca fondatezza. Basti considerare che il numero degli allacciamenti può arrivare ad un punto di saturazione o quasi, dopo il quale anche regalando l'energia non si ottiene più alcun aumento sensibile.

Si sono fatti altri studi complicatissimi introducendo nella soluzione del problema il calcolo delle probabilità: ma tutte le formole si sono, com'era facile prevedere, dimostrate insufficienti e peggio. Pare impossibile che tecnici di grande valore, quali sono alcuni di quelli che hanno perduto il tempo nella ricerca di quelle formole, non abbiano veduto che un problema di questo genere non può risolversi con due sole variabili e senza una larga base sperimentale che in pratica è impossibile raggiungere.

Entrano infatti in giuoco numerosi elementi, non sempre esattamente definibili o misurabili.

Innanzi tutto converrebbe tener conto dell'*età*, sia dell'impianto che del genere di applicazione; poi della *qualità della zona;* degli effetti di cause esterne, permanenti o transitorie (crisi, calamità, guerre ecc.) e di altre circostanze di minor peso, ciascuna delle quali rappresenta una variabile. Si giungerebbe così a funzioni mostruosamente complesse, per stabilire le quali ed i loro parametri occorrerebbero decine di gruppi di valori delle variabili, che non si possono ricavare se non da statistiche, per nove decimi impossibili a conseguirsi: anche perchè alcune delle cifre da raccogliere (come l'*indice di qualità* delle zone) rappresentano già di per sè funzioni complicatissime di altri dati statistici, ancor più difficili a raccogliere col voluto rigore.

Se poi con mezzi oggi certamente non in potere di alcuno si riuscisse a stabilire una formola di sufficiente precisione, essa avrebbe oltre ad un significato solamente locale una vita effimera. Basti considerare ad esempio le enormi perturbazioni

intervenute dal 1914 ad oggi in conseguenza della guerra, della non meno disastrosa pace, dei turbamenti politico-sociali che di queste furono la conseguenza, delle vicende monetarie, e infine delle crisi economiche che si susseguono con impressionante frequenza, per convincersene.

Va poi anche tenuto conto dell'effetto che sullo sviluppo della vendita può conseguirsi mediante un intelligente e ben condotto lavoro di propaganda. In Europa (particolarmente poi in Italia) non si è dato finora a questa attività il peso che merita, mentre essa può riuscire a risultati insperati. Anche questo è un importante elemento difficilmente traducibile, che può capovolgere molte previsioni.

Infine va tenuto conto, specialmente per la forza motrice, della possibile concorrenza di altri mezzi.

Questa impossibilità di mettere in equazione fenomeni che ad un esame superficiale paiono semplici è comune a tutti i problemi economici. Del resto non è solo nel campo economico che la matematica deve chiamarsi impotente. Or non è molto questa stessa Rivista ha pubblicato un magnifico discorso pronunciato da uno dei nostri più valenti idraulici, il quale concludeva rilevando l'impossibilità di rappresentare mediante espressioni matematiche molti dei fenomeni che si osservano in seno alle acque correnti. Siamo quindi in buona compagnia!

I fenomeni economici sono ancora più complicati di quelli idraulici, che possono ridursi a poche cause meccaniche. Essi provengono da grandissimo numero di cause d'ogni specie, essendo principalmente funzioni delle impressioni psicologiche di migliaia e talora di milioni di uomini, e peggio, di donne: cioè di quanto v'ha di più mutabile in tutto l'universo sensibile.

Ciononostante l'umanità va sempre più persuadendosi che l'economia può considerarsi come una scienza esatta: e ad onta delle più clamorose smentite aspetta con fiducia la sua felicità e il suo benessere da alcuni aforismi economici. Forse con lo stesso fondamento col quale al tempo di don Ferrante essa attendeva il bene e il male dalle congiunzioni dei pianeti. Ma se il genio umano potrà scoprire certamente assai nuove e grandi cose, è difficile, per non dire impossibile, che esso riesca mai a dominare con calcoli fenomeni così complessi e nei quali una causa accidentale minima può portare enormi turbamenti.

CONCLUSIONI.

Raccoglierò in alcuni punti riassuntivi le conclusioni che da queste considerazioni si possono dedurre.

1) La fornitura che eseguisce l'Impresa elettrica all'utente, soltanto per comodità o per convenzione, e sopratutto per mancanza di studi e definizioni particolari nelle dottrine economiche e giuridiche e nelle leggi, si può considerare come *vendita di un prodotto o d'una merce*. Essa è piuttosto una prestazione che l'Impresa esercita agli apparecchi utilizzatori posti al domicilio del cliente, la quale tuttavia non ha nulla di comune nè con le locazioni di cosa, nè con le locazioni d'opera o di opere o miste, colle quali ha ancor meno affinità non avendo carattere di prestazione personale, nè con alcun'altra prestazione o servizio.

2) Ciò che noi misuriamo come *energia elettrica* non è la materia fornita, ma solo l'immagine di uno degli elementi della complessa prestazione. Gli altri elementi che variano da caso a caso danno luogo alle clausole accessorie del contratto (costante della tariffa Hopkinson, minimi garantiti, sconti scalari, limitazioni orarie o stagionali, sopraprezzo termico ecc.). Nella valutazione di questo complesso di elementi entra anche il *valore del servizio* reso all'utente, che è da ritenersi anzi l'elemento dominante.

Le tariffe a contatore semplice ed a forfait sono quindi le meno appropriate alla distribuzione d'energia elettrica: migliori sono le tariffe polinomie, sebbene anche queste non perfette.

3) Ciò premesso, è evidente che ben piccole possono essere le analogie fra questa così singolare prestazione e la vendita di merci od i servizi in comune centralizzati d'altra specie. Una analogia parziale sebbene ancora vaga, può trovarsi nell'industria dei trasporti. Ma l'applicazione dei teoremi economici tradizionalmente adattati a quest'ultima non conduce per l'industria elettrica a risultati pratici.

4) La differenziazione dei prezzi è condizione indispensabile alla diffusione dell'impiego dell'energia elettrica: essa, per quanto fu detto a 2), si basa su un complesso di circostanze che variano da luogo a luogo e da utente ad utente. Essa non può improvvisarsi, ma dev'essere il risultato di un lentissimo lavoro di adattamento: e neppure può essere stabile, ma va soggetta ad una continua evoluzione, risultante dall'azione di forze economiche esterne, anch'esse lentamente variabili.

5) Qualsiasi tentativo d'indagine analitica sull'andamento del consumo in funzione del prezzo è destinato al più completo naufragio: qualsiasi previsione precisa del genere è quindi impossibile. Ne consegue il fallimento di tutte le tariffficazioni basate su preconcetti matematici: le tariffe, per quanto è detto a 4) devono lentissimamente evolversi, ogni troppo brusco cambiamento sia nell'uno che nell'altro senso potendo portare soltanto a conseguenze dannose per l'interesse generale.

6) Per le sue caratteristiche eccezionali ed anche per la modestissima incidenza che ha il costo dell'energia sui bilanci, siano famigliari che industriali (eccettuati per questi ultimi quelli delle industrie per le quali l'energia costituisce l'elemento principale e quasi una specie di materia prima come l'elettrochimica e similari) non è sempre applicabile al caso neppure il postulato fondamentale pel quale in economia si ammette che, salvo poche e ben definite eccezioni, ad una variazione del prezzo sussegua una variazione in senso inverso del consumo seguendo leggi definite.

7) Da tutti questi risultati si può tirare una conclusione finale unica. Qualsiasi intromissione di elementi esterni che abbiano la pretesa di *regolare* l'industria elettrica nei riguardi dei prezzi di vendita non può che portare a risultati nocivi e ad incognite pericolose. Altrettanto dicasi di qualsiasi tentativo di *unificazione* dei prezzi.

ING. ETTORE CESÀRI.

Calcolo delle correnti di c. c. nella linea Cardano-Cislago della S.I.P.

(*Articolo pubblicato in questa Rivista, fascicolo II, volume VIII, Febbraio* 1931)

NOTE ESPLICATIVE

Nota 1) – Nel calcolo delle capacità parziali abbiamo tenuto conto della rotazione che subiscono i conduttori lungo lo sviluppo della linea, in virtù della quale rotazione ogni conduttore viene a trovarsi per 2/3 del percorso nelle posizioni laterali e per 1/3 nella posizione centrale. Per questa ragione, si sono ritenuti uguali i coefficenti potenziali p_{ab}, p_{ba}, p_{ac}, p_{ca}, p_{bc}, p_{cb} che compaiono nelle relazioni (30). Con i simboli $p_{7,25}$ e $p_{14,5}$ introdotti nella nota esplicativa si intendono rappresentare rispettivamente il coefficente potenziale tra due conduttori distanti m 7,25 e quello tra due conduttori distanti m 14,5. Con questa ipotesi, debbono essere naturalmente uguali i coefficenti di capacità relativi ai tre conduttori, cioè:

$$K_{aa} = K_{bb} = K_{cc}$$

$$K_{ab} = K_{ac} = K_{bc} = K_{ba} = K_{ca} = K_{cb}$$

Nota 2) – Il valore calcolato della capacità di servizio è:

$$C_s = 0{,}00845 \; 10^{-6} \; F/\text{km}$$

Tale valore deve essere aumentato per le seguenti considerazioni: Anzitutto nel calcolo non si è tenuto conto della capacità degli isolatori la quale, per quanto piccola, non è trascurabile. Difatti, riportandoci a quanto pubblicato ne *L'Energia Elettrica*, 1930, Vol. VII, fascicoli II e III, si ha che la capacità elettrostatica di ogni catena di 15 elementi con anelli è dell'ordine di 8 a 10 $\mu\mu F$. Orbene, tenuto conto del numero dei pali per km e delle doppie catene e delle triple catene che sono montate negli ammarraggi, nelle grandi traversate, negli angoli, si può ritenere che mediamente siano installate 6 catene per conduttore e per km.

Ammesso che ogni catena presenti una capacità di 10 $\mu\mu$ F, si ha quindi una capacità totale per km di circa 60 $\mu\mu$ F dovuta agli isolatori, ossia 0,00006 10^{-6} F/km. Questo valore, raffrontato con quello della capacità del conduttore di 0,00845 10^{-6} F/km rappresenta circa il 0,7%. Per arrotondare potremo dire che gli isolatori aumentano la capacità, del conduttore dell'1%.

L'aumento di capacità prodotto dalla presenza del palo, tenuto conto che il conduttore centrale attraversa il palo stesso, si può valutare ad un altro 1% riferito al km di linea.

La capacità di servizio dedotta dalle misure è risultata di 0,00945 . 10^{-6} F/km. Si è infatti misurata con tensione di 1600 V (trifase) una corrente di capacità media di 0,666 Amp. Dimodochè

$$0{,}666 = 2\,\pi\,f\,C'_s \frac{1.600}{\sqrt{3}}\,10^{-6}$$

$$C'_s = \frac{0{,}666\sqrt{3}}{2\,\pi\,f.\,1600} = 2{,}28 \; 10^{-6} \text{ Farad.}$$

e quindi per km

$$C' = \frac{2{,}28 \; 10^{-6}}{243{,}5} = 0{,}00938 \; 10^{-6}$$

Questo valore però deve essere alquanto diminuito per tener conto dell'effetto Ferranti.

Precisamente, la tensione di 1600 V alla partenza si eleva a circa 1660 V all'estremità di arrivo (coefficente Ferranti 0,965). Dimodochè il vero valore della capacità, tenendo conto di una tensione media $\frac{1600 + 1600}{2} = 1630$ V, sarà:

$$C'_s = \frac{0{,}666\sqrt{3}}{2\,\pi\,f\;1630} = 2{,}23 \; 10^{-6}$$

e quindi per km

$$C'_s = 0{,}00918 \; 10^{-6} \text{ F/km}$$

L'effetto Ferranti produce quindi un aumento di capacità di

$$\frac{0{,}00938 - 0{,}00918}{0{,}00918} = 2{,}25\ \%$$

L'aumento di capacità prodotto dalla presenza dei conduttori di guardia si può desumere dai valori suesposti e precisamente, attribuito un aumento di capacità di 1% per gli isolatori, di 1% per i pali, di 2,5% per l'effetto Ferranti, risulta che, ammessa la precisione delle letture, l'effetto dei fili di guardia sarebbe del

$$12\ \% - 4{,}5\ \% = 7{,}5\ \%$$

Ed infatti, se si calcolano i coefficenti di capacità tenendo conto anche della presenza dei fili di guardia, risultano:

$$K_{aa} = K_{bb} = K_{cc} = 0{,}00619 \; 10^{-6} \text{ Farad/km}$$

tenendo conto della rotazione come sopra detto.

Le capacità parziali tra i diversi conduttori si mantengono invece presso a poco uguali a 0,000965 10^{-6} Farad/km.

La capacità di servizio acquista quindi il valore di:

$$C'_s = 0{,}00619 \; 10^{-6} + 3 \times 0{,}000965 \; 10^{-6} = 0{,}00908 \times 10^{-6} \text{ F/km}$$

L'aumento prodotto dai fili di guardia risulta dal calcolo, quindi

$$\frac{0{,}00908 - 0{,}00845}{0{,}00845} = 7{,}5\ \%$$

In tal modo rimane giustificato il riscontrato aumento del 12% della capacità di servizio.

Nota 3) – I valori delle correnti di c. c. permanente calcolati coi metodi esposti sono quelli corrispondenti al caso di un corto circuito all'estremità di linea, al caso cioè in cui tutta la impedenza di linea interviene a ridurre il valore della corrente di c. c.

Per avere il valore della corrente di c. c. corrispondente ad altri punti della linea bisognerà tener presente il diminuito valore dell'impedenza di linea proporzionalmente alla diminuita distanza.

Occorre rammentare che l'impedenza complessiva del gruppo macchina-trasformatore è di molto superiore a quella della linea, cosicchè effettivamente anche nel caso di un guasto a pochi metri dalla centrale, cioè con impedenza di linea nulla, la corrente di c. c. sarebbe solamente del 16% superiore a quella corrispondente ad un guasto all'estremità di linea, nel caso di un solo alternatore in servizio; mentre nel caso di due alternatori in servizio tale aumento sarebbe del 32%. Si comprende che con l'aumentare del numero di macchine in servizio aumenta il rapporto tra la corrente di c. c. all'inizio e quella alla fine della linea.

ERNESTO DENINA
LABORATORIO DI ELETTROCHIMICA E DI FISICO-CHIMICA
DELLA R. SCUOLA DI INGEGNERIA - TORINO

ARTURO FRATES
SOC. GEN. IT. ACCUMULATORI ELETTRICI - MELZO

Esperienze sull'accumulatore a piombo

II.

Le variazioni di resistenza e di potenziale elettrico alle singole piastre durante il funzionamento dell'accumulatore

SOMMARIO.

In questa nota vengono discusse le esperienze eseguite per determinare separatamente le variazioni di resistenza e di tensione alle singole piastre di un accumulatore a piombo, durante la scarica e la carica a intensità diverse di corrente.

Tutti i fenomeni osservati rientrano nel quadro della teoria della doppia solfatazione e trovano nei più minuti dettagli una spiegazione soddisfacente considerando la differenza nella variazione di concentrazione dell'acido alle due piastre e la diversa conducibilità della materia attiva, per cui le variazioni si verificano in modo preponderante alle piastre positive.

CONSIDERAZIONI SUL COMPORTAMENTO DELLA RESISTENZA ALLE SINGOLE PIASTRE.

Le nostre esperienze sulle variazioni di resistenza alle piastre (riferite nella nota precedente) (1), dimostrano come esse dipendono essenzialmente dalle variazioni di concentrazione che l'acido subisce nell'interno delle piastre stesse.

Come è noto, le variazioni di concentrazione sono assai più cospicue alle piastre positive che non alle negative, perciò anche le variazioni di resistenza al contatto tra la piastra positiva e l'acido debbono risultare assai più importanti.

Nelle esperienze precedenti si è visto come alla caduta rapida di tensione corrisponde in generale un aumento rapido di resistenza: ciò proviene dal fatto che le positive da noi adoperate presentavano una capacità minore delle negative, per cui sono esse ad impartire il proprio comportamento alla resistenza complessiva. Infatti in una esperienza, in cui casualmente la negativa possedeva capacità minore, si riscontrò che la caduta rapida di tensione non fu accompagnata che da un debole aumento di resistenza. Precisamente — la intensità essendo di 0,25 A — alla tensione di $V = 1{,}66$ la resistenza presentava il valore di $r_1 = 0{,}172$, quindi, la tensione essendo caduta a zero, la resistenza, anzichè presentare il solito brusco aumento, si mantenne a 0,178 ohm appena.

Abbiamo pertanto ritenuto interessante eseguire, a conferma delle nostre conclusioni anteriori, una serie di esperienze per misurare separatamente l'influenza delle due piastre.

DISPOSITIVO SPERIMENTALE.

Abbiamo scartato a priori l'impiego di qualunque elettrodo ausiliare, per non introdurre nei risultati incertezze relative a quest'ultimo, come aveva fatto Haagn (cfr. nota I), il quale si era valso di un elettrodo di zinco amalgamato e non era perciò riuscito a ottenere risultati attendibili.

(1) Cfr. questa Rivista, 1931, N. 2.

Allo scopo sono stati adottati due dispositivi diversi, atti a permettere la misura della resistenza fra due piastre omonime di accumulatore.

Il più semplice di tali dispositivi consiste nel porre nella stessa cella 2 lastre positive P_1 e P_2, e due lastre negative N_1 e N_2, chiudendo i circuiti di scarica e carica come si vede nella fig. 1.

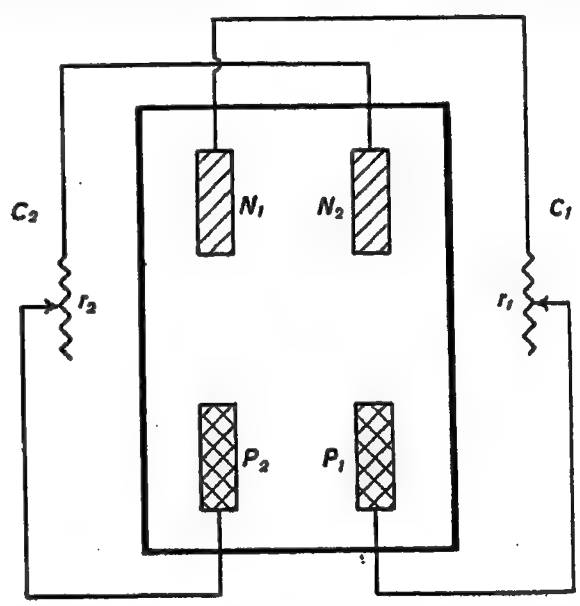


Fig. 1. - Disposizione delle piastre di accumulatore per la misura delle variazioni di resistenza alle singole piastre.

N_1, N_2 = piastre negative — C_1 = circuito alimentato da N_1–P_1
P_1, P_2 = piastre positive — C_2 = » » » N_2–P_2

Come già era stato fatto nelle misure della resistenza complessiva di cui nella nota precedente (1), la cella contiene un gran volume di elettrolita, mantenuto analogamente in continua circolazione. La resistenza viene misurata ai morsetti tra due lastre omonime affacciate: in tali condizioni alla conducibilità del circuito costituito dalle due piastre e dall'acido interposto viene in realtà a sommarsi anche la conducibilità dei vari circuiti derivati. Risulta assai complesso tenere conto esatto dell'influenza di questi ultimi, perchè l'acido è comune. Ci è però sembrato possibile schematizzare idealmente il circuito secondo la fig. 2, imaginando l'acido come una resistenza che unisce i centri dei tratti compresi tra le coppie di piastre omonime.

Lo schema sarebbe ancor più evidente qualora si fossero separate in due celle distinte le piastre positive e negative, effettuando quindi la connessione mediante una coppia di piastre identiche, immerse rispettivamente nell'una e nell'altra cella.

Analogamente a quanto si è visto per il circuito precedentemente descritto (vedi nota I), risulta allora una disposizione a « ponte », per cui, se le piastre sono identiche e simmetrica-

(1) Cfr. questa Rivista, 1931, N. 2.

mente disposte, il ponte risulta equilibrato, e la misura della resistenza tra i due vertici opposti, come E e D, fornisce il valore della resistenza complessiva dei due circuiti in derivazione costituiti dai lati del ponte, mentre non deve venir influenzata dalla resistenza dell'altra diagonale come $C\,B$.

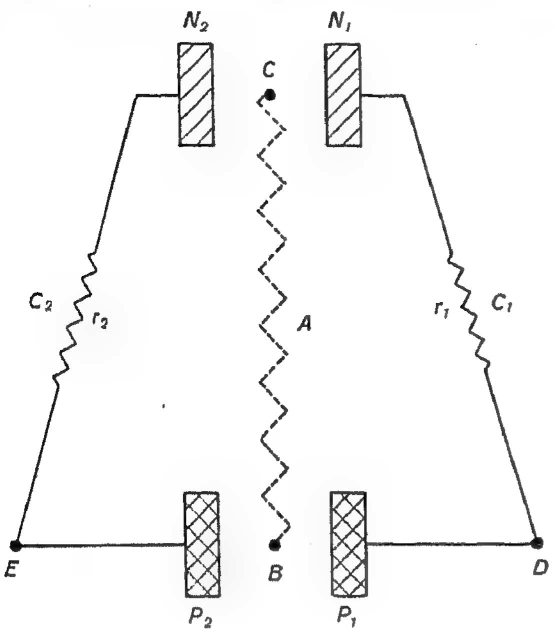


Fig. 2. - Disposizione ideale « a ponte » dei circuiti nella misura delle variazioni di resistenza delle singole piastre.

N_1, N_2	= piastre negative	A	= resistenza liquido, comune ai due circuiti
P_1, P_2	= » positive	B, C	= vertici opposti ideali del quadrilat.
C_1	= circuito di resistenza e_1/i_1	E, D	= vertici opposti fra cui si misura la resistenza R
C_1	= » » » e_2/i_2		

Il calcolo si può allora eseguire immediatamente, poichè se M è la lettura fatta, (M^+ ai morsetti delle due piastre positive, M^- ai morsetti delle negative), r_1 e r_2 le resistenze dei circuiti C_1 e C_2 di scarica o carica dei due accumulatori, l la resistenza del liquido e p la resistenza al passaggio tra una piastra e il liquido (p^+ per le positive e p^- per le negative):

$$\frac{1}{M\pm} = \frac{1}{2\,p\pm\, + l} + \frac{1}{r_1 + r_2 + (2\,p\mp\, + l)} \qquad [1]$$

In corso di carica invece i circuiti C_1 e C_2 venivano alimentati con una batteria di 48 elementi di accumulatore in serie ad una grande resistenza, per cui la loro influenza risultava del tutto trascurabile, e quindi con grande approssimazione:

$$M\pm\, = 2\,p\pm\, + l$$

relazione quest'ultima che si verifica rigorosamente a « circuito aperto » quando i circuiti derivati vengono a mancare.

In corso di scarica i valori di r_1 e r_2 si potevano calcolare con sufficiente approssimazione dalle intensità di corrente erogate (rispettivamente i_1 e i_2), misurando le tensioni (e_1 e e_2) ai capi, perchè evidentemente

$$r_1 = \frac{e_1}{i_1} \quad ; \quad r_2 = \frac{e_2}{i_2}$$

La tensione veniva infatti sempre misurata contemporaneamente alla resistenza, valendosi del dispositivo potenziometrico indicato nello schema dalla fig. 3.

È però praticamente impossibile mantenere sempre equilibrati i due circuiti, specialmente in fine di scarica; d'altra parte la diagonale $C\,B$ era costituita dell'acido e quindi di resistenza relativamente piccola, perciò in tali condizioni essa doveva influire forzatamente sulla misura, abbassando i valori calcolati di p al disotto del reale. Inoltre, per ovvie ragioni di semplicità, nel calcolo della resistenza p mediante la formula [1] noi abbiamo sostituito nel secondo termine correttivo a $(2\,p\mp\, + l)$ i valori $M\mp$, misurati tra i morsetti delle piastre corrispondenti (valori che erano determinati praticamente nel medesimo istante, poichè il dispositivo permetteva letture immediatamente successive alle piastre positive e alle piastre negative (cfr. fig. 3)). Ora in realtà il valore $M\mp$ misurato direttamente, senza correzione, risulta inferiore al valore reale di $(2\,p\mp\, + l)$: per conseguenza, in conclusione, tutte le cause elencate concorrono nello stesso senso e i valori riferiti devono risultare alquanto errati per difetto: *in ogni caso non superiori al vero*. In fine di scarica essi erano poi certamente inferiori, come lo dimostra il fatto che *subito* dopo interruzione del circuito di scarica — quando cioè veniva a mancare ogni possibilità di influenza dei circuiti derivati — la misura forniva valori di resistenza anche superiori, mentre per il fenomeno di « ristabilimento » essi avrebbero dovuto piuttosto risultare diminuiti (La considerazione è confermata dalle misure eseguite col dispositivo che verrà descritto nella parte III del lavoro).

I numeri dati presentano perciò ad ogni modo pieno carattere dimostrativo rispetto ai forti aumenti di resistenza che si verificano alle piastre positive; tanto più che analogo errore si ritrova sia nella misura alle piastre positive come alle negative, per cui è possibile comparare le due serie di valori.

Il montaggio completo quale venne realizzato sperimentalmente è raffigurato nello schema della fig. 3.

Le linee in grassetto corrispondono al circuito principale di scarica e di carica (durante quest'ultima venivano inserite, come si è detto, le batterie B, invertendo la polarità dell'amperometro A).

A sinistra trovasi il dispositivo di misura della resistenza — già descritto nella nota precedente —: il commutatore $a\ a_1\ a_2$ permette con semplice manovra di inserire nel ponte i capi delle due piastre positive o delle due piastre negative, e quindi di eseguire le due misure praticamente in modo contemporaneo.

A destra trovasi invece il dispositivo potenziometrico: il sistema di pozzetti indicato permette di determinare la differenza di potenziale esistente fra ciascuna delle quattro piastre e l'elettrodo campione — costituito, come al solito, da un elettrodo a mercurio e solfato mercuroso in acido

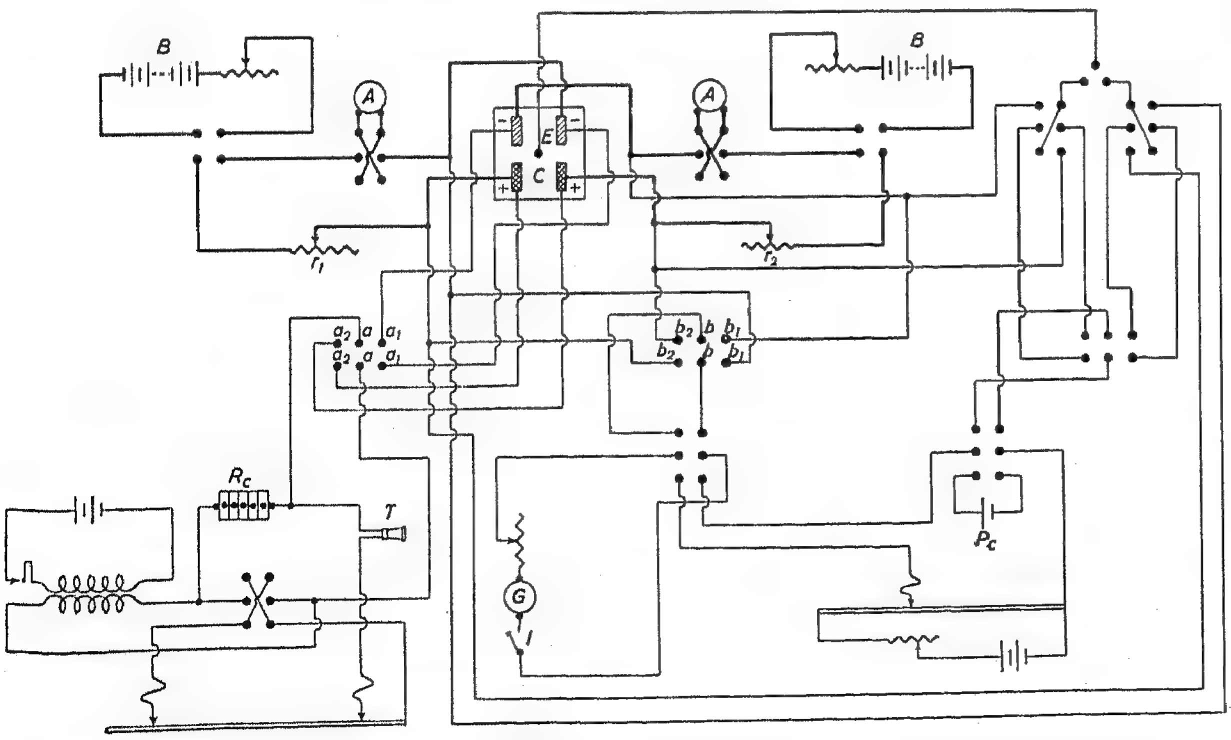


Fig. 3. - Schema generale dei circuiti per la misura delle variazioni di resistenza e di potenziale alle singole piastre di un accumulatore ai vari regimi di scarica e di carica.

A	= amperometri dei circuiti di carica e scarica	I	= interruttore a tasto
B	= batterie, da 96 V ciasc., per la carica	P_c	= pila campione
C	= cella	R_c	= resistenza campione
E	= elettrodo a solfato di mercurio	T	= telefono
G	= galvanometro di zero		

solforico normale —, il cui sifone pesca nel centro della vaschetta. In tal modo le misure effettuate comprendono in realtà anche la differenza di potenziale — dovuta alla « caduta ohmica » — esistente tra il punto dove si trova il sifone dell'elettrodo campione e la superficie della piastra.

Tuttavia, finchè l'intensità della corrente viene mantenuta costante, anche la caduta ohmica rimane inalterata (poichè il liquido non subisce variazioni apprezzabili) e quindi non può influire sull'andamento delle curve ottenute.

Il commutatore $b\ b_1\ b_2$ permette di controllare mediante il galvanometro G se le piastre omonime trovansi allo stesso potenziale (e cioè se i due circuiti di scarica o di carica sono equilibrati). D'altra parte il galvanometro G può servire sia per lo scopo ora detto, sia come rivelatore di zero al potenziometro, mediante il commutatore apposito che permette l'inserzione voluta.

Ad evitare poi l'errore che proviene dalla bassa resistenza dei circuiti di scarica per le difficoltà di mantenere equilibrato il ponte, in un secondo dispositivo abbiamo messo in serie anche durante la scarica una grande batteria di 48 elementi, allo scopo di conservare sempre una forte resistenza nei circuiti. Le piastre studiate si comportano allora come elettrodi di una cella elettrolitica, attraversati da una data corrente, erogata dagli accumulatori posti in serie (i quali ultimi posseggono una molto maggiore capacità). Prolungando quindi l'esperienza, le piastre possono anche « invertire » la loro polarità: perciò il dispositivo si è prestato assai bene per studiare essenzialmente il comportamento delle piastre in formazione.

È infatti noto come la formazione venga eseguita talora per inversione: Plantè ricorreva ad una successione di « inversioni », atte a far penetrare maggiormente la formazione di « materia attiva » nell'elettrodo; del resto anche nella preparazione di una piastra positiva con pasta costituita da sale di piombo ridotto, oppure nella formazione elettrochimica accelerata di una piastra negativa, si deve invertire la polarità della piastra di segno contrario ottenuta in un primo tempo.

Noi riferiremo pertanto queste ultime esperienze nella Nota III del lavoro, riservandoci ora di esaminare il comportamento delle singole piastre, quando esse conservano una determinata polarità, come si deduce dai risultati ottenuti con ambedue i dispositivi predetti, i quali concordano del resto pienamente nelle conclusioni generali alle quali essi portano.

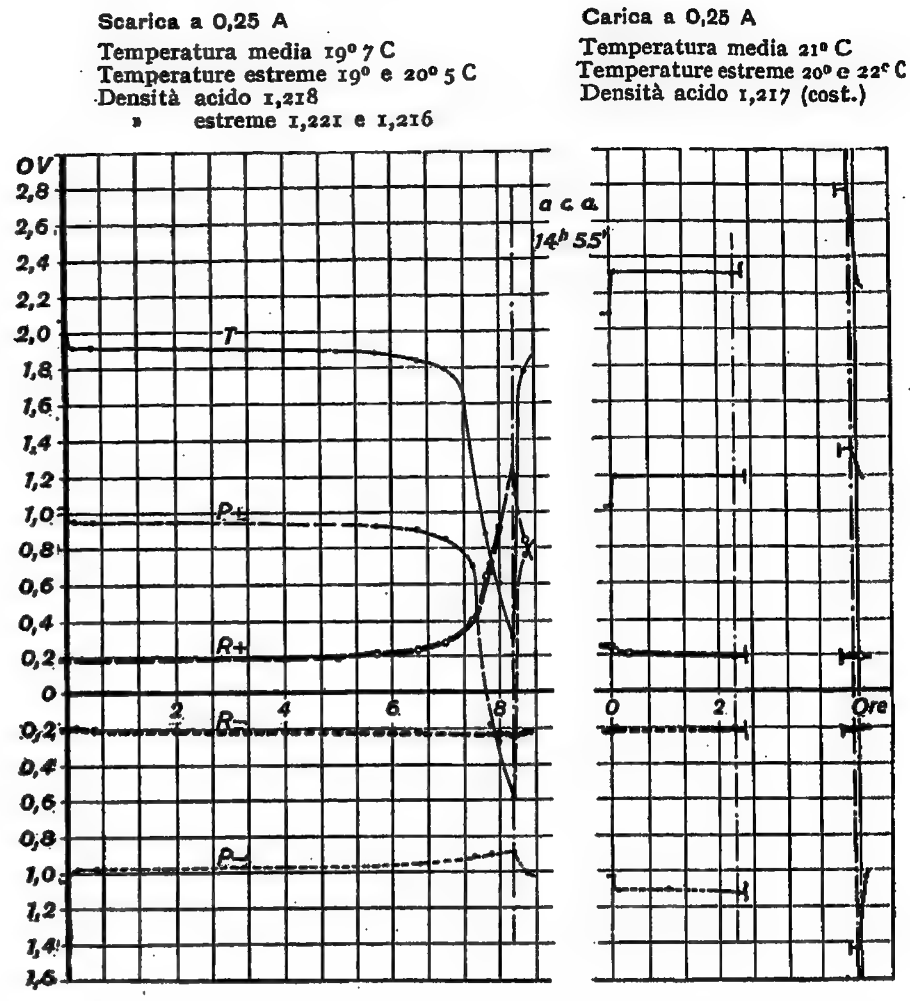


Fig. 5. - Variazioni di tensione e di resistenza alle singole piastre di un accumulatore Qt assoggettato a scarica e carica al regime di 0,25 A.

T = Tensione ai morsetti
$P+$ = Potenziale piastre + rispetto all'elettrodo Hg, Hg_2SO_4 H_2SO_4 $N/1$
$P-$ = Potenziale piastre — rispetto all'elettrodo Hg, Hg_2SO_4 H_2SO_4 $N/1$
$R+$ = Resistenza alle piastre + $(2p^+ + l)$
$R-$ = » » » $-(2p^- + l)$

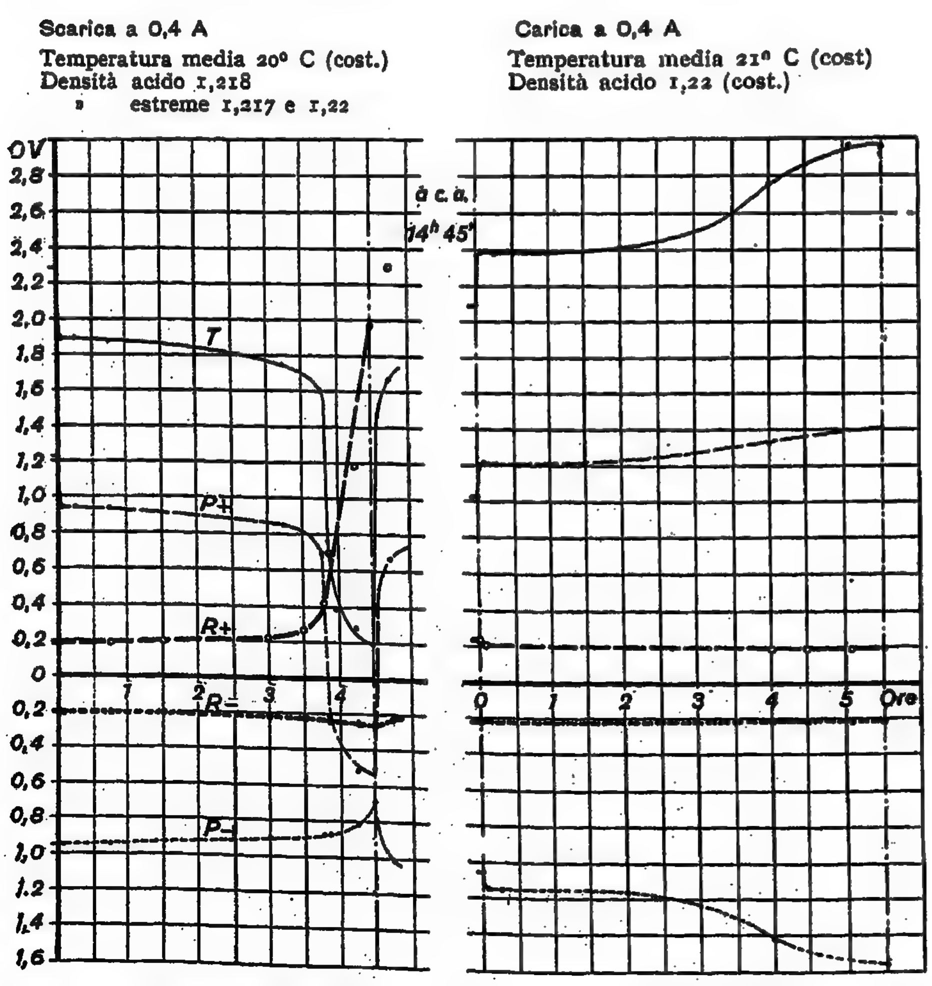


Fig. 4. - Variazioni di tensione e di resistenza alle singole piastre di un accumulatore Qt assoggettato a scarica e carica al regime di 0,4 A.

T Tensione ai morsetti
$P+$ = Potenziale piastre + rispetto all'elettrodo Hg, Hg_2SO_4 H_2SO_4 $N/1$
$P-$ = Potenziale piastre — rispetto all'elettrodo Hg, Hg_2SO_4 H_2SO_4 $N/1$.
$R+$ = Resistenza alle piastre + $(2p^+ + l)$
$R-$ = » » » $-(2p^- + l)$

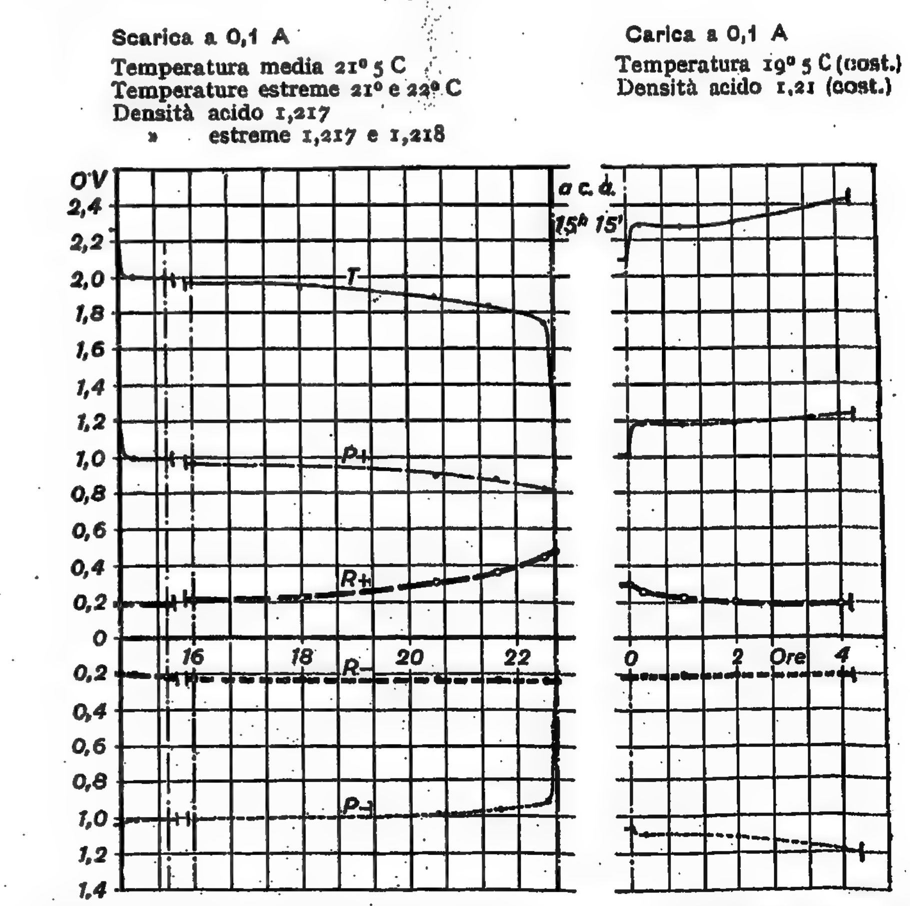


Fig. 6. - Variazioni di tensione e di resistenza alle singole piastre di un accumulatore Qt assoggettato a scarica e carica al regime di 0,1 A

T = Tensione ai morsetti
$P+$ = Potenziale piastre + rispetto all'elettrodo Hg, Hg_2SO_4 H_2SO_4 $N/1$
$P-$ = Potenziale piastre — rispetto all'elettrodo Hg, Hg_2SO_4 H_2SO_4 $N/1$
$R+$ = Resistenza alle piastre + $(2p^+ + l)$
$R-$ = » » » $-(2p^- + l)$

ESPERIENZE ESEGUITE.

Le piastre usate nelle esperienze sono del tipo *Qt* Tudor, a ossidi riportati, aventi le dimensioni di mm 43 × 43 × 5, e cioè 18,5 cm^2 di superficie attiva per faccia, come quelle che hanno servito nelle prime ricerche, di cui alla nota precedente.

Esse sono state al solito assoggettate a vari regimi di scarica e di carica: alla scarica si è sempre fatta seguire la carica ad uguale intensità di corrente.

Riportiamo qui alcuni diagrammi ottenuti a regimi diversi (figg. 4, 5, 6) i quali ci sembrano rappresentare in modo evidente l'andamento del fenomeno. Nei diagrammi le curve al disopra dell'asse dei tempi riguardano le piastre positive, al disotto le piastre negative. I valori delle resistenze sono riferite alle due piastre *Qt* affacciate (corrispondono cioè a quelli che abbiamo indicato con $2p\mp + l$), e quindi vanno moltiplicati per la superficie attiva e divisi per due, qualora si voglia trasformarli in ohm per cm^2 di piastra singola.

I valori dei potenziali e della tensione ai morsetti sono stati calcolati come medie dei due valori corrispondenti misurati. L'intensità della corrente è sempre riferita a un elemento. A maggior chiarezza riportiamo in tabelle alcuni valori sperimentali caratteristici, scelti fra quelli che ci hanno servito per tracciare i diagrammi.

carica e alla maggior influenza della concentrazione dell'acido sul potenziale della positiva, mentre d'altra parte vi è la possibilità di un difetto di joni Pb^{++} provenienti dal solfato, la cui concentrazione si può essere ridotta al disotto del valore di saturazione alla fine della carica.

Ad ogni modo il valore del potenziale misurato dipende dal tempo intercorso dopo la fine della carica.

Iniziando la scarica si riscontra al solito un primo rapido abbassamento di tensione.

Nelle esperienze da noi eseguite non vennero avvertiti in generale notevoli « colpi di frusta ».

Tuttavia per es. in una scarica a 0,4 Ampère la tensione della positiva è caduta in 5' da 1,146 a 0,948 V, poi si è rialzata dopo 15' a 0,964, per mantenersi quindi costante durante oltre 1h 30'. In corrispondenza la tensione delle negative (passata da 1,05 V a circuito aperto, a 0,952 dopo 5') ha dimostrato un colpo di frusta assai minore, rialzandosi soltanto a 0,957.

Presumibilmente in ogni caso il colpo di frusta è dovuto in modo preponderante alle lastre positive (alle quali debbono essenzialmente verificarsi i fenomeni di squilibrio nella saturazione del $Pb\,SO_4$).

Il primo abbassamento di tensione non è accompagnato da sensibili variazioni di resistenza.

Infatti la prima brusca variazione di concentrazione dell'acido

TABELLA N. 1.

Intensità di corrente 0.4 A

Temperatura media: durante la scarica 20° C (cost.); durante la carica 21° C (cost.)

Densità acido: durante la scarica 1,218 (estr. 1,22 - 1,217); durante la carica 1,22 (cost.)

Tempi	Tensione ai morsetti		Piastre +				Piastre —				Annotazioni
	Elemento 1°	Elemento 2°	potenziale rispetto Hg. Hg_2SO_4 . H_2SO_4 N/1. 1°	potenziale rispetto Hg. Hg_2SO_4 . H_2SO_4 N/1. 2°	resistenza $2p^+ + l$	variazioni di resistenza rispetto al valore iniziale	potenziale rispetto Hg. Hg_2SO_4 . H_2SO_4 N/1. 1°	potenziale rispetto Hg. Hg_2SO_4 . H_2SO_4 N/1. 2°	resistenza $2p^- + l$	variazioni di resistenza rispetto al valore iniziale	
a c. a.	2,28	2,28	1,230	1,230	0,1850	—	— 1,045	— 1,045	0,205	—	a circuito aperto
5'	1,885	1,890	0,940	0,932	0,188	0,003	— 0,947	— 0,954	0,210	0,005	*in corso di scarica*
45'	1,882	1,878	0,936	0,924	0,189	0,004	— 0,944	— 0,949	0,210	0,005	
1^h 30'	1,862	1,856	0,920	0,911	0,194	0,009	— 0,936	— 0,941	0,215	0,010	
3^h	1,786	1,768	0,880	0,862	0,226	0,041	— 0,902	— 0,889	0,225	0,020	
3^h 30'	1,720	1,686			0,268	0,083			0,233	0,028	
3^h 45'	1,645	1,572	0,752	0,656	0,444	0,259	— 0,895	— 0,864	0,236	0,031	
3^h 50'	1,012	0,530	0,118	— 0,328	0,705	0,520	— 0,894	— 0,858	0,241	0,036	
4^h —	0,376	0,330			0,880	0,695			0,250	0,045	
4^h 15'	0,328	0,250	— 0,528	— 0,510	1,190	1,005	— 0,856	— 0,760	0,252	0,047	
4^h 30'	0,230	0,132	— 0,620	— 0,382	1,970	1,785	— 0,850	— 0,514	0,255	0,050	la scarica viene interrotta
a c. a.	2,092	2,092	1,035	1,035	0,2350	0,0500	— 1,054	— 1,054	0,215	0,010	dopo 14h 45' dall' interruzione della scarica
5'	2,390	2,388	1,218	1,229	0,2050	0,0200	— 1,149	— 1,143	0,210	0,005	*in corso di carica*
30'	2,373	2,375	1,210	1,220	0,1950	0,0100	— 1,154	— 1,146	0,205	0	
1^h	2,388	2,388			0,1950	0,0100			0,205	0	

DISCUSSIONE DEI RISULTATI.

Le piastre positive dopo la carica accusano un potenziale notevolmente maggiore del normale — per es. fino a 1,28 V (rispetto all'elettrodo campione *Hg-Hg₂ SO₄-H₂ SO₄ N/1*), invece di 1,03 circa — e per un tempo più lungo che le lastre negative. Questo si spiega in modo soddisfacente, pensando alla maggiore concentrazione dell'acido accumulatosi durante la

che impregna le piastre interessa la regione di massima conducibilità e quindi non può ripercuotersi sensibilmente sulla resistenza alle piastre; talora anzi, come già si è fatto notare nella nota precedente, quando la scarica viene iniziata dopo breve tempo dalla fine della carica, l'acido è ancora molto concentrato nell'interno della piastra, al disopra del punto di massima conducibilità: la tensione per conseguenza è molto alta e subisce un brusco salto nei primi minuti di erogazione, la resi-

TABELLA N. 2.

Intensità di corrente 0.25 A

Temperatura media: durante la scarica 19°,7 C (estr. 19°-20°,5 C); durante la carica 21° (estr. 20°-22° C.)

Densità acido: durante la scarica 1,218 (estr. 1,221 - 1,216); durante la carica 1,217 (cost.)

Tempi	Tensione ai morsetti		Piastre +				Piastre —				Annotazioni
	Elemento 1°	Elemento 2°	potenziale rispetto Hg. $Hg_2SO_4 . H_2SO_4$ N/1. 1°	2°	resistenza $2p^+ + l$	variazioni di resistenza rispetto al valore iniziale	potenziale rispetto Hg. $Hg_2SO_4 . H_2SO_4$ N/1. 1°	2°	resistenza $2p^- + l$	variazioni di resistenza rispetto al valore iniziale	
a. c. a.	2,072	2,072	1,030	1,03	0,180	—	— 1,046	— 1,044	0,200	—	a circuito aperto
30'	1,927	1,932	0,9535	0,954	0,183	0,003	— 0,972	— 0,979	0,203	0,003	*in corso di scarica*
2h —	1,924	1,924	0,956	0,948	0,188	0,008	— 0,974	— 0,978	0,208	0,008	
4h —	1,904	1,904	0,937	0,940	0,193	0,013	— 0,962	— 0,968	0,216	0,016	
5h 45'	1,884	1,878	0,926	0,922	0,214	0,034	— 0,962	— 0,960	0,223	0,023	
6h 30'	1,848	1,834	0,902	0,896	0,241	0,061	— 0,951	— 0,944	0,223	0,023	
7h —	1,818	1,784		0,750	0,288	0,108		— 0,925	0,229	0,029	
7h 30'	1,700	1,528	0,766	0,634	0,402	0,222	— 0,936	— 0,894	0,230	0,030	
7h 45'	0,925	0,835			0,654	0,474			0,232	0,032	
a. c. a.	2,088	2,086	1,030	1,032	0,245	0,065	— 1,056	— 1,036	0,215	0,0150	dopo 14h 55' dall' interruzione dalla scarica
5'	2,316	2,311	1,192	1,196	0,225	0,045	— 1,110	— 1,102	0,208	0,0080	*in corso di carica*
20'	2,310	2,304	1,200	1,190	0,205	0,025	— 1,110	— 1,106	0,205	0,0050	
1h 20'	2,310	2,300	1,190	1,182	0,195	0,015	— 1,120	— 1,116	0,205	0,0050	

TABELLA N. 3.

Intensità di corrente 0.1 A

Temperatura media: durante la scarica 21°,5 C (estr. 21° - 22° C); durante la carica 19°,5 C (cost.)

Densità acido: durante la scarica 1,217 (estr. 1,217 - 1,218); durante la carica 1,22 (cost.)

Tempi	Tensione ai morsetti		Piastre +				Piastre —				Annotazioni
	Elemento 1°	Elemento 2°	potenziale rispetto Hg. $Hg_2SO_4 . H_2SO_4$ N/1. 1°	2°	resistenza $2p^+ + l$	variazioni di resistenza rispetto al valore iniziale	potenziale rispetto Hg. $Hg_2SO_4 . H_2SO_4$ N/1. 1°	2°	resistenza $2p^- + l$	variazioni di resistenza rispetto al valore iniziale	
a. c. a.	2,264	2,258	1,218	1,212	0,180	—	— 1,042	— 1,044	0,200	—	a circuito aperto
15'	2,005	2,011	0,998	1,002	0,181	0,001	— 1,005	— 1,008	0,201	0,001	*in corso di scarica*
16h —	1,970	1,964	0,970	0,968	0,208	0,028	— 1,—	— 0,996	0,231	0,031	
18h —	1,954	1,938			0,237	0,057			0,231	0,031	
20h 30'	1,911	1,862	0,908	0,908	0,318	0,138	— 0,999	— 0,958	0,231	0,031	
21h 30'	1,884	1,803	0,882	0,878	0,365	0,185	— 0,994	— 0,924	0,236	0,036	
22h 30'	1,850	1,648	0,854	0,810	0,452	0,272	— 0,992	— 0,834	0,237	0,037	
22h 50'	1,828	0,062	0,832	0,868	0,480	0,300	— 0,996	+ 0,810	0,238	0,038	
a. c. a.	2,105	2,107	1,035	1,035	0,300	0,120	— 1,068	— 1,070	0,225	0,025	dopo 15h 15' dall' interruzione della scarica
15'	2,290	2,290	1,193	1,190	0,260	0,080	— 1,095	— 1,094	0,210	0,010	*in corso di carica*
1h —	2,288	2,287	1,182	1,180	0,235	0,055	— 1,106	— 1,102	0,208	0,008	
2h —	2,305	2,300	1,186	1,181	0,205	0,025	— 1,118	— 1,119	0,205	0,005	

stenza accusa in corrispondenza una leggera diminuzione. Quindi al procedere della scarica la tensione va diminuendo regolarmente, mentre la resistenza aumenta gradualmente.

Comparando le variazioni che si verificano alle piastre positive e alle piastre negative, si nota in modo evidente come esse si mantengono piccole e press'a poco uguali in un primo periodo di scarica, durante il quale esse devono venire attribuite presumibilmente soltanto alla formazione di solfato, il quale restringe la sezione *libera* dei pori pieni di acido, senza alterare ancora sensibilmente la superficie di contatto della materia attiva. Infatti non risulta ancora apprezzabile il fenomeno di «ristabilimento» della resistenza — ciò che dimostra come la diffusione dell'acido non ha ancora assunto importanza nel fenomeno — mentre l'uguaglianza degli incrementi per le due piastre sembra escludere un'intervento specifico della materia attiva, per il quale dovrebbe rendersi manifesta la differenza delle conducibilità, come viene messo in evidenza in seguito.

La durata del periodo anzidetto dipende, come è prevedibile, dalla intensità di corrente, e risulta maggiore ai regimi più deboli, per i quali il consumo dell'acido avviene più lentamente, la diluizione dell'acido è più ridotta, e quindi ritarda a far sentire la propria azione anche dopo erogata una maggior quantità di elettricità.

Procedendo infatti la scarica, l'aumento di resistenza va accentuandosi alla lastra positiva, sopratutto per intensità di corrente più forti, quando la diluizione dell'acido assume influenza preponderante.

La relazione esistente tra aumento di resistenza e intensità di corrente, in corrispondenza al numero di Ah erogati è stata messa in evidenza nel diagramma costruito con dati approssimativi desunti da numerose esperienze eseguite (fig. 7).

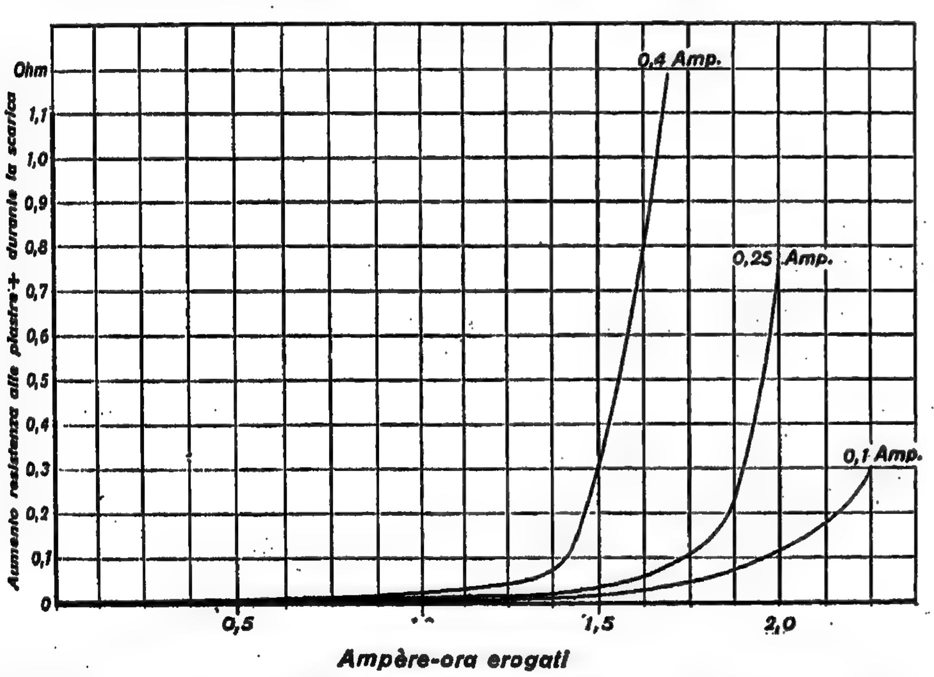


Fig. 7. - Influenza degli Ah erogati, in relazione ai vari regimi di scarica, sulle variazioni di resistenza alle piastre positive di un accumulatore a piombo.

La differenza di comportamento tra le due piastre si accentua ulteriormente quando la tensione comincia a precipitare, perchè allora la resistenza aumenta rapidamente per le piastre positive, mentre varia di poco per la negativa, pur in corrispondenza ad uguali variazioni nel potenziale. Così ad es. scaricando al regime di 0,1 *A*, in corrispondenza al «gomito» della tensione, si riscontra alla piastra positiva, in due ore, un aumento di resistenza pari a quasi due volte quello verificatosi nelle precedenti 18 ore di scarica, mentre alle piastre negative non si hanno variazioni notevoli, neppure in fine di scarica, quando il potenziale è caduto fino a invertirsi.

In corrispondenza degli aumenti maggiori di resistenza si verifica il fenomeno di ristabilimento, che già abbiamo ripetutamente descritto. Con il metodo di misura qui adottato, causa i forti errori per difetto — dovuti ai circuiti derivati — che si accentuano in fine di scarica come si è detto dianzi, interrompendo il circuito si può notare un immediato aumento nel valore letto, dovuto alla eliminazione delle cause di errore suddette; ma il fenomeno di ristabilimento si rivela pur sempre, perchè la resistenza riprende successivamente durante il riposo valori assai più bassi.

Talora però, per scariche fortemente spinte, si riscontra, a circuito aperto, in un primo periodo di tempo un aumento, anzichè una diminuzione, di resistenza, che crediamo debba attribuirsi all'azione di «coppie locali» e alla solfatazione di ossidi (idrati) formatisi sotto le basse tensioni finali (in corrispondenza al «gradino», già notato nella nota precedente).

Così nella scarica a 0,4 A — cui si riferiscono la tabella 1 e il diagramma della fig. 4 —, quando la tensione delle positive è caduta per l'una fino a —0,38 e per l'altra a — 0,62 V, la resistenza misurata è stata 1,97 ohm: dopo 15' di interruzione la tensione si è ristabilita a + 0,694 per l'una e a + 0,654 per l'altra, ma la resistenza tuttavia è cresciuta ulteriormente a 2,3 ohm. In altro esempio a 0,25 A la resistenza è cresciuta dopo 20' dalla interruzione della scarica da 1,5 a 2.3 ohm mentre il potenziale si è ristabilito da — 0,40 a + 0.77 V. In altre esperienze invece si osserva una immediata diminuzione di resistenza.

Il fenomeno di ristabilimento, essendo in relazione con le variazioni di concentrazione dell'acido, risulta ovviamente assai più importante per le piastre positive e quando si è avuto un grande aumento di resistenza.

La resistenza alle piastre positive però, anche dopo lungo riposo, permane pur sempre — rispetto al valore iniziale prima della scarica — alquanto superiore a quella della lastra negativa.

L'eccesso di resistenza, che le lastre positive dimostrano ancora — per es. dopo lungo riposo a fine scarica — cresce al diminuire della intensità di corrente, nonostante i minori valori raggiunti invece alla fine della scarica.

Infatti questi ultimi dipendono essenzialmente dalla diluizione dell'acido che è molto più sentita alle grandi intensità; mentre i valori ristabiliti dipendono dal restringimento della sezione di contatto tra materia attiva ed elettrolita e quindi dalla quantità di solfato formatosi in profondità.

Il fenomeno appare chiaramente anche dai diagrammi e dalle tabelle riportate, dove la resistenza alle piastre positive misurata all'inizio della scarica risulta sempre poco diversa da 0,18 ohm, mentre all'inizio della carica, dopo circa 15 ore di riposo, si trovano i valori: 0,3; 0,245; 0,235 ohm, rispettivamente per i regimi di 0,1; 0,25; 0,4 A.

Anche le piastre negative conservano dopo ristabilimento un lieve eccesso di resistenza, il quale pure risulta maggiore alle intensità più deboli, ma è circa cinque volte più piccolo del corrispondente per le piastre positive. Esso risulta dello stesso ordine dell'aumento di resistenza che si ha, sia alle piastre negative come alle piastre positive, durante il primo periodo di scarica, durante il quale le piastre di segno contrario non si differenziano ancora sensibilmente.

Così nelle scariche citate più sopra, mentre la resistenza delle positive è cresciuta rispettivamente di 0,12; 0,065; 0,05 ohm, la resistenza delle negative accusa soltanto un aumento di 0,025; 0,015; 0,01 ohm.

In altri casi analoghi si trova ad es.: alla fine di una scarica — eseguita al regime di 0,25 A — una variazione di 0,58 ohm nella resistenza alla positiva e 0,06 ohm alle negative e, dopo 14 h 15' di riposo, ancora 0,07 ohm di aumento alle positive, 0,015 ohm alle negative; in una scarica a 0,4 A si sono raggiunti alle positive valori di resistenze superiori perfino di 1,32 ohm ai valori iniziali, ma dopo 21 ore di intervallo gli aumenti riscontrati si sono ridotti a 0,055 ohm per le positive e 0,01 ohm per le negative; e così via.

D'altra parte in altre esperienze per le quali abbiamo sottoposto le piastre alla carica a breve distanza dalla scarica, il confronto si può fare piuttosto tra i valori ai quali le resistenze cadono nei primi minuti di carica, perchè la formazione del-

l'acido per effetto della carica nell'interno della piastra equivale in certo qual modo a un «ristabilimento» accelerato.

Del resto anche quando le piastre non erano ancora completamente esaurite, l'interruzione della scarica poteva già provocare, come si è detto, il fenomeno del ristabilimento, la resistenza delle due piastre riabbassandosi verso i valori iniziali: anche in queste condizioni la piastra positiva conservava dopo lungo riposo un aumento residuo di resistenza, superiore a quello corrispondente della negativa e pressochè nello stesso rapporto, come alla fine della scarica, nei casi citati dianzi.

Per esempio interrompendo una scarica a 0,25 A, dopo 7h 30', la resistenza delle positive si ristabilisce in 16 ore da 0,27 a 0,213 ohm, quella delle negative da 0,21 a 0,205, conservando la prima un aumento di 0,043 ohm, la seconda di 0,015 circa. In un'altra esperienza a 0,4 A, l'interruzione della scarica dopo 4 h, ha portato in 15 ore un abbassamento della resistenza alle positive da 0,24 a 0,20 ohm, alle negative da 0,22 a 0,205, gli eccessi di resistenza che permangono rispetto al valore iniziale essendo rispettivamente 0,025 e 0,005 ohm.

Il comportamento generale ora descritto delle singole piastre assoggettate a scarica, si può spiegare in modo assai soddisfacente considerando come si producono le variazioni nella concentrazione dell'acido che impregna le piastre: la diluizione risulta infatti molto intensa alle correnti più forti e quindi la resistenza sale a valori molto alti, ma la capacità della piastra si presenta minore, il solfato formatosi in ragione delle quantità di elettricità erogate risulta in quantità più piccola; inoltre il processo ha interessato essenzialmente soltanto le parti più superficiali, perciò la diffusione dell'acido a riposo avviene in modo relativamente rapido e facile, e il solfato presente ostacola in piccola misura il buon contatto tra materia attiva ed elettrolita: per conseguenza la resistenza si «ristabilisce» in generale con relativa prontezza (1) a un valore poco superiore all'iniziale. Al contrario per intensità di corrente più deboli la capacità delle piastre è maggiore, perchè la diluizione avviene lentamente, ma interessa le parti più profonde: il solfato si forma in quantità maggiore e quindi riesce di ostacolo alla penetrazione dell'acido e al «ristabilimento» della resistenza, la quale conserva perciò valori più alti.

D'altra parte la quantità di solfato formatosi alle due piastre positiva e negativa risulta la stessa, ma alla piastra positiva la diluizione dell'acido, come si è più volte ricordato, è notevolmente più importante, sia per effetto della formazione di acqua sia perchè la materia attiva — a parità di tipo di piastre — è meno porosa (2) della negativa; inoltre il biossido di piombo che costituisce la materia attiva positiva è assai meno conduttivo del piombo che si trova alla negativa, perciò ad ugual restringimento della sezione di contatto tra materia attiva e acido nell'interno dei pori della piastra, l'aumento di resistenza risulta accentuato alla positiva.

Quest'ultima considerazione ci sembra possa spiegare anche il rapporto esistente tra gli eccessi di resistenza che permangono alle due piastre dopo 15 ore di riposo. Infatti, accettando i dati del Palmaer (3) il quale attribuisce al biossido di piombo alla temperatura di 0° la conducibilità di $11{,}3 \times 10^5$ (ohm-cm)$^{-1}$, un valore cioè circa uguale a quello del mercurio, si trova che il rapporto tra la conducibilità del piombo e quella del biossido vale all'incirca cinque.

Ora qualora si ammetta che le piastre positive e negative lasciate in riposo dopo la scarica presentino la stessa diminuzione nella superficie di contatto tra materia attiva e elettrolita, il rapporto degli aumenti residui di resistenza deve valere il rapporto inverso delle conducibilità dei conduttori, come precisamente sembra risultare dai dati sperimentali che abbiamo messo in evidenza.

(1) Cfr. dati sperimentali riferiti nella nota precedente.
(2) Cfr. ad es.: Dolezalek: *La Théorie de l'Accumulateur à Plomb.* Béranger, Paris, 1902. Cap. IX.
(3) Desunti dal trattato di Féry, Cheneveau, Paillard: *Piles primaires et accumulateurs.* Baillière, Paris, 1925, pag. 421.

Comportamento delle singole piastre in corso di carica.

La carica procede per ambedue le piastre in modo del tutto analogo a quanto abbiamo già descritto in dettaglio nella nota precedente.

La resistenza diminuisce verso i valori presentati inizialmente prima della scarica, assai rapidamente, sopratutto nel caso dei regimi più intensi.

Infatti in questo ultimo caso l'acido subisce variazioni più rapide di concentrazione, mentre, d'altra parte, come abbiamo già detto, la quantità di solfato formatosi durante la scarica precedente — che è stata effettuata alla stessa intensità di corrente — è più piccola ed è minore l'eccesso di resistenza che permane dopo il «ristabilimento» a riposo.

Le diminuzioni di resistenza che si verificano alle piastre positive e alle negative sembrano mantenersi — almeno in un primo periodo — grossolanamente in un certo rapporto, come gli aumenti residui che permangono dopo il ristabilimento, di cui si è detto la ragione probabile.

Così nelle esperienze — di cui vennero riportati i risultati principali nei diagrammi e nelle tabelle allegate — si sono riscontrati i seguenti abbassamenti di resistenza a partire dall'inizio della carica, rispettivamente alle piastre positive e alle negative:

a 0,4 A: dopo 5', 0,03 e 0,005; dopo 15', 0,035 e 0,008; dopo 1 ora, 0,04 e 0,01

a 0,25 A: dopo 5', 0,02 e 0,007; dopo 20', 0,04 e 0,01; dopo 1h 20', 0,05 e 0,01

a 0,1 A: dopo 15', 0,04 e 0,015; dopo 1h 0,065 e 0,017; dopo 2h, 0,095 e 0,02; dopo 4h, 0,011 e 0,02.

Sembra tuttavia che le negative raggiungano più rapidamente delle positive il valore definitivo della resistenza, almeno quando la carica non segue immediatamente dopo la scarica.

Ad ogni modo, salvo nei casi di «solfatazione» eccezionale, la resistenza scende in tempo relativamente assai breve a valori prossimi a quelli iniziali, dimostrati prima della scarica, senza che il solfato presente abbia potuto ancora trasformarsi tutto. Questo costituisce una riprova dell'influenza principale esercitata dalla concentrazione dell'acido sul valore della resistenza alle piastre: infatti l'acido si riconcentra immediatamente nell'interno delle piastre per effetto della carica; d'altra parte il solfato comincia a trasformarsi presumibilmente nei punti immediatamente prossimi alla materia attiva che porta la corrente elettrica, per conseguenza il contatto tra materia attiva e acido deve ripristinarsi rapidamente e la resistenza corrispondentemente riprende i valori più bassi.

Il potenziale elettrico delle piastre subisce per le consuete ragioni un primo salto all'inizio della carica; dimostra talora un colpo di frusta sopratutto alle piastre positive, dove si ha maggior facilità di squilibrii; e si mantiene quindi quasi costante durante il periodo in cui la resistenza va abbassandosi, probabilmente finchè in immediato contatto con la materia attiva conduttrice si trova del solfato capace di trasformarsi: poi, al procedere della carica, la concentrazione degli joni Pb^{++} provenienti dal solfato sulla superficie attiva va diminuendo, la tensione cresce, mentre la resistenza rimane pressochè inalterata.

Verso la fine della carica tuttavia la resistenza può accusare un leggero aumento: infatti alle piastre positive si può giungere ad una concentrazione eccessiva di acido, oltre il punto di minima resistività, mentre alle lastre negative la formazione di gaz idrogeno per scarica di joni H^+ può forse provocare nuovamente una diminuzione di concentrazione dell'acido. D'altra parte le bolle di gaz che si formano sugli elettrodi possono alla loro volta causare direttamente un aumento di resistenza, come già è stato osservato nella nota precedente. Il volume di gaz idrogeno che si forma alle piastre negative è doppio del volume di ossigeno prodotto dalla stessa quantità di elet-

tricità; inoltre le bolle di idrogeno si sviluppano più grosse e hanno tendenza a accrescersi rimanendo aderenti all'elettrodo. Per questa ragione, si può prevedere che l'aumento di resistenza alla fine della carica deve essere avvertito essenzialmente alle lastre negative, quando la intensità di corrente è maggiore, come effettivamente si verifica sperimentalmente.

Per es. nelle esperienze effettuate al regime di 0,4 o di 0,25 A si osserva normalmente nella resistenza delle negative, quando «bollono», un aumento da 0,005 a 0,01 ohm secondo i casi, il quale scompare immediatamente interrompendo il passaggio della corrente, perchè scompaiono le bolle che lo provocavano.

Corrispondentemente la resistenza alle piastre positive non accusa per lo più variazioni apprezzabili: talora tuttavia si nota una leggera diminuzione durante il riposo che segue la fine della carica — quando questa è stata eseguita a intensità forti — dovuta probabilmente a diffusione dell'acido troppo concentrato.

Così in una carica a 0,4 A la resistenza alle positive si è conservata interrompendo il circuito allo stesso valore che presentava durante il passaggio della corrente, ma dopo 15 ore è scesa di 0,003 ohm (nonostante l'abbassamento di temperatura di 3°, intervenuto nel frattempo).

CONCLUSIONE.

In conclusione le piastre positive e le piastre negative durante il funzionamento dell'accumulatore a piombo si differenziano essenzialmente:

1) perchè le variazioni di concentrazione dell'acido sono molto più importanti alla lastra positiva.

2) perchè la conducibilità della materia attiva alla lastra positiva è circa 5 volte inferiore alla conducibilità della materia attiva negativa.

Per conseguenza le due piastre si comportano press'a poco ugualmente soltanto sul primo periodo di scarica, quindi le variazioni di resistenza si vanno accentuando alle lastre positive, e raggiungono valori assai alti — anche di molti ohm per cm^2 — in corrispondenza all'esaurimento dell'acido nella piastra stessa.

Le piastre negative invece accusano variazioni relativamente piccole dell'ordine appena di alcuni decimi di ohm per cm^2 — anche per scariche spinte sino all'inversione di polarità.

Il riposo dopo scarica provoca il ristabilimento della resistenza, ma la resistenza delle piastre positive permane sempre superiore a quella delle lastre negative.

La carica agisce provocando come un ristabilimento accelerato e riporta rapidamente la resistenza ai valori iniziali. Alla fine della carica lo sviluppo di gaz e le variazioni di concentrazione dell'acido possono portare un leggero aumento nella resistenza, sopratutto alle piastre negative.

Tutti i fenomeni osservati si inquadrano in modo perfetto nella teoria della doppia solfatazione e confermano pienamente le conclusioni discusse nello studio precedente sulle variazioni di resistenza e di tensione che si riscontrano complessivamente tra i due elettrodi durante il funzionamento di un accumulatore a piombo.

ERNESTO DENINA e ARTURO FRATES.

Il quinto Rapporto degli "Electricity Commissioners"

È uscito testè il quinto Rapporto dei « Commissari dell'Elettricità » inglesi, riferentesi al periodo 1° aprile 1929 - 31 marzo 1930. Questo Comitato ha un fine analogo a quello del nostro Consiglio Superiore dei LL. PP. (III Sezione), avendo per principale compito l'esame delle concessioni e la sorveglianza del loro esercizio. Non è da confondersi col « Central Electricity Board » che è l'organo parastatale che sta costruendo la rete di collegamento e risistemando tutta l'industria elettrica.

Il rapporto si inizia rilevando come la crisi che ha colpito le industrie costruttrici e manifatturiere non abbia avuto alcuna influenza sulla produzione complessiva dell'energia. Infatti la vendita nel '29 aumentò del 13% rispetto al '28, ed il primo semestre del '30 segnò sul semestre omologo del '29 un aumento dell'11 %.

L'aumento postbellico della produzione si è verificato tanto per fatto della utenza industriale che di quella domestica: se vi furono oscillazioni sul consumo industriale, quello domestico continuò ad accrescersi ininterrottamente. Ciò è anche dipeso dal grande sviluppo delle applicazioni domestiche, che, secondo il rapporto, hanno rappresentato un « fattore di stabilizzazione dell'incremento continuo dell'industria ».

Considerevole fu il lavoro fatto nell'esercizio '29-'30 per la creazione di nuovi impianti e la sistemazione dei vecchi. Il solo Central Electr. Board ha sottoscritto contratti d'appalto per 380 (trecentottanta) milioni di lire italiane: al 31 marzo '30 aveva preso complessivamente impegni per un miliardo e centosessanta milioni di lire. Queste somme sono state investite quasi esclusivamente nella rete ad alta tensione scozzese, inaugurata nel 1930.

Due questioni appassionarono il pubblico inglese: la pretesa deturpazione dei paesaggi da parte delle linee aeree ad alta tensione e i danni provenienti dal fumo delle grandi centrali. Come sempre avviene, le discussioni sui giornali senza concludere nulla diedero non poca noia a chi stava seriamente lavorando: si era giunti persino a proporre l'interrimento di tutte le linee. Il rapporto ne mette in evidenza l'assurdità.

Per ciò che riguarda il fumo, a Manchester è stata intentata una causa contro l'Azienda comunale. Difficoltà sono pure state opposte alla costruzione della nuova supercentrale di Battersea a Londra. Sono allo studio (se ne è interessato anche il Governo) o in prova vari sistemi per la purificazione dei prodotti della combustione.

***

Al 31 marzo gli Enti autorizzati a produrre e distribuire energia erano i seguenti, oltre al Central Electr. Board:

Joint electricity Authorities	N.	3
Joint Boards	»	5
Enti locali	»	385
Società e Imprese individuali	»	276
Totale	N.	669

Le statistiche della produzione nell'esercizio '29-'30 sono incomplete: si hanno dati soltanto su 568 Centrali, e cioè:

	Migliaia di kWh
Centrali di Enti pubblici (255 Centrali)	6.382.239
» private (249 Centrali)	4.144.436
Totale per distribuzione	10.526.675
Centrali per trazione ferrov. (28 Centr.)	800.318
» di Enti pubbl. per tramvie (20 Centr.)	411.458
» non soggette ad autorizzazione	223.171
Totale generale	11.961.622

Furono consumati 10.109.277 tonnellate di carbone o di coke e 32.014 tonnellate di combustibili liquidi.

L'aumento della produzione fu, rispetto all'esercizio precedente, del 9,9%, mentre il consumo di carbone aumentò corrispondentemente soltanto del 6,1%. Si calcola che dal 1920 l'aumento della resa in kWh a parità di consumo di carbone abbia già raggiunto il 68% pei perfezionamenti intervenuti negli impianti produttori.

Il consumo d'energia è passato nell'anno solare 1929 a 8.596.553 migliaia di kWh da 7.603.240 del 1928, con un aumento del 13%. Il consumo per abitante risulta perciò di 193 kWh.

***

I « Commissioners » hanno preparato o presentato all'« Electricity Board » diversi schemi di reti regionali (Nord Est Inghilterra, Sud Est Inghilterra, Galles del Sud, Est Inghilterra). Un altro era allo studio (Scozia Meridionale).

Finora i primi otto schemi regionali approvati interessano una popolazione di 41.647.892 abitanti (cioè i 9/10 circa della popolazione del Regno Unito) riferibili a 666 Imprese (contando due volte ogni Impresa interessata in due Schemi). Nel 1929 le zone relative consumarono 8.548 milioni di kWh pari al 94,4% del totale. Furono *prescelte* (ossia mantenute in esercizio) 112 Centrali in modo definitivo e 53 provvisoriamente.

Si prevede che entro l'esercizio '40-'41 la potenza installata salirà a 9.049.070 kW.

Le linee già in atto della nuova rete primaria a 132 kV hanno raggiunto uno sviluppo di km 4.200, e collegano nelle Sottostazioni di trasformazione 6.820.000 kVA di trasformatori.

Il « Central Electricity Board » prevede per questi otto schemi (compresi gli interessi passivi durante la costruzione) complessivamente per le due reti primaria e secondaria, una spesa finale di 5.320 milioni di Lire italiane. Di questi 2.560 milioni sarebbero prelevati dal fondo di dotazione del « Central El. Board » per la costruzione delle linee ad alta e media tensione, 1.125 milioni dallo stesso fondo per l'unificazione delle frequenze, e infine 1.635 milioni sarebbero forniti dagli Enti proprietari delle Centrali rimaste attive e delle nuove per l'ampliamento, la modernizzazione e la costruzione di queste. Il risparmio complessivo che, secondo i calcoli dell'Electricity Board, risulterebbe a vantaggio degli Enti produttori o distributori interessati, è calcolato in 1.270 milioni di lire.

***

I « Commissioners », fra l'altro, approvarono alcune formole di maggiorazione dei prezzi in relazione al fattore di potenza, e si occuparono della diffusione dell'energia nelle zone rurali. Tale problema in Inghilterra viene inteso nel senso di dotare di disponibilità d'energia i piccoli centri e di favorire le industrie rurali, e in via subordinata di elettrificare anche le fattorie.

Per *aree rurali* i « Commissioners » chiariscono doversi intendere le zone di più scarsa popolazione, a carattere così agricolo che industriale, che sono amministrativamente considerate come « Distretti o Parrocchie rurali ». Si tratta quindi d'una distinzione del tutto artificiale, riferita non tanto al carattere delle applicazioni come alla divisione amministrativa del territorio. Questo criterio è giustificato dal fatto che non esiste alcuna Impresa che eserciti in zone che possono considerarsi esclusivamente rurali. Quasi sempre la distribuzione passa gradualmente dal tipo urbano, a quello suburbano ed a quello rurale: i « Commissioners » hanno perciò adottato il criterio territoriale nello stabilire la divisione fra i vari generi di distribuzione.

Ciò è giustificabile in Inghilterra dove la divisione amministrativa fa distinzione fra aree *urbane, suburbane, rurali*, ed i criteri di divisione variano anche da regione a regione: inoltre l'industria elettrica vi ebbe carattere sporadico, e le reti di distribuzione, finora indipendenti, vi si accrebbero sempre irradiando da un centro urbano.

Il rapporto avverte che per conseguenza ai dati sulle « *Distribuzioni rurali* » non va dato, come si fa da noi, il significato di « *distribuzioni agricole* », ma soltanto di « *distribuzione fuori dai centri urbani e sobborghi* ».

Secondo il rapporto, al 31 marzo 1930 le *zone rurali* servite da distribuzioni d'energia rappresentavano come superficie il 58,8% e come popolazione l'82,3% del totale delle *aree rurali*. La *popolazione rurale* (sempre intesa in senso amministrativo) è di circa *nove milioni e mezzo* d'abitanti, dei quali circa *un milione e settecentomila* non sono serviti.

La maggior parte di questa popolazione abita in piccoli centri od in agglomerati di case: il territorio che li separa è costituito da boschi e foreste, montagne, terreni coltivati o incolti e pascoli, senza abitazioni sparse. Il problema dell'elettrificazione rurale ha quindi un aspetto assai diverso che nella maggior parte delle regioni italiane dove le case sparse sono assai numerose. Questi terreni scoperti e senza fabbricati coprono il 90% della superficie totale del Regno Unito.

Gli agglomerati vanno da gruppi di poche case a centri che superano i mille abitanti. Nonostante queste circostanze propizie lo sviluppo del consumo nelle zone servite è ancora modestissimo, nè, dice il rapporto, si possono in proposito fare previsioni per l'avvenire: e mette in evidenza l'importanza che vi ha lo sborso di capitale traendone come conseguenza che i prezzi del servizio non possono che essere alti.

A questo proposito il rapporto osserva che per limitare la spesa degli impianti occorre che questi siano studiati molto bene, con l'impiego di linee economiche e con la cooperazione degli interessati e delle autorità locali: a quanto sembra, in Inghilterra si sono trovati ostacoli anche da questo lato.

Lo sviluppo delle reti a bassa tensione in questi villaggi e piccoli centri considerati come « zone rurali » è salito da 5.580 (31 marzo 1929) a 7.200 km (31 marzo 1930) con un incremento del 30%. È una conseguenza della spinta rappresentata dalle nuove reti di collegamento fra i vecchi impianti.

I « Commissioners » hanno eseguito in proposito una indagine affatto identica a quella eseguita dalla UNFIEL nel 1928 servendosi di un questionario diramato a 280 Imprese. Hanno risposto solo 223 (1) riferentisi ad una popolazione servita di 4.842.000 abitanti sparsi in 1.011.870 abitazioni.

Gli utenti erano in numero di 203.620 (al 31 marzo 1930) dei quali 2.485 erano fattorie, 184.738 erano abitazioni, 2858 opifici, 13.539 locali diversi. L'aumento nell'esercizio 1929-30 fu di 700 fattorie, di 52.000 abitazioni, di 750 opifici. L'aumento del numero degli utenti fu del 39% rispetto all'esercizio precedente.

Da questi dati appare subito come le *vere* applicazioni agricole siano ancora modeste in Inghilterra anche tenuto conto della parzialità della statistica: in un paese di ricchezza fortemente superiore alla nostra, più progredito in agricoltura, primo in Europa nella meccanizzazione agraria le 2500 fattorie elettrificate rappresentano una grande inferiorità in confronto delle parecchie decine di migliaia nostre.

Queste cifre confermano anche meglio il diverso significato della « Elettrificazione rurale » da noi e in altri paesi: la vera *utenza rurale* intesa nel senso nostro rappresenta *poco più dell'uno per cento* dell'*utenza rurale* come è intesa in Inghilterra!

Il costo delle linee rurali eseguite a tutto il 31 marzo 1930 era il seguente:

	(milioni di lire it.)
Alta tensione :	
Linee aeree	136,—
» sotterranee	240,—
Complessivo	376,—
Bassa tensione :	
Linee aeree	83,250
» sotterranee	296,—
Complessivo	379,250
Totale generale	755,250

Il costo medio fu di circa 58.000 lire per km per le linee aeree ad alta tensione, di 96.000 lire per km per le sotterranee pure ad alta; di 32.500 lire per km per le linee aeree a bassa e di 67.800 lire per km di linea sotterranea a bassa tensione.

Queste cifre confermano anch'esse che si tratta di vere e proprie *reti urbane*, impiantate esclusivamente in centri abitati a piccole densità di utenza. Altrimenti non si spiegherebbero nè gli alti costi, nè la necessità di tanta rete sotterranea, che è prevalente come sviluppo tanto per l'alta che per la bassa tensione: contro 2.340 km di linee ad alta *aeree* stanno più di 2.500 km di *sotterranee*, e contro 2.550 km di *aeree* a bassa, 4.350 km di sotterranee.

Non v'è da stupirsi se il rapporto afferma che questi costi « presentano un margine di economia »! E consiglia a chi fa i Regolamenti per l'esecuzione degli impianti di moderare la severità delle Norme: raccomandazione che andrebbe fatta anche a parecchi nostri uffici ministeriali.

Quanto al consumo, nell'esercizio '29-'30 esso fu il seguente:

Tipo di utenza	Totale dei kWh consumati	Consumo medio per utente
Fattorie	2.890.026	1.163
Abitazioni	79.857.276	432
Opifici	409.892.075	143.425
Diversi	14.556.158	1.075
Totale generale	507.195.535	—

(1) Tutto il mondo è paese! (*N. della Unfiel*).

Il consumo medio dei « grandi utenti » (cioè di quelli che consumano almeno 15.000 kWh) fu di 396.120 kWh per utente, quello dei « piccoli utenti » di 466 kWh per utente.

È evidente sempre più che il nerbo della cosidetta elettrificazione rurale inglese è rappresentato dagli opifici: essi hanno infatti consumato da soli più dei 4/5 del totale: il che le toglie quasi completamente il carattere di vera *distribuzione agricola*. Il rapporto spiega che ciò in parte dipende anche dalla parzialità della statistica: ma ciò non toglie verità all'osservazione, anche se ne può attenuare il peso.

Infatti parecchie utenze sono rappresentate da miniere, fabbriche di cemento, fornaci di mattoni, industrie chimiche, ecc. che però, dice il rapporto, non capitano dappertutto. È tuttavia importante il fatto che proprio per le 223 Imprese, tutte fra le più importanti, che hanno inviato il questionario, esse abbiano un peso così schiacciante!

Il 15,7 per cento fu consumato dalle abitazioni: il loro consumo è quasi quaranta volte quello delle fattorie! Altra prova che l'« elettrificazione rurale » è principalmente un'ordinaria distribuzione che differisce da quelle urbane soltanto per la minore importanza dei centri serviti e la minore densità dell'utenza.

Il rapporto rileva come sia evidente che l'utenza più importante è quella domestica, ma come siano per questa ancora poco diffuse le applicazioni diverse dalla luce: e propone di intensificare la propaganda relativa. Rileva anche come sia bassa l'utilizzazione unitaria delle fattorie, e come essa sia costante per tutte: dal che induce che anche qui si tratti più che altro di applicazioni di carattere domestico, di illuminazione e di modestissime applicazioni di forza. La vera *elettrificazione* è quindi ancora in fasce.

Venendo agli *incassi*, essi sono rappresentati dalle cifre seguenti (*in lire italiane*)

Tipo di utenza	Incasso totale	Incasso per kWh
Fattorie	2.550.000	0,89
Abitazioni	91.200.000	1,15
Opifici	114.000.000	0,28
Diversi	19.600.000	1,38
Totale generale	227.150.000	—

Complessivamente, i « grandi consumatori » ossia le industrie pagano in media L. 0,28, i « piccoli consumatori » L. 1,20 per kWh. Metà dell'incasso è dovuto ad opifici industriali: escludendoli si ha un prezzo medio (luce ed altre applicazioni) di L. 1,20 per kWh; le fattorie pagarono, come media, L. 0,89. Le abitazioni diedero il 40% dell'incasso totale, con una media di L. 495 per utente-anno: cifra che indica un tenore di vita ben più elevato di quello dei nostri centri minori. Il rapporto avverte però che sono comprese in questa classe parecchie ville e « bungalows » di carattere suburbano: e che la media del consumo dei « cottages » dev'essere assai più piccola.

Il consumo medio delle fattorie fu intorno al migliaio di lire annue, ossia poco più del doppio della media verificatasi per le ordinarie abitazioni. Quanto agli opifici, va rilevato che 89 di essi consumarono più di un milione di kWh e 79 fra mezzo ed un milione. Il che conferma le osservazioni già fatte.

Conclude il rapporto su questo argomento notando come sia evidente l'attrazione esercitata dai grandi stabilimenti: in sostanza *l'elettrificazione rurale* inglese appare soltanto ove sono grossi opifici, attorno ai quali si è formata una rete secondaria locale che alimenta le borgate o le piccole città immediatamente vicine e poche fattorie nel breve raggio d'azione della rete stessa.

Il rapporto raccomanda l'applicazione delle tariffe binomie in queste zone, nonchè la concessione a noleggio di apparecchi per applicazioni domestiche, e caldeggia le conferenze e altre forme di propaganda.

***

Nell'esercizio l'incremento della potenza installata nelle Centrali fu di 292.838 kW il che portava il totale installato e in esercizio al 31 marzo 1930 a 5.133.024 kW, dei quali circa tre milioni di proprietà degli enti pubblici, 1,7 milioni di Società private e 408 mila per trazione ferroviaria e tramviaria.

Erano in costruzione sei supercentrali a vapore e una idroelettrica (Lochaber), oltre ad altre minori destinate ad uso proprio di stabilimenti.

Furono dati 74 consensi alla costruzione di linee, il che rappresenta il massimo finora raggiunto in un solo anno.

Nell'esercizio 1929-30 furono autorizzati prestiti ad Imprese elettriche per l'importo di oltre due miliardi di lire italiane.

La fattoria elettrificata alla Fiera di Milano

La Confederazione Nazionale degli Agricoltori ha quest'anno dedicato la sua Mostra alla Fiera di Milano principalmente alle applicazioni elettroagricole.

Il Padiglione dell'Agricoltura è stato trasformato in una *fattoria modello* dotata di tutte le applicazioni elettriche. Un plastico posto nello sfondo della grande sala terrena del Padiglione rappresenta un gruppo di montagne assai pittorescamente riprodotte: in fondo alle valli si vedono alcune dighe, coi relativi canali, condotte forzate e centrali: linee ad alta tensione vengono ad alimentare nel primo piano del plastico impianti elettro-agricoli in miniatura. L'insieme dà una impressione aggradevole, e il plastico è sempre affollato di visitatori. Il plastico poi, ed altri analoghi minori, volgarizzano anche i vantaggi della irrigazione.



Oltre alle parti prettamente agricole della indovinata « fattoria », come la stalla, la latteria, ecc., sono assai interessanti alcuni quadri, che spiegano i vantaggi della pompa elettrica pel sollevamento delle acque sotterranee e di altre applicazioni dell'elettricità alle case coloniche e ad alcune lavorazioni agricole.

Ma la parte più interessante è costituita da una serie di quadri che con opportuni raffronti di cifre dimostrano l'importanza che gli investimenti di capitale hanno nelle applicazioni rurali, in confronto della spesa nel consumo di energia. La dimostrazione non potrebbe essere più chiara ed evidente anche per chi non sia famigliare con calcoli di questo genere.

Al piano superiore sono installati diversi aggruppamenti di contatori e di altri strumenti di misura che dimostrano, opportunamente illustrati da schemi e da leggende, il meccanismo delle varie tariffe impiegate in Italia per le applicazioni elettro-agricole.

***

La mattina del 21 aprile la Fattoria fu visitata dai Membri della Commissione Applicazioni e Vendita creata presso la Sezione Tecnologica dell'UNFIEL. A capo dei visitatori erano il Presidente dell'UNFIEL On. Motta ed il Presidente della Sezione Tecnologica Ing. Taccani. La visita si protrasse per più di un'ora, riuscendo molto interessante. Il Presidente On. Motta si rallegrò vivamente con l'Ing. Tita Marzari, al quale è dovuta l'esecuzione della bellissima Mostra.

***

La scelta del soggetto ed il modo col quale l'Ing. Marzari l'ha posto in esecuzione non potevano essere più felici nel momento nel quale i rapporti fra Agricoltori ed Industriali elettrici hanno assunto un carattere di cordiale collaborazione. Il Presidente On. Motta dopo la visita alla Mostra ha espresso la propria viva soddisfazione anche all'On. Tassinari, Presidente della Confederazione degli Agricoltori, auspicando che i rapporti fra i due massimi fattori dell'economia nazionale, industria ed agricoltura, divengano sempre più stretti e cordiali.

L'On. Tassinari ha risposto ricambiando cordialmente l'augurio.

ING. ENNIO DE' BUZZACCARINI
DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE

La trazione ad accumulatori in Italia ed un nuovo veicolo italiano

L'attenzione delle Imprese elettriche italiane e del pubblico è in questo momento attratta dal problema della trazione elettrica ad accumulatori. Veramente essa è stata da noi per molto tempo trascurata ingiustamente: forse il grande sviluppo che in Italia ha preso l'industria dell'automobile e le frequenti pendenze delle nostre strade non ne furono le ultime cause. Ma oggi molte circostanze nuove riportano in primo piano il problema del veicolo elettrico: fra queste non ultima la ricerca di nuovi convenienti sbocchi alla distribuzione dell'energia, provata anch'essa dalla crisi.

Il veicolo ad accumulatori può essere prodotto interamente in Italia. Il nostro Paese possiede anche il piombo necessario alla costruzione delle batterie. Esso può essere di notevole aiuto all'industria elettrica non esigendo alcun impianto nuovo di linee o di reti, e potendo le batterie essere caricate in ore della giornata convenienti o durante la notte. La sua larga diffusione poi avrebbe un effetto benefico anche sulla bilancia commerciale, riducendo l'importazione della benzina.

Il vantaggio del veicolo elettrico è la grande semplicità. La parte meccanica è ridotta ai minimi termini, potendosi fare a meno del cambio, della frizione e di una serie di organi delicati, fastidiosi da mantenere e causa frequente di guai. Si manovra con semplicità e dolcezza, non emana gas fastidiosi, è refrattario ai cambiamenti di temperatura e sopratutto alle conseguenze del freddo. Esso è così facile da condurre che in meno di un'ora chiunque può apprenderne l'uso. Non consuma durante le fermate, abbisogna di quantità di lubrificanti trascurabili, non paga tassa di circolazione di utenza stradale e lo si assicura a condizioni molto più moderate di quelle adottate generalmente per le macchine con motore a scoppio.

Esso tuttavia conviene soltanto dove i percorsi sono di lunghezza limitata e non si richiede forte velocità. Quindi non può essere applicato al turismo, ma solo a servizi urbani, principalmente commerciali od industriali. Più che il veicolo a scoppio esso tende a sostituire la trazione animale ed a fornire servizi che esso solo può convenientemente dare. Può in molti casi servire anche al trasporto delle persone; eccezionalmente l'accumulatore può servire anche alla propulsione di battelli.

Esso poi si presterebbe anche a trasporti a lunghe distanze qualora sul percorso si organizzassero opportune stazioni di ricambio delle batterie; qualche cosa di simile di quello che erano le antiche poste, limitato naturalmente al trasporto delle merci.

I veicoli elettrici d'ogni specie ebbero, sopratutto nei Paesi anglosassoni e in Germania, un enorme sviluppo: in Francia il loro uso va sempre estendendosi. Le grandi case costruttrici d'automobili se ne sono interessate e costruiscono ormai vetture elettriche insieme alle macchine a benzina. I due tipi di veicolo si vanno orientando ciascuno in un proprio campo, senza farsi una vera e propria concorrenza. Il carrello portabagagli, il piccolo carro di trasporto nell'interno degli stabilimenti, veicoli per trasporti agricoli sono diventati ovunque d'uso comune, nè alcuno penserebbe di sostituirli con macchine a benzina.

Da noi il progresso è stato più lento, ma si va già notando un sensibile risveglio. Aggiungiamo alle difficoltà già accennate le imperfezioni tecniche delle macchine finora costruite, che, pur funzionando bene, non mantenevano la promessa di vantaggi cospicui. Spesso si trattava di veicoli creati per la trazione a benzina adattati alla trazione elettrica, il che rendeva nulli i vantaggi intrinseci del sistema, mantenendo buona parte dei difetti delle ordinarie vetture. Il vantaggio quindi si limitava a ben poco: sopratutto alla più tenace vitalità del motore elettrico. Il quale non richiede, o non dovrebbe richiedere cure, ma sono pochi i competenti che sappiano prestargliele mentre invece infiniti sono i « conoscitori » di motori a benzina e quelli che non lo sono hanno la persuasione di esserlo; ciò che — ai fini del problema — conta lo stesso.

Questo purtroppo dice l'esperienza, ed è strano come una verità tanto chiara e lampante non riesca evidente a molti dei nuovi costruttori che ripetono l'errore fondamentale di far l'automobile elettrica limitandosi semplicemente a sostituire il motore a benzina con un motore elettrico e rafforzando qua e là lo chassis di una delle solite automobili per portare il maggior peso degli accumulatori. Tutto ciò può andar bene per veicoli di piccola portata pei quali del resto la trazione elettrica non può entrare vittoriosamente in gara.

Il problema si presenta invece molto complesso e risolvibile solo colla analisi accurata delle difficoltà che s'incontrano quando ci si propone il trasporto di grossi carichi. Occorre allora impiegare tutte le risorse di uno studio accurato delle deformazioni elastiche di tutte le parti della macchina e saper sfruttare le particolari ed esclusive risorse che il motore elettrico può offrire in confronto ad ogni altro tipo di motore. Fra le quali principalissima è quella di portare la propria potenza direttamente agli organi che la devono utilizzare e nel punto più prossimo a quello di effettiva utilizzazione.

Per questa particolarità — veramente preziosa — negli stabilimenti sono state eliminate le trasmissioni... e perfino la domestica macchina da cucire ha la potenza applicata all'alberello che fa la cucitura. Non si sa perchè invece i costruttori

delle automobili elettriche che potrebbero mettere il motore ad un palmo dal punto esatto di utilizzazione della potenza, (ossia dal punto di contatto delle ruote motrici col suolo), lo mettono invece sul telaio della macchina ed arrivano alle ruote attraverso una quantità di organi ed aggeggi inutili e dannosi che vincolano così le possibilità di molleggi fra il telaio che regge il carico e gli assi delle ruote.

I giunti, le chiavelle, i differenziali, le viti perpetue, ecc. ecc. si possono agevolmente eliminare mentre il loro complesso è dannoso appunto perchè costituisce un collegamento più o meno rigido fra le ruote motrici ed il carico molleggiato.

È indiscutibile che tali collegamenti — per quanto ingegnosamente disposti — risultano tutti direttamente od indirettamente rigidi. Perciò ad ogni sobbalzo delle ruote, causato dalle asperità della strada o da ostacoli naturali, essi trasmettono contraccolpi sullo chassis, sul veicolo, sul carico, sui passeggeri, secondo una componente di intensità più o meno grande a seconda delle varie disposizioni.

In altri termini essi stanno in certo qual modo fra l'incudine costituita dagli assi, ed il carico molleggiato che ad ogni sobbalzo martella attraverso il complesso della trasmissione tutta la macchina che, per quanto robusta e ben congegnata, in pochi anni si logora e si sconquassa.

***

I rimedi a questo e ad altri inconvenienti sono stati di recente studiati da un pioniere italiano della trazione ad accumulatori: l'ing. Gino Turrinelli, il quale ha ideato una geniale soluzione del problema del veicolo elettrico.

Egli è partito da un principio fondamentale che risolve la gran questione del molleggio e che può essere così enunciato: *Non si può arrivare ad una soluzione ideale del molleggio, ossia alla soppressione assoluta e completa di qualsiasi collegamento meccanico rigido fra gli organi motori e frenanti e gli assi delle ruote, se non separando nettamente il telaio dagli organi di propulsione e di frenatura e riunendoli in un solo complesso.* Nel sistema Turrinelli questo complesso è congegnato in modo da formare esso stesso l'assale del veicolo; da queste considerazioni è nato l'« asse motore 930 » che è la parte vitale dell'autocarro « Turrinelli 930 ».

La fig. 1 rappresenta una autocarro munito dell'« asse motore ». Premettiamo che uno dei vantaggi del sistema è quello di potersi adattare, volendo, a qualsiasi autocarro con la semplice sostituzione del treno posteriore, delle molle e di qualche altro pezzo assai semplice, abolendo tutte le parti inutili dal motore a scoppio fino al differenziale compreso. In sostanza il Turrinelli sostituisce all'asse posteriore un pezzo complesso formato dai due motori e da alcuni accessori, che può facilmente sostituirsi ad un asse ordinario. Lo chassis poggia su molle a balestra assai lunghe e quindi a grande periodo di oscillazione. I motori elettrici sono posti in A A_1 (figg. 2 e 4) e le loro carcasse fanno parte del sistema che costituisce l'asse portante. La molla g g (fig. 1) è fissata con un occhiello in Z mentre l'altro estremo Z_1 è affidato al pattino P che scorre liberamente sul telaio V. Analoga disposizione è praticata per l'altra molla posteriore e per le molle anteriori, anch'esse di lunghezza proporzionata alle molle posteriori secondo la distribuzione del carico, così da avere le stesse caratteristiche di flessibilità ed un calcolato rapporto reciproco fra i periodi di oscillazione.

Questo dispositivo realizza le condizioni di perfetto molleggio più sopra illustrate come indispensabili alla vita normale del veicolo.

È chiaro infatti che quando un ostacolo od una asperità qualunque urta violentemente le ruote posteriori, e per conseguenza le molle g g, queste — per nulla e da nulla ostacolate nei loro movimenti — assorbono nello stesso istante e totalmente la forza viva dell'urto. Esse, a causa del lungo periodo oscillatorio, dipendente dalla costituzione di ciascuna molla, sono tali che nessuna velocità praticamente attuabile può ripetere l'urto con una successione capace di sommare o rendere persistenti le oscillazioni e di trasmetterle al telaio, sotto forma continuativa di insopportabili sobbalzi o di dannosissime vibrazioni.

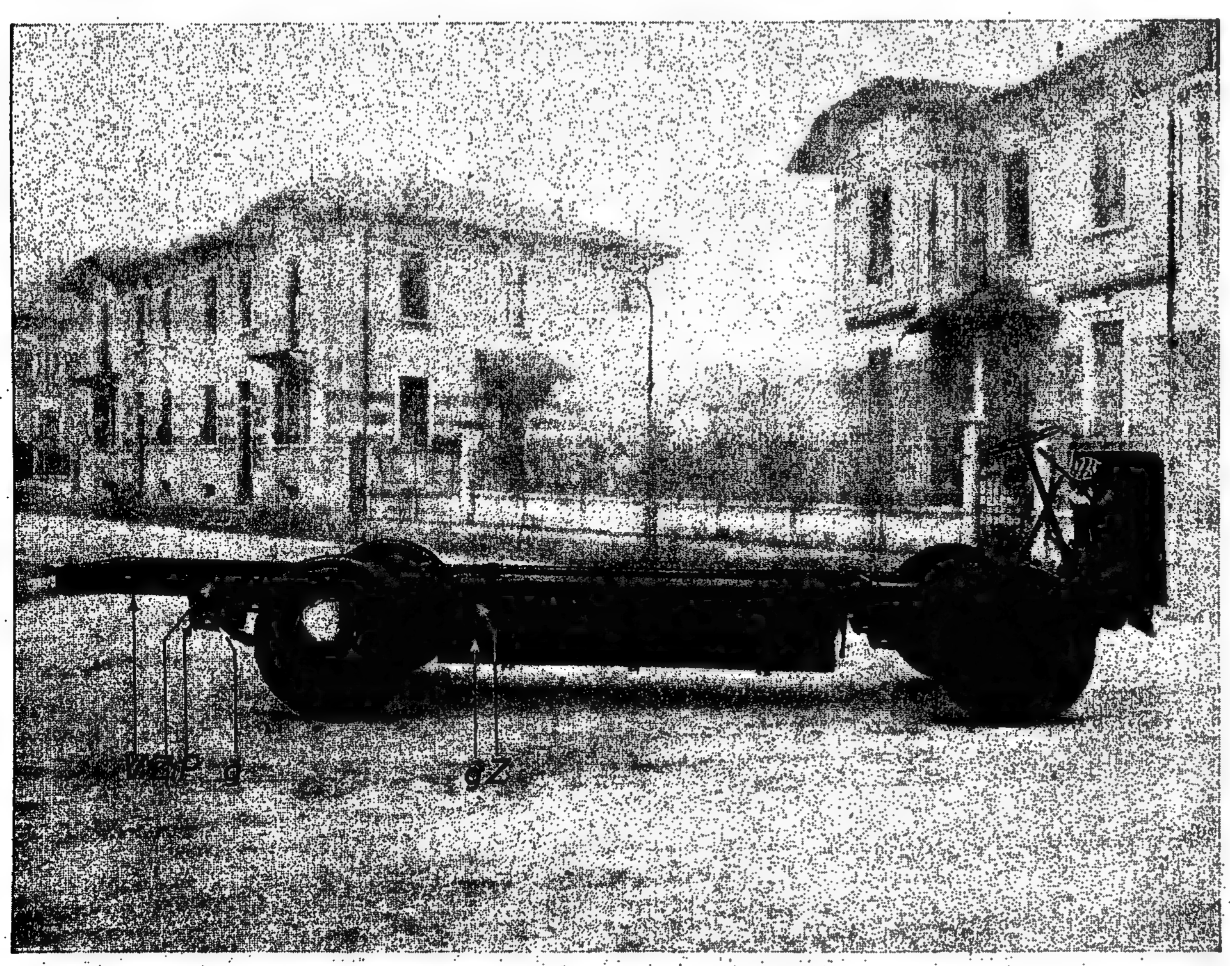


Fig. 1. - Insieme di un autocarro "Turrinelli 930" tipo ad accumulatori.

Le molle gg, lunghe m 1,80, costituiscono l'unico collegamento fra l'asse motore ed il telaio. La spinta avviene in Z mentre il pattino P, fisso all'estremo libero della molla, può liberamente slittare sul supporto Z_1. Così nessuna componente degli urti della strada sulle ruote può ripercuotersi sul telaio e farlo sobbalzare, con una serie di vantaggi per il veicolo, per la batteria e per il carico.

Questa relativa immobilità, assolutamente necessaria per le autoelettriche a trolley, conserva a questo il contatto con la linea a pressione moderatissima, anche su strade accidentate ed a velocità considerevoli.

Il telaio poi è sostanzialmente costituito da due motori elettrici con carcasse e coperchi in acciaio riuniti tra di loro, così che i supporti, dai quali sporge l'albero motore per ricevere l'organo di trasmissione, vengano a costituire i fusi sui quali vanno montate le ruote motrici. Il coperchio che porta questi fusi è foggiato in modo da potervi allogare le molle g g che sostengono il veicolo, i ceppi ed i leveraggi dei freni.

Per una migliore evidenza tale asse motore è rappresentato nella figura 2. In questa figura la metà a destra rappresenta l'asse motore smontato e scomposto in tutte le singole parti successivamente allineate secondo l'asse ideale XY, asse intorno al quale è orientata tutta la costruzione. La parte a sinistra è l'altra metà dell'asse completamente montata e pronta a funzionare.

Risulta subito evidente — per l'orientamento conassico dei pezzi che lo compongono — che l'eseguire il montaggio e l'assestamento perfetto di tutti i pezzi che compongono l'asse motore è per chiunque ciò che di più semplice, di più

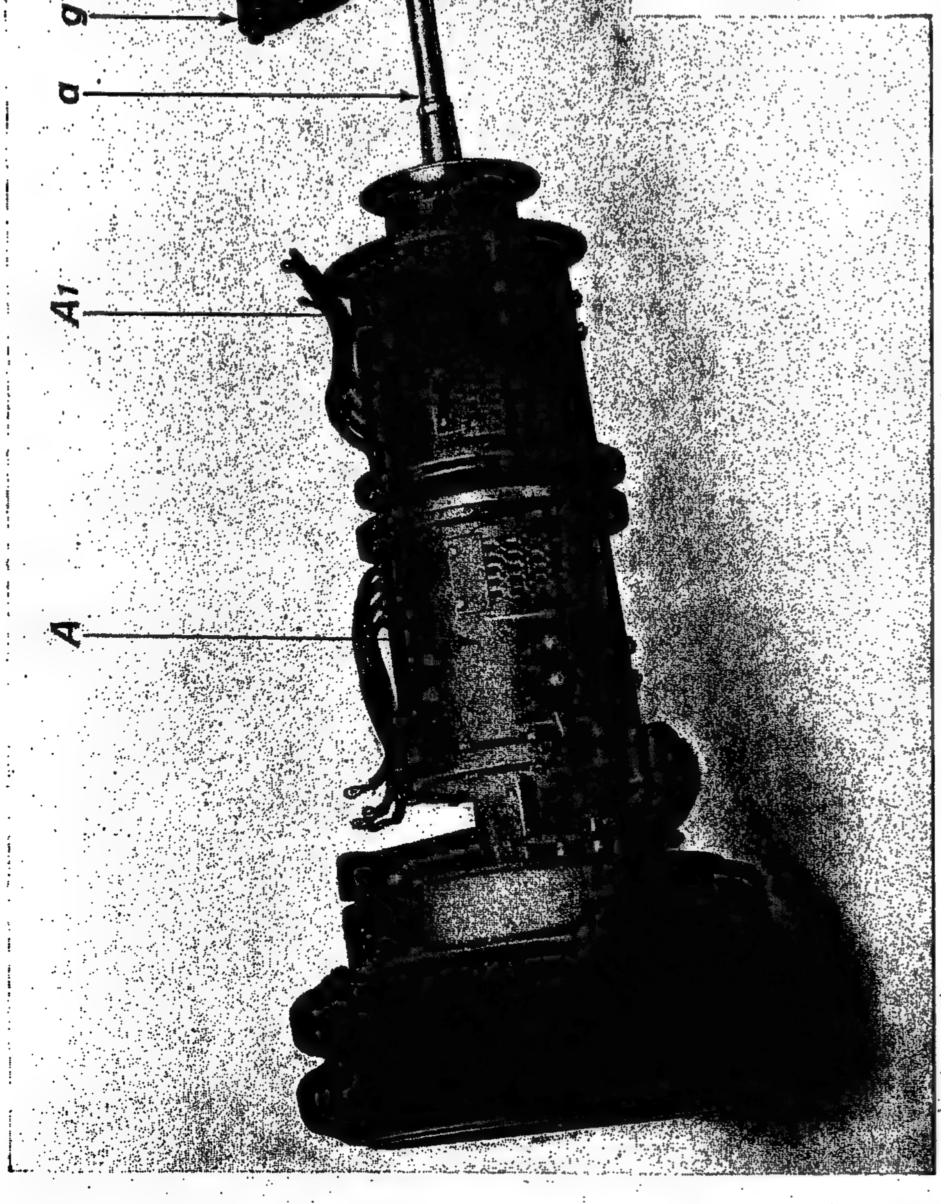



Fig. 2. - Come è costituito l'asse motore "Turrinelli 930,,"

La parte a sinistra della illustrazione rappresenta l'insieme di uno dei due motori *A* e della ruota motrice. A_1 è il motore destro, *a* l'albero dell'indotto che si infila in *f* nel centro del pezzo *GS*, il quale a sua volta porta le molle, i freni ed il fuso f_2.

Su questo fuso vengono a sistemarsi concentricamente le altre parti. Così spingendo idealmente da destra verso sinistra il coperchio *E*, il pignone *PT*, il rinvio F_1 con *r1 r2*, l'ingranaggio a dentatura interna *d*, la ruota *R*, col centro porta ruota e puleggia del freno *Pf*, *R*, *Si*, ed i due cuscinetti a sfere *h* ed *i*, si ottiene un insieme perfettamente identico e simmetrico ad *A*.

facile, di più sicuro si possa immaginare. Ed è evidente che non solo risulta soppresso qualsiasi lavoro manuale di qualche difficoltà ma che è assolutamente impossibile che si verifichino trascuratezze od imperfezioni di montaggio. La minima imperfezione sarebbe denunciata dal fatto che a montaggio ultimato, se questo non fosse perfetto, non si potrebbe chiudere il coperchio *E*.

In tutte le figure le stesse lettere indicano sempre gli stessi organi, oppure gli stessi punti in condizioni diverse.

Perciò nella descrizione che segue facciamo riferimento oltre che alla figura 2 anche alla figura 3.

Nella figura 2, procedendo con ordine dalla mezzeria verso destra, vediamo per prima la carcassa *A* del motore e, nell'interno di essa, i polari e l'indotto col relativo albero *a*.

Il coperchio del motore *G* forma un pezzo unico col piatto *S* portafreni e colla staffa porta-molle; esso ha inoltre una sporgenza cilindrica sulla quale sporgenza viene a fissarsi l'apparecchio F_1 (vedi dettaglio nella figura 3) con i tre ingranaggi

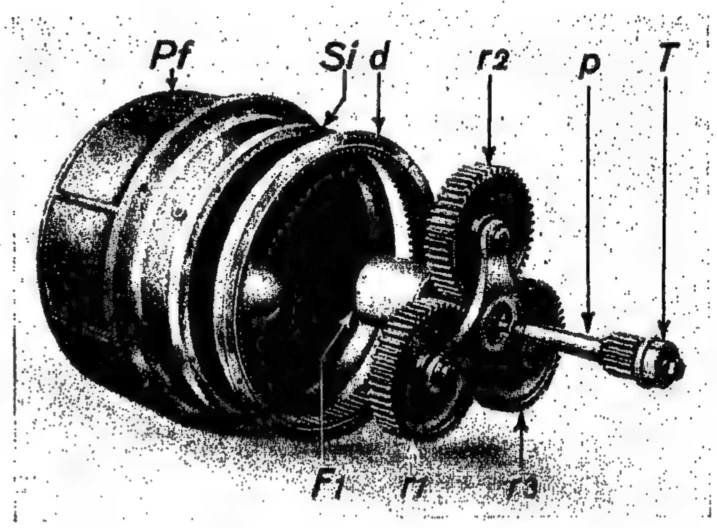


Fig. 3. - Trasmissione ad ingranaggi che viene sistemata nella custodia ermetica a grasso *Si* nel centro della ruota motrice.

Il gruppo di rinvio (ed il rapporto di ingranaggi) si cambia in pochi minuti col togliere e rimettere il coperchio *E* (vedi fig. 2), fissato al sistema con bulloni passanti in fori visibili appunto nella periferia di *Si* e di *d*.

Il pignone *P* non lavora a sbalzo, è sopportato da una parte dalla cavità dell'albero motore e dall'alra dal cuscinetto a sfere *T* che va ad allogarsi nell'apposito aggiustaggio nel centro del coperchio *E*.

di rinvio *r1 r2 r3*. Su questo F_1 si infilano i cuscinetti a rulli od a sfere *h* ed *i* che a loro volta portano il pezzo *R*. Questo è costituito dal tamburo del freno *Pf* e dalla scatola *Si* nella quale vengono ad allogarsi la corona a dentatura interna *d*, gli ingranaggi *r1 r2 r3* e finalmente il pignone *p*, il quale da una parte si infila ad aggiustaggio conico nell'albero cavo *a* del motore mentre dall'altra parte è sopportato e ruota nel cuscinetto a sfere *T* avente la propria sede nel centro del coperchio *E*. Messo del grasso nella scatola *Si* e chiuso il coperchio *E*, si ha una custodia ermetica e ricca di lubrificante per tutti i semplicissimi organi di trasmissione del motore che vengono così a trovarsi nelle migliori condizioni meccaniche.

Questi organi risultano ispezionabili a volontà togliendo semplicemente il coperchio *E* senza neppure smontare la ruota porta-gomma che viene fissata — sempre concentricamente all'unico asse *XY* — sull'aggiustaggio fra *Si* e *Pf*.

La posizione dei ceppi di un doppio freno e quella delle molle del veicolo sono ben visibili nella figura 2. Supponendo ora in questa figura di poter spingere verso sinistra il piatto *E* lungo l'asse *XY* e con esso tutti i pezzi che si incontrano — conservando l'orientamento dei pezzi secondo i piani normali a questo asse — si formerebbe senz'altro l'insieme della metà destra del retrotreno motore e lo si avrebbe disposto simmetricamente alla metà di sinistra lungo l'asse *X Y* così come appare dalle due figure.

Per comporre il veicolo basterà fissare alla parte posteriore di un ordinario chassis d'autocarro questo asse motore pel tramite delle molle *g g*.

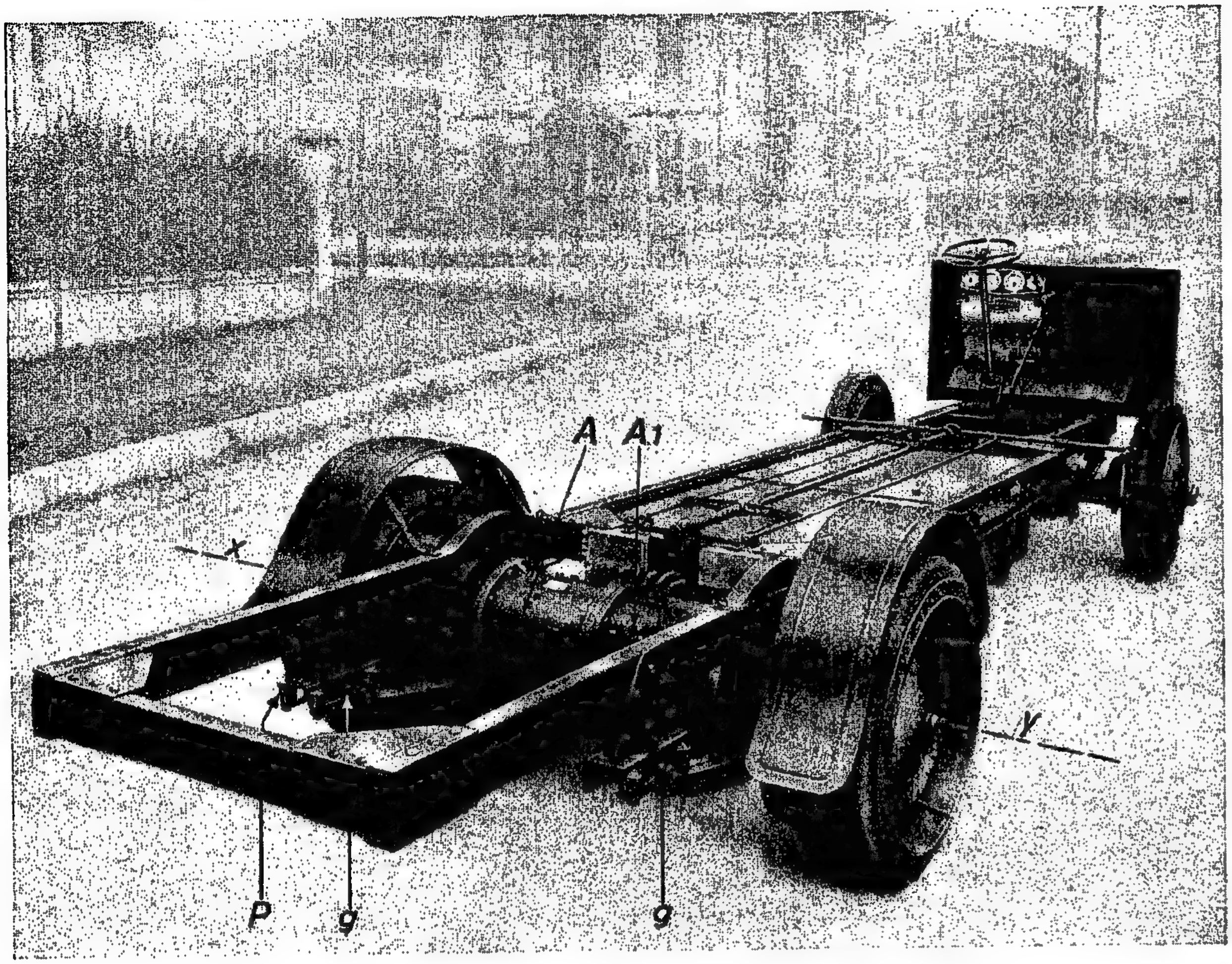


Fig. 4. - Insieme di un autocarro "Turrinelli 930".

L'asse motore completamente libero da vincoli che impediscano comunque l'istantaneo inflettersi delle molle per un sobbalzo improvviso dell'asse, occorrendo, può essere tolto dallo chassis in pochi minuti solo togliendo i quattro bulloni che fissano le due molle e staccando i cavi dai due motori.

I vantaggi economici del sistema sono altrettanto evidenti di quelli tecnici, che si possono riassumere nell'abolizione di qualsiasi organo di trasmissione, nella completa stabilità della massa dell'autocarro anche su strade pessime e sull'indipendenza completa del treno motore.

In queste condizioni infatti è assicurata una maggior durata della batteria e dell'autocarro: e d'altra parte è possibile l'impiego del veicolo con alimentazione a trolley. L'ing. Turrinelli poi ha applicato al suo autoveicolo un freno idraulico che si regola da sè rendendo minima l'usura del materiale costituente i ceppi, che vengono automaticamente centrati ad ogni colpo di freno.

Altre innovazioni attuate dall'ing. Turrinelli sono di carattere elettrotecnico. Così egli ha, con un dispositivo affatto nuovo pel passaggio dei motori dall'inserzione in serie a quella in parallelo, eliminato gli inconvenienti dovuti alla formazione d'archi e di scintille. Il ritorno a zero avviene pure con accorgimenti che permettono di aprire il circuito in modo da evitare archi e bruciature: sono pure con mezzi assai semplici eliminate le punte di avviamento.

***

L'esempio dato dall'ing. Turrinelli, che ha consumato studio e denaro per creare un tipo di veicolo elettrico veramente pratico, ci sembra meritare l'incoraggiamento di tutti. È da augurare che queste innovazioni abbiano il successo che meritano: il momento ci sembra dei più propizi per incoraggiarle, e per questo abbiamo voluto attirarvi l'attenzione dei nostri lettori, molti dei quali ci avevano chiesto di trattare l'argomento della trazione ad accumulatori con maggiore ampiezza che pel passato: il che saremo ben lieti di fare per l'avvenire.

ING. ENNIO DE' BUZZACCARINI.

Atti Ufficiali

dell' Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche (UNFIEL)

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE ORDINARIA TENUTA A ROMA IL 9 APRILE 1931-IX

La riunione ha luogo a Roma nella Sede Sociale in Via Quattro Fontane 143 alle ore 11.

Risultano presenti per rappresentanza diretta o per delega le seguenti 86 Associate, che complessivamente rappresentano 2462 voti sui 3288 spettanti alla totalità delle Associate:

Società Adriatica di Elettricità.
Società Acqua - Luce Elettrica - A. L. E. Enna
Società Elettricità Alta Italia.
Società Elettrica Alto Milanese.
Società Idroelettrica Alto Savio.
Forze Idrauliche dell'Appennino - Genova.
Forze Idrauliche dell'Appennino Centrale - Pistoia.
Società per Applicazioni di Energia Elettrica.
Società Distribuzione Energia Elettrica Ing. Banfi.
Società Idroelettrica del Barbellino.
Società Bellunese per Imprese Elettriche.
Società Elettrica Bergamasca.
Società Bolognese di Elettricità.
Società Elettrica Bresciana.
Società Elettrica di Campodolcino.
Società per l'Utilizzazione delle Forze idr. del Veneto.
Società per l'illuminazione Elettrica di Chiavenna.
Società Elettrica Interregionale Cisalpina.
Società Idroelettrica Comacina.
Compagnia Imprese Elettriche Liguri.
Società Imprese Elettriche Consoli.
Società Imprese Elettriche De-Pretis Nicola.
Società per Imprese Elettriche Dinamo.
Società Elettricità e gas di Roma.
Società Emiliana di Esercizi Elettrici.
Società Distribuzione Energia Elettrica « ESTICINO ».
Società Euganea di Elettricità.
Angelo Frigo.
Società Friulana di Elettricità.
Ing. Gasparini & C.
Società Ghiaccio, Forza, Luce - Lodi.
Società Industriale Trentina.
Società Elettrica Interprovinciale.
Società Idroelettrica dell'Isarco.
Società Elettrica Istriana.
Società Elettrica Italia Centrale.
Società Laziale di Elettricità.
Società Esercizi Elettrici Lazio Sabina.
Società Idroelettrica Ligure.
Società Elettrica Ligure Piemontese.
Società Ligure Toscana di Elettricità.
Forze Idrauliche della Liguria.
Società Lombarda per Distribuzione di Energia Elettrica.
Società Lucana per Imprese Idroelettriche.
Società Elettrica Maremmana.
Marsella e Branca.
Società Mediterranea di Elettricità.
Società Meridionale di Elettricità.
Società Elettrica Milani.
Società Forze Idrauliche Moncenisio.
Società Generale Elettrica Napoletana.
Officine Elettriche Genovesi.
Società « Ovesticino ».
Officine Elettriche dell'Isonzo.
Società Anonima Orobia.
Società Elettrica Padana.
Società Piccoli Esercizi Elettrici.
Ing. S. Piccoli & C.
Società Piemonte Centrale di Elettricità.
Società Imprese Elettriche Piemonte Orientale.
Società Pordenonese di Elettricità.
Società Generale Pugliese di Elettricità.
Società Elettrica Romagnola.
Società Generale Italiana Edison di Elettricità.
Società Elettrica Sarda.
Società Industria Elettrica Scledense.
Società Imprese Elettriche Scrivia.
Società Generale Elettrica della Sicilia.
Forze Idrauliche della Sila.
Società Idroelettrica Piemonte.
Officine Elettriche Calabresi Flli. Smurra.
Società per l'Industria e l'Eletttricità « Terni ».
Tullio Tescari.
Società Trentina di Elettricità.
Società Elettrica Trevigiana.
Società Forze Idrauliche di Trezzo sull'Adda.
Società Generale Elettrica Tridentina.
Unione Esercizi Elettrici.
Società Idroelettrica Val Brenta.
Società Elettrica del Valdarno.
Società Industriale Elettrica Valguarnerese.
Società Elettricità Valle Meria.
Società Elettrica Veneto Centrale.
Società Elettrica della Venezia Giulia.
Società Idroelettrica del Vizze.
Società Volsinia di Elettricità.

Alle ore 11 il Presidente On. Motta assume la Presidenza e, constatato che il numero dei voti presenti è valido a tutti gli effetti statutari, dichiara aperta la seduta.

Dopo brevi parole di saluto ai convenuti, dà lettura della seguente

RELAZIONE DELLA PRESIDENZA E DEL CONSIGLIO.

« Egregi Colleghi,

« L'avvenimento più importante per l'industria elettrica dalla « nostra ultima riunione ad oggi è senza dubbio la promulga- « zione del Decreto Legge 26 dicembre 1930, N. 1692 che li- « mita il diritto di rivalsa sugli utenti della tassa governativa « sull'energia venduta per illuminazione o per altri usi soggetti « a tassa.

« Iniziatosi il movimento per la riduzione del costo della vita, « ritenemmo doveroso esaminare l'eventuale concorso dell'in- « dustria elettrica all'opera iniziata in tal senso dal Governo « e dalle Organizzazioni corporative, anche in vista della ridu- « zione consigliata dalle superiori gerarchie nella retribuzione « del personale e nelle interessenze degli Amministratori.

« Fu dapprima esaminata, per scrupolo, la possibilità di un « ribasso delle *tariffe* (non dei prezzi *particolari*, dibattuti e sta- « biliti in contraddittorio con i compratori) ma sentito il parere « dei Colleghi del Comitato, e dei rappresentanti di presso che « tutte le principali imprese, si venne presto nella convinzione « che si dovesse abbandonare ogni idea di ribasso sulle tariffe « comuni per uso industriale, tanto per la grande varietà dei « tipi di tariffa (che avrebbe reso estremamente complicato e « difficile una decisione equa, e ingiusta una decisione semplici- « stica) quanto perchè da un punto di vista pratico il sacrificio « nostro si sarebbe polverizzato nell'enorme cifra delle unità « consumate, quanto infine perchè l'energia per le Industrie « costituisce un mezzo di produzione, e non *uno degli elementi « diretti del costo della vita*, a ridurre il quale erano rivolti il pro- « posito e l'azione del Governo.

« Infatti il prezzo dell'energia elettrica ad uso industriale « entrando a formare parte del costo del relativo prodotto, non « può avere neanche lontanamente sul costo della vita la stessa « incidenza, per quanto piccola essa sia, che vi ha lo sborso dei « consumatori di energia ad uso di illuminazione.

« D'altra parte si manifestò ugualmente sconsigliabile un ri- « tocco delle tariffe luce cioè dell'incasso fatto dalle imprese « per questo speciale servizio, anche qui perchè le tariffe sono « molto diverse da luogo a luogo e le difficoltà di una delibera- « zione giusta sempre altrettanto gravi.

« Esclusa dunque la diminuzione dei prezzi liberamente discussi fra gli interessati; escluso del pari il ribasso delle tariffe per uso industriale, escluso infine il ribasso delle tariffe luce, non rimase che studiare se ed in quale modo alleggerire « l'onere fiscale sui consumi per luce.

« Si scelse definitivamente il partito di chiedere al Governo « la riduzione della tassa governativa, come quella che, gravando nella stessa misura su tutti i consumi, permetteva di « realizzare nel miglior modo con la sua riduzione il concetto « di universalità del beneficio.

« Ma poichè le economie sul personale toccavano a tutte le « imprese, indipendentemente dal rapporto fra la quantità di « energia venduta per luce e quella venduta per altri scopi, « apparve manifesta e fu subito da tutti ammessa la necessità « di tener conto delle diverse condizioni di ciascuna impresa, « per ripartire fra le stesse l'onere che in complesso si sarebbero « assunte.

« La decisione di effettuare questo riparto è forse il più co- « spicuo trionfo pratico del principio corporativo o, in parole « diverse, dello spirito associativo che lega in una sola famiglia « le Imprese elettriche e segna un passo rimarchevole sulla via « di maggiori e più vaste intese future. Merita per queste ra- « gioni che io lo segnali oggi alla vostra attenzione.

« Così abbozzati i nostri criterii, ebbi incarico di presentare « le relative proposte al Capo del Governo.

« Non mancai di fare presente in quella occasione la vera « situazione della nostra Industria dal punto di vista dei suoi « investimenti, degli utili da essa conseguiti e della loro neces- « sarietà per assicurare nei limiti del fattibile la continuità del « suo finanziamento; della importanza dei contributi da essa « recati allo Stato ed agli Enti locali; e sopratutto misi in evi- « denza il fatto che l'energia elettrica per luce si vende in Italia, « astrazion fatta dalle tasse, a tariffe che non superano in nes- « suna località il triplo dell'anteguerra, e aggirandosi fra il « doppio e il triplo sono ben lontane da quel quadruplo, assunto « come base tendenziale per la campagna del ribasso allora in « sviluppo.

« Il Capo del Governo, accettando la nostra proposta dispose « che venisse tradotta in apposito atto legislativo. E nella Re- « lazione ministeriale che accompagnò il Decreto davanti alla « Camera il Governo riconobbe all'industria elettrica il merito « di aver spontaneamente proposto il proprio concorso all'opera « iniziata dal Governo per la riduzione del costo della vita.

« Che cosa disponga il Decreto vi è noto. A noi come ausiliarii « del Ministero delle Corporazioni è affidato il compito di for- « nire i dati e le informazioni occorrenti a ripartire sulle Aziende « che non vendono luce, o ben poca, (ma che pure dal più al « meno beneficiano della riduzione nelle spese sopra accennate) « una parte dell'onere gravante sulle altre.

« Le documentazioni necessarie, che il Comitato ha deciso « di assumere senza indugio, e che furono chieste a tutte le « Ditte di cui possediamo notizia, consistono, nella indicazione:

« *a*) dei risparmi effettuati sui salari, stipendi ed assegni « (calcolati in base al consuntivo del novembre 1930), nonchè « sulle partecipazioni degli Amministratori e dei funzionari,

« *b*) dell'importo dei dividendi distribuiti e di quelli in- « cassati dalle Società Elettriche sulle loro partecipazioni,

« *c*) degli utili di bilancio quali risultano dal più recente « concordato col fisco, e infine

« *d*) dei dati relativi alla produzione e vendita dell'energia « separatamente per luce e per uso industriale.

« La Federazione delle Aziende Municipalizzate dovrà essa « pure fornire al Ministero gli elementi per il riparto di cui « sopra, limitatamente alle aziende di iniziativa pubblica. Per « le aziende miste ci intenderemo.

« La raccolta degli elementi non è facile. La resistenza a dare « informazioni è tuttora fortissima. Ma io spero che ne verremo « a capo.

« Colgo l'occasione per raccomandarvi di usare tutta la vostra « autorità perchè le risposte ci siano date con sollecitudine, com- « pletezza e precisione; raccomandazione che estendo anche alle « eventuali informazioni nuove che potrebbero venirvi richieste.

« Raccolte le informazioni necessarie non mancherò di sotto- « porre al vostro Comitato prima, e al vostro Consiglio dopo, « le direttive concrete per la effettiva e pratica attuazione del « riparto. E tali proposte sottoporremo al superiore Ministero, « per le sue decisioni.

« Il provvedimento adottato nel Decreto ha dato luogo a di- « verse contestazioni delle quali la UNFIEL si sta occupando. « La più importante è quella sollevata da alcuni grossi indu- « striali che acquistano energia per uso promiscuo di luce e di « forza, e che per le disposizioni del Testo Unico che regola « l'applicazione della tassa governativa sul consumo dell'ener- « gia rivestono la figura di *fabbricanti* anche se non producono « direttamente l'energia stessa. Essi che hanno concluso sempre « contratti speciali e mai si assoggettarono alle tariffe comuni, « che per questa ragione ebbero agio di limare fino all'estremo « limite della convenienza economica il beneficio del venditore, « vorrebbero oggi cogliere il pretesto del decreto per aggiungere « al beneficio loro derivato dalle riduzioni dei salari e degli sti- « pendi, anche il rimborso a carico del loro fornitore di energia « di una parte della tassa governativa che essi, non il fornitore, « sono tenuti per contratto a pagare.

« Non abbiamo bisogno di dirvi che resisteremo contro questa « infondata pretesa con tutte le nostre forze. Del resto il Decreto « li esclude inequivocabilmente dal novero dei beneficiati, in « quanto esso ha per fine la limitazione della *rivalsa*, e questa « nel loro caso non può applicarsi essendo il fabbricante e il con- « sumatore rappresentati dallo stesso ente.

***

Nello scorso ottobre la Confederazione dell'Industria si fece « portavoce delle richieste di due classi di utenti, i Cotonieri « e gli Industriali del Freddo, i quali, invocando la crisi, chiesero « alcune facilitazioni ai fornitori d'energia, e principalmente un « alleviamento dei minimi garantiti.

« Quantunque la crisi non fosse lontana dalla nostra casa « dove anzi entrava poco dopo a renderci meno agevole l'esi- « stenza, abbiamo tuttavia potuto accogliere in parte le richieste « patrocinate dalla Confederazione. Abbiamo infatti con circo- « lare apposita raccomandato alle Associate alcune concessioni « a favore delle industrie in questione, limitatamente al periodo « di tempo scaduto il 31 marzo 1931 per i Cotonieri e per tutto « il 1931 per alcune delle concessioni per gli Industriali del « Freddo.

***

« Il Ministro dei Lavori Pubblici ha recentemente presentato « al Senato (e questo lo ha approvato nella seduta del 27 marzo) « il Disegno di Legge per il nuovo ordinamento del Consiglio « Superiore dei Lavori Pubblici e per la competenza degli or- « gani consultivi in materia di opere pubbliche.

« Il Ministro non ha ritenuto di poter accettare la richiesta « da noi presentata di includere nella III Sezione alcuni nostri « rappresentanti o di procedere alla creazione della Sezione spe- « ciale per l'elettricità prevista dall'art. 7 del R. D. L. 16 di- « cembre 1926, n. 2373. Nella Relazione che accompagna il « Disegno di Legge è esplicitamente detto che tale richiesta non « è stata accolta sia perchè gli affari da sottoporre alla nuova « Sezione sarebbero stati numericamente scarsi, sia perchè essa « avrebbe urtato contro il divieto generale (contenuto nell'art. 11 « del progetto) di partecipazione al Consiglio Superiore di per- « sone almeno indirettamente interessate negli affari da trattare.

« Per lo stesso motivo sono esclusi dal Consiglio Superiore « gli Amministratori e consulenti di Società od Enti che abbiano « convenzioni con lo Stato per la esecuzione di opere pubbliche « o per l'esercizio di pubblici servizi.

« Nel progetto è prevista la nomina a Membri del Consiglio « Superiore di sei esperti, tra i quali uno in elettrotecnica.

« Per quanto riguarda le attribuzioni del Consiglio Superiore, « il nuovo ordinamento lascia ad esso la sola competenza tecnica, « riservando al Consiglio di Stato la competenza giuridica ed « amministrativa. Viene così abrogato il primo comma dell'art. 5 « della Legge 24 giugno 1929, n. 1137 che stabiliva che le con- « cessioni erano accordate udito il parere del Consiglio Supe- « riore dei Lavori Pubblici.

***

« La Società Litoranea di Elettricità, che sta costruendo un « impianto termoelettrico nelle Marche destinato alla produ- « zione di energia per la distribuzione in concorrenza con la « UNES, ha rivolto al Governo una richiesta tendente ad otte- « nere che nei contratti di fornitura vengano abolite le clausole « relative alla durata della fornitura, motivando tale richiesta « con la necessità di non ostacolare il collocamento di energia « da parte di nuove Aziende.

« Il Ministero delle Corporazioni con sua nota del 17 dicem- « bre 1930 chiese il parere della UNFIEL, la quale in data « 23 dicembre prospettò dettagliatamente le gravi conseguenze « che l'accettazione di una simile proposta produrrebbe per « tutta l'industria elettrica italiana.

« La Società Litoranea successivamente (18 febbraio 1931 « rivolgeva un altro memoriale con analoghe proposte al Mini- « stero dei Lavori Pubblici, il quale, essendogli forse sfuggito « che trattasi di questione di carattere generale, trasmise l'in- « carto all'Ufficio del Genio Civile di Ancona perchè chiedesse « alla UNES le proprie controdeduzioni. Questa ha dato una « risposta analoga a quella già inviata da noi al Ministro delle « Corporazioni.

« Per ora non abbiamo alcun'altra informazione sullo stato « della pratica.

***

« Come già sapete, al *Comitato Consultivo per la Trasmissione* « *e Scambio* già funzionante presso il Ministero dei LL. PP. è « stato affidato l'incarico dello « studio dei problemi elettro « agricoli del Paese » e di « studiare e proporre provvedimenti « adatti a diffondere l'uso dell'energia elettrica nelle campagne ».

« A tale scopo sono stati chiamati a farne parte il Direttore « Generale dell'Agricoltura, i Proff. Silvestri e Ganassini, gli « Ingg. Casini e Riccioni, tre rappresentanti della Confedera- « zione degli Agricoltori, nonchè altri due rappresentanti della « UNFIEL da noi designati nelle persone dell'Ing. Balsamo e « del Prof. Manzetti.

« Avendo la Confederazione Generale degli Agricoltori presen- « tato a tale Comitato un esposto nel quale erano mossi ingiusti « appunti all'industria elettrica, accusata di trascurare i pro- « blemi dell'elettrificazione rurale e di osteggiarne la soluzione « con l'adozione di tariffe complicate ed esose, i nostri Rappre- « sentanti hanno presentato una ampia esauriente Relazione che « verrà pubblicata in uno dei prossimi numeri della nostra Ri- « vista.

« La discussione degli argomenti relativi alle applicazioni « agricole dell'energia elettrica è già stata iniziata dall'apposita « Sottocommissione del Comitato Consultivo nella seduta del « 27 marzo. L'incarico di Relatore è stato affidato al nostro rap- « presentante Prof. Manzetti.

« Ma nel frattempo i rapporti fra la nostra Industria e la « autorevole rappresentanza sindacale della grande famiglia « degli Agricoltori, anche per consiglio ed intervento di uomini « autorevoli estranei al dibattito, sono andati sensibilmente mi- « gliorando, cosicchè abbiamo potuto prenderne atto e compia- « cercene nella circolare N. 8, del 24 marzo 1931 diramata alle « nostre Associate, che crediamo abbia avuto il più leale ricono- « scimento tanto presso la Confederazione degli Agricoltori che « tra i Membri del Comitato Consultivo.

***

« Con il ritardo giustificato dalla natura della nostra indu- « stria, la crisi ha cominciato a diventare manifesta anche nel « nostro campo. A partire dall'ottobre le nostre Statistiche hanno « segnalato nella produzione dell'energia una diminuzione che « continua tuttora. Ecco gli aumenti e le diminuzioni percen- « tuali verificatesi rispetto ai mesi omonimi dell'anno prece- « dente:

		Aumenti	*Diminuzione*
1930 –	Agosto	—	0,63
	Settembre	3,46	—
	Ottobre	0,43	—
	Novembre	—	4,67
	Dicembre	—	3,61
1931 –	Gennaio	—	8,64
	Febbraio	—	7,20

« In considerazione di questi fatti e del loro probabile svol- « gimento futuro alcune Associate hanno dovuto sospendere i « lavori ultimamente iniziati per i nuovi impianti idroelettrici.

***

« Fra le azioni esperite dalla UNFIEL ricorderete quella « per la modificazione del Codice della Strada nella parte che « riguarda le occupazioni e gli attraversamenti con linee elet- « triche.

« E poichè la Camera, approvando in massima il Codice della « Strada dava incarico ad una Commissione parlamentare di « apportarvi modificazioni atte a correggerne i difetti che in « molte sue parti erano stati rilevati, non mancammo di fornire « ai Commissari la più ampia documentazione per dimostrare « la necessità di modificare tutta la parte relativa agli elettrodotti.

« La Commissione ha presentato in questi giorni la sua Rela- « zione nella quale ha espresso il parere che la parte che ci ri- « guarda debba continuare ad essere regolata dalle leggi speciali.

« È da sperare che tale parere venga accolto dal Governo: « affinchè cessino le numerose e continue contestazioni fra le « nostre Associate e l'Azienda della Strada, che voi già cono- « scete.

***

« In seguito alle disposizioni impartite da S. E. Bottai e « dalle competenti Gerarchie corporative la UNFIEL non ha « mancato di ridurre le sue spese. Essa, oltre all'applicazione « del disposto del R. D. Legge 20 novembre 1930, n. 1491, « per la limitazione degli stipendi, in confronto del proprio « personale ha adottato la decisione di tenere i suoi Congressi « soltanto ogni biennio, cosicchè la prossima riunione avrà « luogo nel 1932; di non partecipare più ad esposizioni le quali « per una industria come la nostra rappresentano una partita « di spesa senza compenso possibile, scarsissimi e indifferenti « essendo sempre i visitatori di stand nei quali siano esposti « soltanto diagrammi tabelle e fotografie. Naturalmente ab- « biamo seguito l'ordine di sopprimere tutte le altre spese non « strettamente necessarie ».

La Relazione del Presidente, seguita attentamente dai presenti, è alla fine vivamente applaudita.

***

Elezioni di Membri del Consiglio.

Il Presidente ricorda che l'Assemblea delle due Sezioni deve procedere al rinnovo annuale di un terzo dei Membri elettivi del Consiglio. Per compiuto triennio scadono:

della Sezione Economica: Balsamo, Ferrerio, Gasparoni, Maglione, Lodolo, Ponti;

della Sezione Tecnologica: Roncaldier, Salvini, Selmo; tutti rieleggibili.

Inoltre l'Assemblea deve ratificare la nomina del Prof. Forti, chiamato a sostituire l'Ing. Vismara, il quale avendo cessato di ricoprire la carica di Amministratore Delegato della Soc. Gen. Elettrica della Sicilia, ha rassegnato le dimissioni da Membro del Comitato e dal Consiglio della UNFIEL.

L'Ing. *Banfi Enrico* propone che vengano rieletti per acclamazione tutti i Consiglieri uscenti e che pure per acclamazione venga senz'altro ratificata la nomina del Prof. Forti alla carica di Consigliere per la Sezione Economica.

La proposta è approvata all'unanimità dalla Assemblea.

***

Relazione del Tesoriere economo e dei Revisori dei conti sull'esercizio 1 semestre 1930.

Il Tesoriere Economo Ing. Taccani dà lettura della Relazione sul Bilancio consuntivo per l'esercizio 1° semestre 1930.

L'Ing. Biagini dà lettura della Relazione dei Revisori dei Conti sullo stesso consuntivo.

Di entrambi i documenti l'Assemblea prende atto.

***

Approvazione del Bilancio Preventivo per l'esercizio 1931-32.

Il Presidente dà lettura del Bilancio Preventivo per l'esercizio 1931-32. Su di esso nessuno chiede la parola. Messo ai voti, il bilancio risulta approvato all'unanimità.

***

Nomina dei Revisori dei Conti per l'esercizio 1931-32.

Il Presidente ricorda che a norma dell'art. 21 dello Statuto l'Assemblea deve procedere alla nomina di due Revisori dei Conti per l'esercizio 1931-32.

Vengono riconfermati per acclamazione l'Ing. Augusto Biagini ed il Comm. Adolfo Rossi.

***

L'Ing. Bocciardo chiede la parola per rivolgere un plauso a nome di tutti i presenti al Presidente On. Motta per l'opera attiva ed entusiastica che egli continua a svolgere per lo sviluppo dell'industria elettrica Italiana, pregandolo di accettarlo come segno di gratitudine.

L'Assemblea si associa alle parole dell'Ing. Bocciardo applaudendo lungamente.

L'On. Motta ringrazia l'Ing. Bocciardo; e dopo aver ricordato, elogiandola, l'opera del Direttore dell'Associazione Ing. Cesàri e dei suoi collaboratori, scioglie la seduta che termina alle ore 12.30.

FATTI E TESTIMONIANZE

A VERBALE

La Società Montecatini, la potente organizzazione che monopolizza la produzione e il commercio dei fertilizzanti in Italia, ha dichiarato nella sua relazione agli azionisti per l'esercizio 1930 quanto segue:

« Nel 1930 i nostri stabilimenti hanno consumato 907.744.880 « kWh di cui 504.368.453 acquistati e 403.376.427 prodotti nei no- « stri impianti. Con l'entrata in funzione dell'impianto del- « l'Anza, il consumo degli stabilimenti del Gruppo Montecatini, « si avvicinerà al miliardo di kWh, energia per metà acquistata « e per metà da noi stessi prodotta.

« *Come vi abbiamo accennato nella passata relazione, è nostro* « *intendimento, in quanto ci sia possibile, di mantenere il concetto* « *di utilizzare energia di nostra proprietà unicamente per la pro-* « *duzione dei nostri stabilimenti. A mantenere questo programma* « *è necessario che i produttori di energia ci assicurino il fabbisogno* « *che ci occorre da terzi, a prezzi e condizioni soddisfacenti e, che,* « *quando si presenti la necessità, essi stessi ci rilevino quei quan-* « *titativi che non ci fosse possibile utilizzare per i nostri im-* « *pianti* ».

COMMENTO

L'industria elettrica italiana, veramente, ha al suo attivo tali benemerenze, e la riduzione dei costi dell'energia per il consumatore è stata tale, che essa potrebbe anche ignorare la inspiegabile se pure chiarissima minaccia della Montecatini. Ma non sarà del tutto inutile lamentare che una grande e potente società industriale non abbia sentito l'opportunità, se non la necessità, di una maggiore prudenza e di un maggior ritegno di pensiero e di parola nei riguardi di tutta un'industria diversa. Parlare in tono di minaccia ai produttori elettrici in genere; pretendere perfino di imporre ai medesimi l'acquisto della propria esuberanza di energia; assumere un tale atteggiamento verso un'industria come la nostra, produce un non piccolo senso di stupore, perchè crea un precedente che bisogna augurarsi non venga seguito. L'industria elettrica italiana rappresenta un immobilizzo di oltre venti miliardi di lire; essa perciò deve avere presumibilmente reso al Paese dei servizi alquanto maggiori (in peso s'intende, se non si vuole ammettere anche in qualità) di quelli, indubbiamente meritevoli, resi dalla Montecatini. L'industria elettrica italiana non soltanto ha assistito ammirata, ma sa di avere, sia pure solamente con forniture a prezzi bassissimi, contribuito al successo economico della grande società fertilizzante; e nessuna voce mai si è levata nel nostro campo ad invidiare i frutti copiosi che essa ha saputo ritrarre dal mercato italiano. Quali gravi colpe abbiamo dunque commesso per attirarci i fulmini della Montecatini?

Gli ottimisti potrebbero rispondere che la relazione del Consiglio voleva alludere a uno solo dei suoi fornitori, col quale pare sussistano tuttora contrasti d'interesse. Se così fosse, ci permetteremmo osservare che sarebbe stato desiderabile non generalizzare, evitando di fare accenni così tenebrosi davanti agli azionisti, ai quali si dovrebbe, a nostro subordinato parere, o spiegare chiaramente di che si tratta o non dir nulla.

Comunque sia, non è nostra intenzione rispondere con lo stesso tono, nè con riconvenzionali minaccie. Abbiamo nervi abbastanza solidi da poter aspettare che le parole siano tradotte nei fatti, certi di poter sempre tutelare i legittimi ed onorevolissimi interessi che ci sono affidati. Staremo dunque a vedere che cosa ci riserva il prossimo avvenire; per ora ci limitiamo a mettere a verbale le dichiarazioni della Montecatini.

IL CONSUNTIVO 1930 DI UN'AZIENDA RISICOLA

Il giornale *La Sesia* ha pubblicato nel suo numero 26 del 31 marzo u. s. un importante articolo nel quale è dato il rendiconto dettagliato di un'azienda di media grandezza del Vercellese, gestita dall'On. Alice.

Su una spesa totale di lire 584.281, gli introiti si limitano a lire 423.493 d'onde una perdita di Lire 160.788.

Per i nostri lettori, i quali non disconoscono la durezza dei tempi attuali per l'agricoltura italiana, sconvolta sopratutto dalla deflazione nei prezzi dei prodotti agricoli, sarà importante segnalare che nella spesa figurano le seguenti poste principali:

Canone d'affitto	L.	70.000.–
Imposte e tasse	»	20.500.–
Interessi sui capitali di scorta e sui debiti	»	22.800.–
Assicurazioni	»	42.000.–
Mano d'opera	»	220.000.–
Concimi	»	70.000.–
Sementi	»	31.000.–
Mercati, fiere, direzione, famiglia	»	20.000.–
Rimonta stalle	»	18.000.–

Ma in particolare si noti che l'energia elettrica figura per le seguenti due voci:

Luce elettrica	L.	2.879.—
Forza motrice elettrica	»	3.300.—

In totale dunque il venditore di energia ha incassato poco più di 6.000 lire. Ma devesi tener presente che una parte non trascurabile dell'incasso per luce, forse compresa fra 500 e 900 lire, è devoluta allo Stato ed al Comune a titolo di tasse.

Così di fronte ad una spesa di 220.000 lire per mano d'opera e di 70.000 lire per concimi, l'energia elettrica non ha prodotto che uno sborso di poco più di 5000 lire (al netto delle tasse). Qualche cosa come il due e mezzo per cento della mano d'opera e il sette e mezzo per cento dei concimi. Appare dunque esaurientemente dimostrato, anche in base a cifre concrete, ciò che da tempo noi andiamo sostenendo: che cioè l'incidenza della spesa per l'energia elettrica usata in fattoria sulle gestioni agricole è trascurabile, come lo è in pressochè tutti i bilanci economici della famiglia, dell'industria e del commercio. Se anche l'energia elettrica fosse ceduta gratuitamente, gli agricoltori non potrebbero accorgersene nella difficoltà e nella durezza della loro vita attuale; forse non potrebbero neanche ringraziarcene. Ben altre provvidenze; ben altri accorgimenti; ben altre decisioni saranno necessarie per rendere all'agricoltore la tranquillità di cui ha bisogno per dedicarsi ai suoi campi.

SEMPRE IN TEMA DI AGRICOLTURA

Ma non ci illudiamo che con le cifre riprodotte da *La Sesia* e neanche con un volume di cifre dello stesso genere, si riesca a persuadere tutto il mondo. Per esempio l'Ing. Sergio Levi sul *Giornale di Agricoltura della Domenica* del 5 aprile 1931, non contesta che il problema dell'elettrificazione rurale sia un problema di capitali, e che perciò si possa volgarizzare questa verità dicendo che se anche il prezzo del kWh si riducesse a zero, l'elettrificazione rurale non si potrebbe fare per l'eccessivo costo degli impianti. Ma l'Ing. Levi trova modo di cavarsela con una battuta abbastanza spiritosa. Egli scrive che se anche il costo degli impianti fosse zero, l'energia non si comprerebbe ugualmente, perchè costa troppo. Disgraziatamente questa battuta non contiene altro che il suo spirito: ed è proprio l'autore che ne dà la dimostrazione. Infatti egli scrive poco dopo che, ammettere l'intervento dello Stato per l'elettrificazione integrale del territorio nazionale, equivarrebbe a portare un troppo forte urto all'equilibrio economico nazionale, il quale (badate bene, egregi lettori) *risentirebbe un troppo grave peso, senza per altro che la stessa agricoltura possa goderne un adeguato vantaggio* (sic).

Queste parole, se non abbiamo le traveggole, vogliono dire che anche a parere dell'Ing. Sergio Levi: 1° *i capitali necessari all'elettrificazione rurale sono talmente ingenti che perfino lo Stato cioè l'intera nazione, non potrebbe sopportarne il peso*; 2° *che inoltre questo peso sarebbe sproporzionato ai vantaggi realizzabili dall'agricoltura*. Non si può dunque essere d'accordo con noi più di quanto si dimostri l'Ing. Levi con queste spontanee dichiarazioni. Il disaccordo esiste soltanto nell'interno del suo spirito.

L'energia elettrica infatti non si può consumare se non *dopo* aver costruito gli impianti, onde la *prima* difficoltà che bisogna risolvere anche in ordine di tempo è l'approvvigionamento dei capitali occorrenti, non l'annullamento del prezzo del kilowattora. E d'altra parte se l'onere degli investimenti è tale da mettere in forse l'equilibrio economico nazionale, *a fortiori* quel peso schiaccerebbe l'equilibrio economico dell'industria elettrica, la quale poi non si vede perchè dovrebbe essere sacrificata da un problema che non è certamente suo, dal momento che sarebbe troppo grave per la totalità dei cittadini.

Senonchè l'Ing. Levi ha creduto di mettere veramente il dito sulla piaga quando ha affermato che lo Stato potrà intervenire soltanto nei territori dove ancora non esistono le linee elettriche; mentre invece nelle zone dove la rete di distribuzione è già intensiva e fittissima, se l'elettricità anzichè diffondersi viene abbandonata per riprendere l'uso dei motori a combustione, le cause non possono essere imputabili che all'industria elettrica.

Noi crediamo che l'Ing. Levi non abbia sufficientemente riflettuto alle condizioni reali del problema. Quando egli scrive che ci sono delle zone dove la rete è fittissima, afferma una verità relativa, anche se *fittissima* è superlativo assoluto. Che cosa vuol dire essere la rete fittissima? Se per esempio una fattoria è distante due km. da questa rete fittissima; e se la vendita di energia alla fattoria potesse far introitare al venditore mettiamo 5.000 lire, mentre la costruzione degli impianti occorrenti per l'allacciamento *esclusivo* di quella fattoria richiedesse un immobilizzo di 40.000 lire, crede l'Ing. Levi di poter facilmente indurre il distributore dell'energia a prendersi a suo carico la spesa della costruzione degli impianti? In regime di prezzi *economici*, cioè di industria libera, il problema è sempre uno solo. *I contratti si concludono soltanto se e quando le due parti riescono a trovare condizioni di reciproca convenienza*. È in questo modesto aggettivo di « *reciproca* » che sta la chiave del problema.

L'Ing. Levi, e molti altri con lui, pensano che l'aggettivo *reciproca* applicato al sostantivo *convenienza* sia una prepotenza bella e buona dell'industria elettrica. Essi hanno tutta l'aria di credere e pretendere che il giudizio sulla *convenienza* venga deferito agli agricoltori. Ma con questo criterio si fanno soltanto delle polemiche. Non si conclude nulla di serio e di positivo.

Per concludere, bisogna avere il coraggio di dire che a vantaggio dell'agricoltura si vogliono imporre dei prezzi *politici*. Non sarebbe certo la fine del mondo. Sarebbe soltanto, a parere nostro, una *ingiustizia*, anzi una *ingiustizia non necessaria*. *Ingiustizia*, perchè la perdita provocata da chi gode il beneficio di prezzi politici deve necessariamente essere compensata con un sovraprezzo a carico di chi ne è escluso; così e come le perdite provocate dai cattivi pagatori di merci o servizi o imposte ricadono inevitabilmente a carico dei buoni pagatori; e sempre nel mondo, anzi nel consorzio civile, i diligenti scontano i peccati dei negligenti.

Ingiustizia non necessaria, perchè... perchè alleggerire una famiglia della spesa per il prezzemolo è solo una beffa. E il Capo del Governo, infatti quando volle che il costo della vita diminuisse, non cominciò dal prezzemolo nè dal lucido per scarpe, cominciò dagli affitti, e battè sugli alimenti.

Per buona fortuna, come abbiamo già avuto occasione di dire altre volte, gli agricoltori sul serio, cioè quelli che stanno in campagna e coltivano i loro campi o i campi che hanno affittato da altri, quelli, se non intervengono mestatori, si accordano con le Società elettriche. E gli esempi vanno crescendo tutti gli anni, ad onta della crisi. Non ripeteremo mai abbastanza che in alcune provincie (di Alessandria per es.) gli impianti di sollevamento d'acqua si sono sviluppati rigogliosamente. Che cosa significa questo fatto? Che con le attuali tariffe, così infamate dall'Ing. Levi, la convenienza degli impianti elettrici per sollevamento d'acqua è stata trovata *reciproca*, cioè giudicata favorevolmente anche dagli agricoltori.

Ma torniamo al punto di partenza. L'Ing. Levi a proposito di incidenza dice che « guardando i bilanci delle aziende agricole elettrificate, e le gestioni dei singoli impianti, si vede come le spese di esercizio a carico dell'agricoltura portano ad un'incidenza gravosissima (*sic*) sul bilancio delle aziende ». Noi non riusciamo a comprendere che cosa voglia dire *guardare le gestioni dei singoli impianti*. Certo, se si accerta la spesa d'esercizio di un impianto di sollevamento d'acqua, e si cerca l'incidenza di questa spesa sul costo dell'acqua sollevata si trova un'incidenza del cento per cento; è dunque probabile che il pensiero dell'Ing. Levi non sia questo, troppo spiritoso evidentemente anche per lui. E allora, noi gli saremmo grati di voler esemplificare, cioè fare delle cifre. Sulle cifre siamo sempre pronti a discutere.

Prima di chiudere vogliamo dire che se nell'agricoltura non conosciamo casi in cui l'energia elettrica sia stata abbandonata per *riprendere* l'uso dei motori a combustione, come scrive l'ing. Levi, questi casi cominciano a presentarsi nell'industria, purtroppo. Comunque sia, delle due l'una: o si credono gli industriali elettricisti talmente scriteriati, anzi scemi, da perdere deliberatamente i loro clienti, oppure bisognerà ammettere che questi casi *dimostrino* come la concorrenza del motore a combustione permetta, a chi ha bisogno di forza, di sottrarsi all'« *odioso* » monopolio degli elettricisti.

Se così fosse, come è effettivamente, non vediamo perchè molta gente si dolga tanto dell'asserito eccessivo costo dell'energia elettrica. Benedetto Dio! È talmente semplice! Si tralascia di comprare l'energia elettrica e s'impianta un motore a combustione.

Qui vorremmo fermarci; ma siamo sicuri che l'Ing. Levi e tutti quelli che la pensano come lui, a questo punto ci diranno: bel risultato! Ecco come si fa l'interesse nazionale! L'interesse nazionale consiste nell'utilizzazione delle forze idrauliche; e gravare il paese col lordo peso dell'importazione dei combustibili per motori termici è un delitto!

Sappiamo questa musica a memoria; e troviamo nel nostro spirito non smarrito una risposta che riteniamo definitiva, che certo è realistica, perchè tiene conto soltanto dell'uomo com'è, non dell'uomo-mito come dovrebbe essere a sentire taluno. A tutti coloro cui sta a cuore l'interesse collettivo molto più che l'interesse individuale e giudicano che l'individuo debba

andare in malora per il bene della collettività (esempligrazia per diminuire ad ogni costo il prezzo dell'energia elettrica) è sempre aperta la grande via maestra dell'esempio, col quale castigare i reprobi e assicurarsi la corona civica: fare degli impianti idroelettrici; farne molti; farne dapertutto; farne sempre. È soltanto cavando di tasca denari proprii che si può insegnare (o imparare) a vendere l'energia elettrica a prezzi molto minori di quelli ai quali purtroppo gli industriali elettrici, per ignoranza incorreggibile, sono costretti a venderla, se vogliono, si intende, dare il necessario profitto, nella misura che i tempi comandano, alle migliaia di cittadini che hanno investito il loro peculio proprio per fornire al paese l'energia elettrica di cui ha bisogno.

E qui facciamo punto definitivamente.

L'ELETTRICITÀ NELL'AGRICOLTURA

Siamo lieti di riprodurre dal Giornale d'Italia *del 24 aprile 1931 l'articolo intitolato « L'Elettricità nell'Agricoltura ».*

Le iniziali della firma ci fanno ritenere che lo scritto sia dovuto ad un tecnico autorevolissimo. Lo segnaliamo agli industriali dell'elettricità per lo spirito sereno ed obiettivo che lo ha inspirato. Molte delle nostre affermazioni trovano nello scrittore il più aperto consenso. In una parola, lo scritto contrasta singolarmente con l'asprezza preconcetta di altri tecnici e uomini politici, ai quali lo dedichiamo.

È sempre vivamente discusso il problema delle applicazioni agricole dell'energia elettrica. Essa, generalmente, si pone in termini di prezzo dell'energia, che gli agricoltori vorrebbero diminuito e gli industriali non vogliono diminuire. Bisogna ammettere che il problema non è posto, così, nei termini più adatti per giungere a una soluzione.

Va, certo, affermato che il prezzo dell'energia deve commisurarsi al suo costo, senza che situazioni monopolistiche lo elevino oltre quel limite. Se questa condizione si verifichi oggi in Italia, non è facile constatare e comunque non si intende qui discutere. Ma — ammesso anche che essa sia, oggi o poi, realizzata — il problema è ben lungi dall'essere risolto.

Giova distinguere, nel costo unitario di energia fornita all'azienda agraria, due termini:

1) il costo dell'energia fornita sulle grandi reti ad alta tensione;

2) il costo successivo della sua distribuzione alle aziende agricole.

La diminuzione del primo termine deve essere chiesta agli industriali, ma anche agli agricoltori.

La realtà è infatti questa, che l'industriale sostiene una globale spesa annua per una potenza, rappresentata da migliaia o diecine di migliaia di chilowatt, che ha le più varie applicazioni, non esiste una distinta spesa annua che sia riferibile a ciascuna di esse, e che quindi ciascuna debba essere chiamata a rimborsare: esiste, invece, un costo globale che viene repartito per quote attribuite ai singoli consumi. In tale repartizione si può tener conto anche della capacità di ciascuno di questi e sopportare un prezzo più o meno elevato dell'energia attribuendo quote più basse ai consumi più poveri; ed è ben legittimo chiedere che, in questa fase, gli industriali — come già fanno in molti altri casi analoghi — ricordino che le applicazioni agricole non sopportano, in generale, alti prezzi della energia.

C'è di più: la medesima potenza impegnata per uso agricolo in una determinata stagione o parte del giorno, può talora essere destinata ad altri usi nelle altre stagioni o parti del giorno: c'è dunque, anche qui, non un distinto costo riferibile al consumo rurale, ma una repartizione, fra questo e gli altri, del costo totale della potenza impegnata: ritornano quindi le stesse considerazioni fatte sopra.

Ma se ciò va chiesto agli industriali, altro va chiesto agli agricoltori. Se essi impegnano pei loro bisogni un determinato numero di chilowatt, cui è attribuito un determinato costo annuo, una delle due: o essi assumono quel costo interamente a proprio carico, e allora la spesa per chilowatt-ora di energia dipenderà dal numero annuo di ore di utilizzazione agricola di quella potenza: tanto più alto questo numero, tanto più basso il costo per chilowatt-ora. Ovvero gli agricoltori, non potendo realizzare una sufficente utilizzazione annua, vogliono assumere a loro carico solo una parte di quel costo annuo, e allora occorre che il loro consumo si coordini, per stagione, o per orario giornaliero, con altri che possano sostenere la restante parte del costo.

Ora, la più o meno elevata utilizzazione annua della potenza impegnata per l'agricoltura, o l'eventuale sua coordinazione con altri usi della medesima potenza, dipendono, evidentemente, non dagli industriali, ma dagli agricoltori: spetta ad essi cercare quei modi di impiego dell'energia che rispondano alle indicate condizioni di basso costo.

Quanto si è detto riguarda la energia fornita sulle grandi reti ad alta tensione. Ma poi c'è la spesa della sua distribuzione alle aziende agricole, che, evidentemente, va tutta a carico degli utenti agricoltori. È loro compito cercare di diminuirla.

Molto vi influisce, è ovvio, la intensità territoriale dell'impiego: una rete di piccola potenza che debba servire un vasto territorio non può che riuscire troppo costosa.

Purtroppo — anche ammesse condizioni sotto questo aspetto favorevoli — il costo della rete rurale di distribuzione risulta sempre assai elevato. Un competente, l'ing. Piero Casini, ha calcolato che una rete agricola, con una potenza di 450 chilowatt che serva 4500 ettari — ciò che già richiede una grande intensità di impiego — esige un immobilizzo di almeno 2700 lire per kW consegnato alla utenza, e quindi di 270 lire per ettaro. La spesa annua — fra interessi, ammortamenti, spese di manutenzione, ricambi, esercizio — non pyò essere inferiore a 600-650 lire per kW, e quindi 60-65 per ettaro, *senza contare il costo dell'energia fornita alla rete d'alta tensione.*

***

Gli usi agricoli dell'energia elettrica non possono dunque rientrare nei limiti della convenienza economica, se non quando in un determinato territorio essi si concentrino con la maggior possibile intensità e si coordinino fra loro in guisa da portare a un'utilizzazione annua non troppo bassa della potenza impegnata, o eventualmente si coordinino cronologicamente con altri usi extra-agricoli di essa.

Ne segue che il problema, salvo casi particolari, è risolvibile non da agricoltori singoli, ma da tutti insieme gli agricoltori del territorio da elettrificare: non è un problema individuale, ma consorziale.

Anche così posto, difficile è risolverlo con le sole forze degli agricoltori.

Le più importanti applicazioni dell'energia elettrica nelle campagne sono: l'elettropompa per irrigazione — l'aratura, che per altro difficilmente può sostenere la concorrenza dei comuni trattori se non nelle arature profonde — la trebbiatura — la trasformazione di taluni prodotti (uva, olive, latte). Vi si possono aggiungere minori consumi per piccole operazioni di azienda e per luce. Ma anche dove l'elettrificazione della campagna abbia raggiunto un alto grado di intensità, l'esperienza insegna che è largamente ottimista contare sopra un'utilizzazione media annua degli impianti per 1000 ore; e che non si giunge in ogni caso a questo risultato se non dopo molti anni e nelle condizioni più favorevoli.

La rete agricola di cui abbiamo sopra parlato, a servizio di 4500 ettari — *anche se l'energia sulla grande rete ad alta tensione fosse fornita gratuitamente* — non potrebbe dunque dare, di regola, la energia all'azienda a meno di 60-65 centesimi per chilowatt-ora.

Si noti che ciò implica un consumo medio per Ha. di 100 chilowatt-ora, mentre l'esperienze dei territori elettrificati, non solo in Italia ma anche all'estero, denunciano consumi assai inferiori: solo dove l'irrigazione con acqua sollevata abbia larga applicazione, quella cifra può essere anche superata.

È difficile dopo ciò dissentire dalla conclusione del citato ing. Casini, che l'elettrificazione delle campagne non è tanto un problema di tariffe (benchè poi anche queste non siano trascurabili), quanto un problema di impianti — non tanto di energia, quanto di elettrodotto —; e che difficilmente esso sarà risolvibile ove lo Stato non trovi in detta elettrificazione tal ragioni di utile pubblico, da giustificare l'assunzione a propri carico di una parte del costo delle reti agricole di distribuzione

***

La Francia ha fatto dopo la guerra un grande sforzo p l'elettrificazione delle campagne: lo ha fatto a base di sovve zioni a fondo perduto (fino a tutto il 1929, ne furono accorda per 800 milioni di franchi) e di prestiti di favore. Vero è c la Francia aveva ancora molti comuni dove l'energia elettri non giungeva, mentre in Italia quasi ogni paese ormai ne spone.

Sovvenzioni e prestiti di favore sono concessi all'impian delle reti di distribuzione, considerate come opere di miglio mento fondiario.

Questo è il punto fondamentale. Riconosciuta la linea demarcazione fra la competenza dell'industria, che porta l'en gia fino ai vari comprensori rurali, e quella della agricoltu

che provvede alla rete interna di distribuzione alle aziende, si tratta di considerare quest'ultima come si considerano le altre opere fondiarie che creano o rinvigoriscono nel comprensorio la vita rurale, — come le strade, come i canali di bonifica, come le borgate rurali, come le opere di provvista dell'acqua, ecc. — le quali tutte ricevono dallo Stato sussidi e agevolazioni di credito.

La elettrificazione rurale, insomma, o si considera parte di quella che in Italia chiamiamo bonifica integrale, nella quale a fini economici si sommano altri fini sociali, morali, ecc.: o è problema difficilmente risolvibile.

La legge del Duce, al suo articolo 9, ha già riconosciuto questa verità; ma siamo appena ai primi passi, e la misura e le modalità dei contributi concessi dallo Stato meritano di essere attentamente riveduti.

A. R.

PER FINIRE

Un deputato parlando negli scorsi giorni, in non sappiamo quale occasione, avrebbe pronunciato la seguente orazione:

Abbiamo bisogno di umiltà ; bisogna smobilitarci ; vivere come vent'anni fa ; bisogna che il fustagno sia considerato ancora come un tessuto decoroso e alla seta si preferisca il cotone, perchè il tenore di vita nostro è superiore alla nostra possibilità di consumo ; e si rinunci alla luce elettrica *quando il servirsene deve solo giovare a chi vuol guadagnare con usura.*

Siamo noi pure d'accordo con la calda perorazione dell'On. Deputato. Soltanto lamentiamo per l'estetica e per la fama dell'oratore, che egli abbia sciupato tutto l'effetto della vibrante invocazione sparando il suo razzo finale contro l'industria elettrica.

Abbassare l'alata dichiarazione spirituale fino al livello della denigrazione gratuita è stata una vera jattura per l'illustre parlamentare. Si vede che, su di lui, qualche centesimo speso in più per la poca elettricità consumata in casa, ha il potere di togliergli ogni serenità ed ogni controllo di sè stesso.

Ebbene, noi non vogliamo proporgli di indagare se egli paga l'energia elettrica con lo stesso fattore di moltiplicazione adottato per il suo stipendio o per le sue specifiche professionali. Sarebbe tempo sprecato. Preferiamo lasciarlo alla sua malinconica fissazione.

DIRITTO E GIURISPRUDENZA

Avv. Camillo Giussani

Il possesso dell'energia elettrica

Questa Rivista ha pubblicato nel fascicolo del febbraio-marzo una sentenza del Pretore di Abbiategrasso in materia di tutela possessoria dell'utente di energia elettrica, privato della fornitura mediante taglio dei fili, ed ha fatto seguire a tale sentenza una nota critica dell'Avv. Patrucco, alle cui conclusioni sostanziali credo si possa *toto corde* aderire.

Ma la decisione pretorile surricordata non è senza precedenti nella nostra giurisprudenza, e dell'argomento ho dovuto altra volta occuparmi, sia in pareri a società elettriche, sia in relazioni alle assemblee annuali della cessata A.E.I.E. La suddetta decisione non è priva d'importanza, sopratutto perchè dimostra, nonostante le voci ad essa contrarie, prevalenti per numero ed autorità, come il vecchio problema sulla natura giuridica dell'energia elettrica e dei rapporti a cui essa dà luogo non sia ancora risolto con quella sicurezza e chiarezza che sarebbero desiderabili in una materia così viva e di così alto interesse per gli sviluppi dell'attività industriale moderna.

Senza presumere di approfondire in questo breve scritto un argomento così grave e ponderoso, credo tuttavia utile qualche riflessione circa un particolare aspetto della questione, sul quale verte, a mio avviso, il principale errore della sentenza sopra citata: voglio dire, circa l'idoneità dell'energia a costituire *in sè stessa* oggetto di possesso a termini degli art. 685 e segg. Cod. Civile.

Sono a tutti note le dispute dottrinarie (alle quali hanno preso parte, fra noi, giuristi come il Bonfante, il Barassi, il Carnelutti) sulla possibilità di qualificare l'energia elettrica come *res*, o *cosa* in senso giuridico; ed è pure noto che l'opinione affermativa ha trionfato in modo da poter essere ormai considerata come pacifica. Essa è accolta dalla giurisprudenza più autorevole; ed una abbastanza recente decisione della Cassazione Penale l'ha enunciata ed illustrata con argomenti di carattere scientifico che possono presentare qualche interesse pei lettori di questa Rivista: « Deve intendersi per *cosa* — dice la Suprema « Corte — qualunque *quid* materiale, mobile (beninteso, agli « effetti del *furto*, di cui la sentenza doveva occuparsi) ossia « un *quid* non semplicemente intelligibile (noumeno) ma che « possegga estensione e movimento e apparisca ai nostri sensi « (fenomeno) e sia capace in qualsiasi modo di possesso. In tal « senso l'energia elettrica è cosa materiale. Anzi dopo la sco- « perta del radio e le ultime teorie fisiche sulla materia, questa « viene concepita da alcuni come niente altro che unità di elet- « tricità (elettroni) e da altri semplicemente come un mezzo « conduttore di energia e come una forza speciale concentrata; « cosicchè *l'energia elettrica sarebbe materia per eccellenza*.

« Del resto qualunque sia la concezione fisica o filosofica della « materia che, *per definitionem*, è cosa corporale, essendo, « appunto, il *corpus* una quantità limitata di materia avente la « proprietà di occupare una porzione di spazio (la quale non « può essere occupata da altro *corpus*) è certo che la norma « giuridica deve aderire strettamente alla realtà e alla vita, come « fece mirabilmente il diritto romano, e quindi non può chiudersi « in certi schemi che alito di vita non lasciano penetrare. In « forza di questa esigenza, l'energia elettrica, che può imprigio- « narsi in certi meccanismi, e quindi rendersi passibile di pos- « sesso *non semplicemente ideale, ma materiale, non può non con- « siderarsi come cosa* » (Cass. Penale 29 aprile 1929 in *Giur. Ital.* 1929, II, 264. Conf. Cass. Penale 18 luglio 1924 in *Foro It.* 1925, II, 40 e le altre ivi citate).

Non spetta a me il dire quanta esattezza tecnica e scientifica possa riconoscersi a queste considerazioni della Suprema Corte in ordine alla natura ontologica della energia elettrica; ma è certo apprezzabile, in esse, la netta e recisa affermazione che la energia è *cosa* dal punto di vista del diritto, e che anzi è cosa di carattere *materiale*, non essendo passibile soltanto di apprensione ed utilizzazione puramente *ideali*.

Senonchè, come giustamente ha osservato il Bonfante in un suo memorabile scritto su questo argomento (*Foro It.* 1901, I, 901 in nota alla sentenza 14 maggio 1901 della Cassazione di Roma), il riconoscere alla energia il carattere di *res* non ci porta molto avanti nello studio e nella conoscenza dei rapporti giuridici attinenti all'energia elettrica.

Secondo il tradizionale concetto giuridico, è *res*, in senso lato, ogni oggetto di diritti soggettivi; e quindi l'avere accertato che anche l'energia elettrica, in quanto forma oggetto di tali diritti, è una *res*, potrebbe quasi apparire come una petizione di principio, se non fosse invece una chiarificazione opportunissima dal punto di vista sistematico; ed in questo ci permettiamo di dissentire dall'opinione dell'illustre Maestro sopra citato.

Ma il concetto di *res*, appunto per la sua latitudine, è soggetto a molteplici distinzioni, le quali riguardano, non soltanto la natura delle diverse « cose » (oggetti di diritti), ma anche, e sovratutto, il diverso modo in cui si esercita sopra di esse il dominio dell'uomo: che è quanto dire il diverso carattere dei rapporti giuridici di cui possono divenire oggetto. Cito, a mo' d'esempio, le *res in commercio* e le *res extra commercium*, le *corporales* e le *incorporales*, le materiali e le immateriali, le consumabili e non consumabili, divisibili e indivisibili, fungibili e infungibili, e via dicendo.

Ora, a proposito dell'energia elettrica, sembra si sia d'accord (specie dopo la giurisprudenza surricordata) nel considerarla come cosa, non *immateriale*, ma *incorporea* (V. Gilardoni *L'Elettricità e il diritto*; Manzini, *Trattato del Furto*, pag. 362) non immateriale, come lo sono ad es. *i diritti*, perchè non ha essenza puramente ideale e convenzionale; ma incorporea perchè, pur essendo un ente concreto, non è passibile di un *individuazione effettiva* nello spazio e nel tempo, di guisa ch le singole sue unità siano individuabili e riconoscibili in mod permanente, e formino, *come tali*, oggetto di rapporti giuridic Si potrà misurare l'energia quantitativamente, *ma non si pu identificarla, se non come attributo o modo d'essere di altri ent noti al diritto quali oggetti corporei, o res corporales*.

Di qui la difficoltà, giuridica e logica, di fare rientrare l'ene gia elettrica fra le cose suscettibili di divenire oggetto di po sesso.

Già gli antichi insegnavano che le cose incorporali possono fo

mare oggetto di possesso, solo in quanto vengano circoscritte e contenute stabilmente entro limiti materiali definiti. E la ragione precipua di ciò è nella stessa determinazione degli elementi costitutivi del possesso, i quali sono, secondo la dottrina tradizionale, il *corpus* (oggetto concreto della *possessio*) e l'*animus* (elemento soggettivo o intenzionale, che distingue la *possessio* dalla mera *detentio*).

Il *corpus*, cioè il potere diretto sopra un oggetto definito e individuabile, è dunque elemento imprescindibile della figura giuridica del possesso. Vero è che si ammette anche, per estensione logica, un possesso di *diritti*; ma deve trattarsi, secondo l'insegnamento ortodosso, di diritti *reali* (come ad es. le servitù); e in tal caso il *corpus* è sufficientemente delimitato dalla *res* sulla quale cadono i diritti in questione. La giurisprudenza unanime e la dottrina più autorevole escludono, anche nel diritto moderno, che possa parlarsi in senso giuridico di *possesso di diritti non reali*.

Tornando ora all'energia elettrica, è possibile considerarla come oggetto di quel particolare rapporto realistico (rapporto *fra persona e cosa*, si è persino detto da antichi scrittori) che va sotto il nome di *possesso* in senso giuridico?

Il dire che l'energia è una *res* non basta ancora a risolvere in senso affermativo la questione, postochè, come abbiamo visto, possono considerarsi *res* in senso lato anche cose immateriali, e diritti; i quali non sempre sono idonei a formare oggetto di possesso.

D'altro lato non fornisce un argomento decisivo contro la *possedibilità* dell'energia il fatto che essa *si distrugga* nell'atto stesso in cui viene utilizzata. (V. Cassazione Torino, 28 giugno 1918, in *Giur. Ital.* 1918, I, 1192); poichè, in primo luogo, non è escluso che l'energia possa essere per un certo tempo conservata, prima dell'utilizzazione (in accumulatori od altri apparecchi) restando così nella sfera *fisica* di potestà d'un determinato soggetto; e in secondo luogo, perchè nessuno ha mai pensato ad escludere le *res quae usu consumuntur* dal campo degli oggetti del possesso; e d'altronde questo non cessa di esistere, come fatto giuridico e capace di giuridici effetti, anche se, per la peculiare natura della cosa che ne forma oggetto, esso sia di breve durata, o addirittura istantaneo.

Secondo me la principale difficoltà a considerare l'energia come oggetto di possesso, consiste, come ho detto, nella impossibilità di individuarla separatamente dagli oggetti corporei a cui inerisce o aderisce. Ed è appunto questa impossibilità, che maggiormente interessa nella questione specifica dalla quale ho preso le mosse; quella cioè *sulla tutela giuridica del possesso*.

Può concepirsi una tutela giuridica del *possesso dell'energia* indipendentemente dalla tutela del possesso degli apparecchi attraverso ai quali essa scorre, o si conserva, o si consuma?

Ecco il quesito che appare completamente trascurato nella decisione del Pretore di Abbiategrasso.

Essa, dopo avere accertato che l'energia elettrica è *cosa*, concreta ed apprendibile, ha ritenuto di potere senz'altro concludere che l'energia medesima forma oggetto di possesso, giuridicamente tutelabile anche con l'azione di reintegra (o di spoglio) di cui agli art. 695 e 696 Cod. Civ., e che perciò la reintegrazione deve essere ordinata, quando l'utente di una somministrazione d'energia elettrica sia stato, *vi aut clam*, privato della fornitura mediante il taglio delle condutture.

Sulla erroneità, d'altronde evidente, di quest'ultima illazione, giustamente si è osservato (V. la nota alla sentenza nel fascicolo di febbraio u. s.) che, anche a voler ammettere la figura giuridica del possesso di energia elettrica, non è certo sull'energia *non ancora trasmessa e neppure prodotta*, che un tale possesso può ritenersi esistente e quindi tutelabile, nel momento in cui viene effettuato il preteso spoglio! Nè d'altro lato si potrebbe parlare di una reintegra nel possesso di energia che sia già stata appresa e consumata dall'utente, poichè tale possesso non può avere sofferto turbative nè spoglio, per effetto della successiva interruzione delle condutture.

Si tratta dunque soltanto di un diritto contrattuale di credito, eminentemente *personale*, ad una determinata prestazione (fornitura di energia); diritto che avrà potuto, nella fattispecie, essere stato ingiustamente leso, ma che certo non era suscettibile di una tutela in via possessoria. E l'errore della sentenza è quindi, già per questi motivi, evidente.

Ma la constatazione di quell'errore non permette di considerare risolta la questione di massima sopra esaminata, se l'energià in sé stessa, cioè come ente incorporeo autonomo ed indipendentemente dalla materia a cui inerisce, possa formare oggetto di possesso e di tutela possessoria.

Se in linea puramente astratta (si potrebbe dire: *in apicibus juris*) una siffatta possibilità non sembra da escludere, credo per contro che, nel campo delle applicazioni pratiche, cioè dell'attuazione concreta del diritto, il parlare di possesso autonomo d'energia elettrica, senza le dovute riserve o cautele, possa condurre (almeno allo stato attuale della tecnica e della scienza) a confusioni e ad equivoci, talora deplorevoli, come quello da cui traggono ispirazione le sentenze, per fortuna non numerose, che ammettono l'azione di reintegra nel caso di sospensione di fornitura mediante il taglio dei fili.

Anche ritornando, infatti, col pensiero all'esempio sopra accennato (e che potrebbe quasi essere assunto come caso limite), di una determinata quantità di energia conservata in accumulatori, non è chi non veda come l'eventuale *spoglio*, consistente nella utilizzazione abusiva di quel'energia, o comunque nello scaricamento degli accumulatori, non possa in alcun modo dar luogo al rimedio della *reintegra* (di cui al citato art. 696 Cod. Cic.), per la semplice ragione che tale rimedio presuppone la possibilità di ripristinare il possesso della identica cosa che ha formato oggetto dello spoglio: « *spoliatus ante omnia restituendus* ». La reintegrazione, come lo dice la parola stessa, non può essere che *ricostituzione del possesso* violato; rimedio essenzialmente *realistico*, a tutela di un istituto, che, qualunque ne sia la esatta definizione giuridica, entra indubbiamente nella categoria dei diritti *reali*, nella quale lo collocò l'infallibile intuito giuridico del Pretore Romano, i cui dettami, nonostante la novità della materia specifica, avrebbero potuto esser seguiti con profitto.... anche dal Pretore di Abbiategrasso!

Vero è che il negare l'esperibilità della tutela giuridica del possesso, non vorrebbe ancor dire negare l'esistenza del possesso, come fatto giuridico puro ed astratto; e potrebbe anche qui soccorrere un criterio metodologico che fu caro ai romani; quello cioè di adattare gli archetipi degli istituti giuridici alle mutevoli esigenze della vita pratica, aggiungendo o sottraendo ad essi particolari caratteristiche senza abbandonare la denominazione fondamentale. Si potrebbe così parlare di una *quasi possessio* o di una *possessio minus quam perfecta*, come si parla di quasi-contratti e quasi-delitti, e d'altri analoghi adattamenti terminologici.

Ma non si vede chiara (almeno nel campo privatistico) l'utilità di ricorrere ad un simile artificio, che è pur sempre un ripiego fittizio, allo scopo di salvare l'esistenza teorica di un istituto, il *possesso*, la cui ragion d'essere, nella dogmatica del diritto civile, è quasi del tutto, se non esclusivamente, determinata dalla necessità di dare una base sistematica precisamente a quei rimedi (*azioni possessorie*) che nella speciale materia in esame non avrebbero possibilità di esplicazione!

***

Alquanto diversi sono i termini e l'importanza pratica della questione nel campo del diritto penale, ove il carattere di *cosa mobile* e l'*apprendibilità* dell'energia elettrica hanno formato oggetto di discussione, in ordine alla possibilità di configurare il reato di *furto* nella sottrazione dolosa di energia (V. Manzini e le sentenze della Cassazione Penale sopra citate).

Il lungo ed appassionato dibattito si può dire ormai chiuso col prevalere del *concetto realistico* dell'energia; e il nuovo codice penale ha aderito alla dottrina imperante, disponendo, al capoverso dell'art. 624 (il quale ripete, nel primo alinea, la antica definizione del furto come « impossessamento della cosa mobile altrui »), che « agli effetti della legge penale, si considera « *cosa mobile* anche l'energia elettrica ed ogni altra energia « che abbia un *valore economico* ».

Il concetto del *valore economico*, più che la indagine sulla esistenza *materiale* dell'energia, ha dunque servito di traccia al legislatore nell'accogliere questa soluzione, come è reso ancor più evidente dalla Relazione del Guardasigilli: « La necessità « del requisito del valore economico è destinata a stabilire i « limiti della applicabilità della disposizione, perchè, essendo « universalmente accettato che non hanno valore economico « se non quelle parti, determinate e circoscritte, del mondo « esteriore, *che possono venire assoggettate alla volontà umana*, « ne discende che le energie allora soltanto possono essere con- « siderate cose mobili, ai fini penali, quando siano in condizioni « di essere *apprese e godute* con profitto proprio e danno altrui.

« Quali siano le modalità di apprensione e di godimento per « le diverse energie, in vista degli incessanti progressi della « scienza e della tecnica non è dato indicare e non è indicato « nel capoverso dell'art. 639 (divenuto poi il 624); nel generico « riferimento a tutte le possibilità, che l'avvenire degli studi « e della meccanica consentirà, è il pregio maggiore della norma.

« L'adozione di tale sistema è stata suggerita anche dalla « considerazione che le attuali controversie sull'ammissibilità « del carattere di una cosa mobile per le energie, dipende talora « dal non volere tenere nel debito conto, per i riguardi giuridici, « che la materialità e la trasportabilità della cosa possono, al- « cune volte, non cadere sotto il diretto esame dei nostri sensi « e possono, malgrado ciò, realmente sussistere, perchè rivelate « dalle ricerche della scienza e dalle applicazioni della pratica. « In base al progetto, perciò, *l'indagine della materialità è fru- « stranea*; tutte le volte in cui si saranno apprestati mezzi per « produrre, trasportare ed impiegare un'energia, si *dovrà rico- « noscere che questa ha un valore economico, e tanto basta perchè « trovi applicazione il capoverso dell'art.* 639 (ora 624) ». (Relazione di S. E. Rocco al progetto del nuovo Codice Penale, pag. 440).

È degna di nota la cura con la quale si è precisato, tanto nella relazione quanto nel progetto, che il carattere di *cosa mobile* è stato riconosciuto alle energie, pei soli *effetti della legge penale*. Sarebbe stato forse preferibile che questa limitazione, la quale potrebbe prestarsi ad erronee deduzioni *a contrariis* per ciò che riguarda gli altri campi del diritto, non fosse stata enunciata in riguardo alla attribuzione del carattere di *cosa mobile* all'energia, ma piuttosto in riguardo all'*impossessamento*, o, più generalmente, alla configurazione di un *possesso* dell'energia medesima. Infatti, come si è visto sopra, le difficoltà non sorgono tanto di fronte al riconoscimento del carattere *realistico* dell'energia, quanto per l'applicazione a quella *res* dell'istituto giuridico del *possesso*, almeno nel campo del diritto civile.

Ma è comunque importante, per la questione di cui mi sono qui occupato, che il legislatore abbia voluto nettamente limitare alla sfera del diritto penale le disposizoni che presuppongono un concetto di possesso dell'energia elettrica.

Fino a che punto, ed entro quali limiti possa tale concetto considerarsi comune alle diverse branche del diritto, è questione troppo vasta, che trascenderebbe i confini di queste mie brevi considerazioni.

Certo è però che, mentre appare facilmente pensabile il fatto, essenzialmente *dinamico*, dell'*impossessamento* o *sottrazione* dell'energia per consumarla a proprio vantaggio (ciò che costituisce l'estremo penalistico del furto di energia), è invece, pei motivi che ho sopra accennato, fonte di ragionevoli dubbi d'ordine logico e pratico, il concetto di *possesso* d'energia come fatto *statico*, alla cui protezione e *conservazione* il diritto civile dedica i peculiari istituti delle azioni possessorie.

AVV. CAMILLO GIUSSANI.

N. B. – Questo articolo era già scritto, quando è apparsa, nel fascicolo di marzo de *L'Energia Elettrica*, la sentenza 25 febbraio - 10 marzo 1931 del Tribunale di Milano, che ha riformato la decisione del Pretore di Abbiategrasso, menzionata nell'articolo stesso. Come ho detto, gli errori di questa decisione sono così evidenti che non si poteva attendere dal Magistrato d'appello una pronuncia diversa da quella resa dal Tribunale milanese, nella quale si legge, fra l'altro, un argomento identico a quello da me adombrato, relativo alla mancanza del *corpus possessionis* nella somministrazione d'energia. Tuttavia la questione giuridica di massima, circa l'ammissibilità in genere del *possesso* di energia elettrica nel campo del diritto civile, conserva, a mio avviso, tutto il suo interesse, ed è a sperare che la dottrina voglia farne oggetto di studio più ampio ed approfondito.

Massimario

Servitù telefonica – Rimozione – Competenza.

MASSIMA

Contro il decreto del Prefetto che costituisce una servitù di appoggio di fili telefonici, è ammesso soltanto il ricorso in via amministrativa; conseguentemente la autorità giudiziaria è incompetente a conoscere della domanda proposta del proprietario del fondo servente tendente ad ottenere la rimozione della servitù e la autorizzazione a provvedervi in caso di rifiuto da parte dell'utente della servitù stessa.

È invece competente la autorità giudiziaria a giudicare sulla impugnativa della valutazione dei danni derivanti dalla costituzione della servitù, fatta dal Genio Civile.

Appello Milano, 21 Novembre 1930, Pres. Balestrieri, Est. Lei Spano, in causa SOCIETÀ S.T.I.P.E.L. contro ZAMPINO.

DIRITTO

La Soc. Stipel solleva in questa sede la questione d'incompetenza dell'autorità giudiziaria a decidere della presente causa essendo al magistrato inibita la revoca dell'atto amministra tivo e cioè del decreto prefettizio con cui venne imposta la ser vitù telefonica, revoca ordinata dal Tribunale che ha impost alla Stipel la rimozione degli apparecchi e sostegni autorizzat dal Prefetto, con l'abilitare inoltre lo Zampino a rimuover egli stesso a spese della Società nel caso questa non vi avess provveduto nel termine fissato di giorni 30. Per coonestare c desta eccezione essa richiama l'art. 5 testo unico leggi telef niche 3 maggio 1903, il quale stabilisce che contro il decreto d Prefetto che impone la servitù è ammesso il ricorso a termi dell'art. 3 della legge sul contenzioso 20 marzo 1865 all. E, r stando sempre salvo agli interessati il diritto d'impugnare d vanti l'autorità giudiziaria la stima fatta dall'ufficio del Gen Civile. Sostiene quindi l'appellante che il giudizio del Tribuna doveva limitarsi all'impugnativa della stima fatta dal Gen Civile, non estendersi all'esame del modo in cui la servitù è stata imposta e tanto meno estendersi a decretarne la rimozion compito demandato all'autorità amministrativa; donde l'i competenza assoluta dell'autorità giudiziaria opponibile qualunque sede.

Anche la Corte ritiene dovere accedere alla tesi che n potesse il Tribunale autorizzare lo Zampino a rimuovere apparecchi telefonici per collocarli nel punto dove indicò

perito giudiziale, nel caso a tale rimozione e nuovo collocamento non provvedesse la Stipel; ma da ciò non deriva che la domanda d'incompetenza dell'autorità giudiziaria debbe essere accolta con la conseguenza di doversi mettere nel nulla la sentenza del Tribunale che può ben essere modificata in questa sede contenziosa nei limiti entro cui può spaziare la competenza ordinaria del magistrato. Come emerge dall'interlocutoria il rag. Zampino non attaccò d'illegittimità il decreto prefettizio; sostenne nella sua domanda che la Stipel aveva applicato alla sua casa un numero di appoggi telefonici maggiore di quanti il decreto gliene consentiva e che la costituzione della servitù non era riuscita la più conveniente allo scopo del servizio e la meno pregiudizievole alla proprietà servente (art. 5 della legge indicata). Onde accertare codesti estremi ed eventualmente stabilire i danni risentiti dall'attore fu ammessa la perizia dalla detta interlocutoria alla quale le parti si acquetarono, sicchè il tecnico scelto nella persona dell'Ing. Calvarano potè subito procedere all'esame della località alla presenza delle parti stesse e dei loro rappresentanti che gli dettero le più ampie spiegazioni in merito alle vicendevoli difese. Orbene il detto tecnico, come emerge dalla sua relazione, negò che la Stipel avesse applicato altri appoggi oltre quelli consentiti dal decreto dacchè nella denominazione di tubo di « presa cavo » si devono comprendere i cavi ed i cavetti che appaiono in vista nella facciata di casa Zampino e che le cassette di distribuzione e di protezione ed il ferro angolare fanno parte di tutto il sistema e per tali elementi nulla vi era da eccepire postochè il decreto non precisava nè la loro dimensione nè la loro ubicazione.

Ma al quesito principale se l'opera fosse stata fatta dalla Stipel nel modo più conveniente allo scopo del servizio e meno pregiudizievole agli interessi del fondo serviente, il perito rispose negativamente sostenendo con valide ragioni che l'appoggio del sistema si poteva fare, senza pregiudicare il servizio e i diritti dello Zampino, all'angolo della facciata posteriore della sua casa che guarda verso il giardino, angolo facilmente accessibile con una scala in modo che ivi la servitù telefonica si poteva imporre senza gravare di servitù di passo il giardino stesso. Soggiunse che nessuna ragione tecnica si poteva opporre a tale sistemazione, la meno dannosa all'attore, cosa che gli stessi ingegneri della Stipel avevano riconosciuto durante le operazioni di sopraluogo. Spiegò il perito che data la limitata estensione della facciata della villetta Zampino l'applicazione dell'apparato telefonico, risultava come era stato posto, troppo in vista, e che il modo con cui il lavoro era stato eseguito aveva danneggiato la facciata stessa per L. 350, somma necessaria alla rimessa in pristino. Calcolò in L. 3800 il danno permanente, asserendo che questa somma aveva risparmiato la Stipel dal fatto di non avere apposto i fili ed il resto all'angolo indicato della villa anzichè alla facciata. Infine disse che l'annuo canone di appoggio poteva stabilirsi in L. 10,20 interessi di L. 170 che avrebbe dovuto spendere la Stipel per l'impianto di un palo che avrebbe dovuto tenere il carico.

Tutto ciò premesso è evidente che la lite non aveva nè poteva avere per iscopo di far revocare il decreto di concessione, cosa sottratta alla competenza della giurisdizione ordinaria, sibbene quello di accertare e liquidare i danni che il privato aveva risentito a causa del modo di esecuzione dell'opera contemplata nel decreto di concessione. Questo accertamento e questa liquidazione rientrano nella competenza del magistrato ordinario, perchè riguardano gli effetti dell'atto amministrativo e cioè l'eventuale lesione di un diritto subbiettivo che tale magistrato è chiamato a reintegrare comunque sia interessata la pubblica amministrazione e ancorchè siano emanati provvedimenti del potere esecutivo o dell'autorità amministrativa (art. 2 legge sul contenzioso). Come sempre suole accadere in tema di concessioni i diritti dei terzi restano sempre salvi contro il concessionario, tanto è vero che lo stesso decreto prefettizio mentre consente alla Stipel la costituzione della servitù, pone a suo carico ogni danno eventuale che la istituzione e la manutenzione della servitù medesima poteva procurare alla casa dello Zampini.

Ora se bene si considera la contestazione della lite riguardava l'accertamento dei danni derivati all'attore pel modo illegale, sconveniente, meno pregiudizievoli ai suoi diritti con cui la servitù era stata imposta; e quindi sia pure che la sentenza meriti appunto perchè ha autorizzato la rimozione dell'apparecchio abilitando lo Zampino a farla ove la Stipel non vi provveda, non perciò si deve arrestare la competenza dell'autorità giudiziaria in causa che riguarda materia che lo stesso decreto in armonia alla legge generale le riconosce di sua spettanza. Lo Zampino ha bene il diritto di essere risarcito dei danni che l'opera illegalmente fatta ha arrecato alla sua villa, ma non gli si può riconoscere quello di rimuovere la servitù telefonica in questione, la quale entra in tutto il circuito esercitato dalla Stipel che è responsabile di fronte allo stato ed ai cittadini dell'andamento di un pubblico servizio così importante e così delicato. Abilitando lo Zampino alla rimozione in divieto dell'art. 4 legge sul contenzioso si modificherebbe tanto il decreto prefettizio che abilita la Stipel e solo essa ad imporre la servitù, quanto il decreto reale di concessione di tutta la linea telefonica di Milano che la Stipel ha dal Governo e che essa esercita a suo rischio, a sue spese e sotto la sua responsabilità. Onde la sentenza deve essere modificata nel senso che la Stipel ove non voglia spostare la servitù come e dove indica il perito giudiziale debba pagare allo Zampino le L. 3800 che essa ha risparmiato nell'impianto a carico di lui, cioè deturpandogli la facciata della villa, deturpamento che in sostanza il perito ha in tale somma valutato.

Elettrodotto – Denunzia di nuova opera.

MASSIMA

Il proprietario di un elettrodotto che abbia ragione di temere un danno alla propria conduttura in dipendenza dell'impianto, da altri iniziato, di un nuovo elettrodotto attraversante il primo, può valersi del rimedio di cui all'art. 698 *Cod. Civ.* (denunzia di nuova opera) *onde ottenere che sia vietata la prosecuzione del nuovo impianto intrapreso.*

A conoscere di tale azione è competente per materia il Pretore (art. 82, *n.* 3 *Cod. Proc. Civ.); e ciò fino a che la nuova conduttura non sia legittimata dal necessario provvedimento amministrativo che ne autorizzi la costruzione (art.* 2 *R. D. L.* 16 *dicembre* 1926, *N.* 2373).

Per lo accoglimento della denunzia non occorre una dimostrazione del danno futuro, bastando che appaia ragionevole il timore del danno stesso.

Pretore Mantova, 27 dicembre 1930, in causa Soc. Elettrica Bresciana contro Ente Autonomo Forze Idrauliche Adige-Garda.

Fatto

La Società Elettrica Bresciana in persona del Consigliere Delegato Ing. Comm. Eugenio Denti premesso che l'Ente Autonomo Forze Idrauliche Adige-Garda sta infiggendo pali di sostegno per la stesatura di una linea elettrica ad alta tensione (10.000 volts) che dovrebbe collegare la cabina di proprietà dell'Ente in Sant'Antonio-Porto Mantovano e necessariamente attraversare le seguenti condutture elettriche concesse alla Società ricorrente: 1) linea a 6500 Volts Mantova-Bagnolo; 2) linea di 6500 Volts Olmo Lungo; 4) linea a 6500 Volts Lunetta-Motella-Castelbelforte; 5) linea a 6500 Volts Mantova-Lunetta-Marmirolo derivazione Montata Carra e derivazione Sant'Antonio Bancole; che non consta che detto Ente abbia conseguito le autorizzazioni e le concessioni di legge all'impianto della linea e certo non ha domandato alla Società esponente per gli attraversamenti a suo carico il nulla osta prescritto dalla legge nè concordato le modalità tecniche e di sicurezza; che la prosecuzione dei lavori e la stesura della linea oltre che illegale potrebbe riuscire di gravissimo danno alle condutture elettriche della Società instante e alla sicurezza delle utenze relative, denuncia la nuova opera iniziata in dispregio alle disposizioni delle vigenti leggi sulla trasmissione a distanza delle correnti elettriche destinate al trasporto ed alla distribuzione delle energie per uso industriale, onde il Pretore ne divieti la continuazione, salvo rimettere le parti davanti l'Autorità competente per l'ulteriore prosecuzione del giudizio. Ordinato e costituito il contradditorio, il Procuratore della Società ricorrente si conferma nelle domande del ricorso mentre la rappresentanza dell'Ente convenuto previo riconoscimento che i lavori della linea nella premessa descritta sono iniziati in attesa della definizione delle pratiche amministrative dirette ad ottenere l'autorizzazione alla costruzione della linea medesima, insta per il rigetto delle richieste avversarie per incompetenza del giudice adito per ragione di materia, nonchè per inammissibilità e in ogni caso per infondatezza della avanzata domanda di sospensione, spese rifuse. Il procuratore della Società ricorrente rileva che lo stato di fatto prospettato non è dalla controparte disconosciuto, contesta il fondamento delle conclusioni *ex adverso* spiegate ed insiste perchè sia ordinata la sospensione dei lavori, salvo rimettere la causa al Tribunale per la sua prosecuzione e per la eventuale nomina di un perito che accerti esso, sui piani e i progetti dell'Ente le condizioni di quegli attraversamenti e indichi le prescrizioni tecniche atte ad evitare pericolo e danni alle linee e alle utenze in atto.

DIRITTO

I) L'esame della pregiudiziale di rito deve avere la precedenza. Al riguardo occorre premettere alcuni dati di fatto. Anzitutto che l'opera denunciata consiste, secondo le concordi

dichiarazioni delle parti, nella installazione in atto di pali di sostegno di una costruenda conduttura elettrica ad alta tensione collegante la cabina dell'Ente Autonomo Adige-Garda con la fabbrica concimi posta a Sant'Antonio di Porto Mantovano ed attraversante cinque condutture elettriche della Società ricorrente; in secondo luogo che l'Ente costruttore è sprovvisto di ogni e qualsiasi autorizzazione anche provvisoria all'esecuzione dell'opera iniziata, sebbene non si disconosca che le occorrenti pratiche amministrative siano in corso; ed infine che a sensi dell'art. 13 del regol. approvato con R. D. 25 ottobre 1885, n. 642 per l'esecuzione della legge 7 giugno 1894, n. 232 l'utente di servitù di passaggio di condutture elettriche ha diritto che l'esecutore dell'impianto di una nuova analoga conduttura gli rechi il minor pregiudizio possibile, con l'osservanza — fino a ragion conosciuta in via giudiziaria — delle accertate ragionevoli prescrizioni atte a guarentire il regolare esercizio di ciascuna linea.

Ora tali elementi obbiettivi legittimano le seguenti affermazioni: 1) La mancanza del necessario provvedimento amministrativo che autorizzi la costruzione della nuova conduttura elettrica (art. 2 del R. D. Legge 16 dicembre 1926, n. 2373) od in caso di urgenza ed in via provvisoria l'inizio dei lavori di costruzione (art. 3) preclude l'adito all'esame della questione sull'esperibilità o meno dell'azione di denuncia di nuova opera in presenza delle vigenti norme relative all'autorizzazione delle linee di trasmissione dell'energia elettrica, in quanto elimina la ragione d'essere della questione stessa. Invero la particolare azione è diretta non contro un provvedimento amministrativo che non esiste, ma contro l'arbitraria iniziata attuazione dell'impianto della conduttura elettrica non autorizzata e mira a vietarne la continuazione onde impedire ogni possibile danno a chi l'azione ha esperita. Non è dunque il caso di eccepire l'incompetenza del Magistrato per ragione di materia sotto il riflesso che al pretore è interdetto di sindacare ciò che costituisce esplicazione di attività del potere esecutivo, perocchè nella fattispecie il Giudice adito non è chiamato a controllare alcun atto dell'Autorità amministrativa od a sostituirsi alla stessa. D'altra parte non vige in proposito una norma di legge che sottragga al Pretore il dovere di intervenire nell'ipotesi prevista dall'art. 698 del cod. civ. Senonchè il Pretore prima di emettere un provvedimento che rientra nelle attribuzioni conferitegli da detto articolo dovrà tener conto degli elementi di ogni genere di cui abbia da una sommaria istruzione presa conoscenza in ordine alla nuova opera denunciata e per mezzo di essi della liceità della opera medesima.

II) La Società Elettrica Bresciana, quale utente delle condutture elettriche che sarebbero attraversate dalla linea per la cui costruzione sono iniziati i lavori denunciati, ha interesse di agire.

III) Il riconoscimento degli incominciati lavori di installazione di pali da servire di sostegno alla summenzionata nuova conduttura elettrica mentre rende superfluo ogni esperimento peritale o di accesso in luogo diretto ad accertare la sussistenza della nuova opera, rassicura poi che l'azione promossa è fondata. Infatti concorrono nel caso le condizioni dell'esercizio utile di essa quali *a*) la presenza di un'opera nuova consistente nell'infissione di pali ...nell'altrui suolo; *b*) lo svolgersi dell'opera che non ha compiutamente continuato il danno temuto; *c*) la prevedibilità del danno all'investito di un diritto reale nella specie a carico della denunciante titolare del diritto di servitù attiva di condutture elettriche, e *d*) la ragione dell'urgenza che ha determinato la ricorrente a denunciare l'opera nuova entro l'anno dal suo cominciamento. Nè in contrario si osservi che la fatta denuncia è inammissibile e priva di fondamento perchè la pericolosità del danno non emerge da elementi positivi che possano far capo esclusivamente all'esito di un'indagine tecnica, giacchè ai fini della valida promovibilità della denuncia di nuova opera, la quale si propone di prevenire un danno, è sufficiente che il timore di un danno futuro sia ragionevole. Ora il criterio sulla ragionevolezza del timore del danno che sia per derivare non può desumersi nel caso dalle sole regole della comune previdenza, ma anche dalla inosservanza da parte dell'esecutore dell'opera delle disposizioni che la Legge ha dettate per reprimere gli abusi nell'impianto di linee elettriche. Infatti codeste disposizioni non si esauriscono in semplici formalità, in quanto l'autorizzazione alla costruzione di una linea elettrica od il consenso in via provvisoria all'inizio dell'opera, l'una e l'altro da concedersi a cura delle competenti autorità amministrative, presuppongono superato lo stadio di una disamina tecnica che vale a prevenire ogni danno prevedibile. Ritiene pertanto il Pretore di vietare all'Ente convenuto la continuazione della nuova opera nelle premesse di narrativa descritta, almeno sino a quando la competente Autorità amministrativa non gli conceda la necessaria autorizzazione o l'eventuale nulla osta all'inizio dei lavori. Non ravvisa poi di dover deliberare sull'ulteriore conclusione della ricorrente che ha fatta salva la rimessione della causa davanti al Tribunale per la sua prosecuzione essendo libera la concludente di adire altra autorità. Le spese di giudizio seguono la soccombenza e perciò debbono porsi a carico dell'Ente convenuto.

P. Q. M. (*omissis*).

Somministrazione di energia elettrica – Fallimento.

MASSIMA

In caso di fallimento di utente di energia elettrica, il fornitore della energia ha il diritto di essere riconosciuto creditore ed ammesso al passivo del fallimento anche per i canoni minimi mensili non scaduti previsti in contratto fino allo esaurimento del contratto stesso, trattandosi di obbligazione già costituita nel patrimonio del fallito, e che deve essere riconosciuta dalla massa. (1)

Tribunale Genova, 14 febbraio-4 marzo 1931, Pres. ed Est. Cacciapuoti, in causa SOCIETÀ ELETTRICA LIGURE PIEMONTESE (S.E.L.P.) contro FALLIMENTO CAVA SERPENTINA.

DIRITTO

(*Omissis*).

La Ditta Elettrica Ligure Piemontese domandò di insinuarsi al passivo del fallimento della Cava Pietra Serpentina per la somma complessiva di L. 32.240, in via chirografaria, di cui L. 1040,00, importo energia consumata e Lit. 31200, importo di 52 rate a scadere, ciascuna di L. 600, in forza del contratto 6 novembre 1929 della durata di anni cinque, col quale la utente si obbligò a pagare in ogni caso un minimo di 20 kW mensili in ragione di L. 25 per ogni kW.

Il credito non fu ammesso dal Giudice delegato, perchè fu contestato dal Curatore.

Questi oggi in sede contenziosa non si oppone alla ammissione dell'importo dell'energia consumata in Lire 1040, ma mantiene ferma la contestazione del maggiore preteso credito in Lit. 31200 sostenendo che il fallimento arresta tutti i contratti bilaterali a consegne successive, non escluso quello di fornitura elettrica, e che in conseguenza, mentre il fornitore si astiene dal dare l'energia elettrica e non ne può imporre la ricezione, l'utente e per esso il Curatore, che non intende surrogarsi nel contratto a termine dell'art. 806 Cod. di Commercio, non è obbligato a corrispondere il prezzo di una energia che non consuma più e che la Società fornitrice può devolvere ad altri usi.

L'attrice contrasta tale tesi, rilevando che sono inapplicabili i criteri *ex adverso* invocati per i contratti a consegne ripartite, trattandosi di un contratto *sui generis*, per il quale l'energia fabbricata e non consumata si disperde, mentre la Società fornitrice, a rimborso delle spese sostenute per la produzione e l'erogazione, si garantisce con un minimo ripartito su tutta la durata del contratto e questo minimo costituisce un obbligo contrattuale che la massa dei creditori trova già precostituito nel patrimonio del fallito.

Il Tribunale accede alla tesi della attrice, ritenendola giusta per gli esatti principii giuridici su cui è fondata.

La clausola del minimo elettrico, dovuto in ogni caso, anche se non consumato, differenzia il contratto di fornitura di energia dai comuni contratti bilaterali di merce a consegne ripartite per la diversità dell'oggetto della stipulazione.

Nei normali contratti a consegne successive il fallimento ne arresta l'esecuzione e ne produce la così detta resiliazione in forza dei principii generali sanciti negli art. 805 ed 806 Cod. di Comm. e per i quali il Curatore, che non intende continuare l'esercizio del commercio del fallito e non ha interesse a ricevere la merce e pagarne il prezzo, è liberato dalla esecuzione del contratto e da ogni altra ulteriore obbligazione, senza danno del venditore il quale è correlativamente esonerato da ogni prestazione, trattenendosi la merce che colloca diversamente.

Nei contratti di fornitura di energia elettrica invece, per i quali l'utente si è obbligato a pagare un minimo elettrico in ogni caso, anche se detto minimo non è consumato, il fallimento trova già precostituita un'obbligazione nel patrimonio del fallito, ragione per cui, mentre sono ininvocabili ed inapplicabili le norme di cui agli art. 805 e 806 Cod. di Comm. per la diversa specie dell'oggetto del contratto, che non consiste in una cosa materiale immagazzinabile od altrimenti utilizzabile, sibbene in cosa che se non è utilizzata, si disperde, trovano applicazione le norme sancite dagli art. 701 Cod. Comm., e 1176 C. C. in forza dei quali l'obbligazione a termine viene a scadere con la dichiarazione di fallimento ed il fallito e per esso il Curatore decade dal beneficio del termine e non altrimenti di quanto avviene per un'obbligazione cambiaria a futura scadenza.

E che si tratti di un obbligo contrattuale precostituito dal fallito, anteriormente alla dichiarazione del fallimento e che

trapassa nella massa passiva dello stesso, è da desumersi dalla natura particolare del contratto, che ha una *causa iuris* tutta propria e singolare.

La clausola del minimo gioca infatti a vantaggio di tutti e due i contraenti perchè permette al fornitore di rimborsarsi e garantirsi delle spese sostenute per la installazione degli impianti e delle spese di allacciamento eseguite ecc. nonchè degli oneri assunti contrattualmente con l'azienda produttrice dell'energia (come nel caso in esame, avendo dovuto l'attrice, che non fabbrica detta energia, comprarla per cinque anni dalla Edison), mentre l'utente, anzichè sostenere tutto in una volta il prezzo della stipulazione, trova conveniente di ripartirlo su tutta la durata del contratto in rate eguali, assoggettandosi ad un minimo mensile di pagamento indipendente dal consumo.

È in sostanza un obbligo contratto dal fallito in epoca non sospetta, con facoltà di estinguerlo mensilmente a rate fisse ed eguali, come un qualsiasi altro suo debito, e tale debito, trovandosi precostituito nel patrimonio del fallito, viene a scadere con la dichiarazione del fallimento, e non può pertanto essere disconosciuto dalla massa dei creditori e dal Curatore.

Il credito della Ligure Piemontese viene per ciò ammesso al passivo particolare della S. A. Cava Serpentina per la sua totalità con la condanna della curatela nelle spese del giudizio di contestazione.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) Sugli effetti del contratto continuativo per fornitura di energia elettrica, in caso di fallimento dell'utente nel corso della esecuzione del contratto, la giurisprudenza è ancora incerta e divisa.

La sentenza annotata del Tribunale di Genova accoglie una tesi alla quale abbiamo già avuto occasione di manifestare il nostro consenso in questa rivista (fascicolo di settembre 1930, pagina 827) commentando altra sentenza del Tribunale di Ancona, la quale affermava la stessa massima ora sancita dai Giudici genovesi.

Una autorevole corrente giurisprudenziale aveva già riconosciuto il diritto a richiedere anche nei confronti del fallimento il pagamento (per quanto in moneta fallimentare) dei canoni minimi pattuiti per la parte di fornitura ancora da eseguire; ma tale diritto aveva affermato in veste di diritto ai *danni* per la risoluzione del contratto avvenuta per cause non imputabili al fornitore; ed aveva considerato la pattuizione relativa al pagamento del *minimum* come una predeterminazione contrattuale di tali danni.

Si veda in tal senso la sentenza 26 giugno-12 luglio 1929 della Corte di Torino (in questa Rivista, fascicolo di gennaio 1930, pag. 48) nonchè le sentenze: Tribunale Biella, 16-31 luglio 1928, (*ibidem*, fascicolo di settembre 1928, pag. 1123); Tribunale Vicenza, 25 luglio-3 ottobre 1930 (*ibidem*, fascicolo di dicembre 1930, pag. 1065).

La Corte di Cassazione, con una sua sentenza 8 novembre-17 dicembre 1928 (pubblicata pure in questa Rivista, fascicolo di Aprile 1929, pag. 414, con ampia nota del compianto Consigliere Petrone) affermava pure il diritto al risarcimento dei danni, benchè con una restrizione, limitandolo cioè al caso in cui la inadempienza ed il credito per danni preesistano alla dichiarazione del fallimento, e non derivino soltanto dallo scioglimento generale dei rapporti contrattuali derivante dal fallimento stesso.

La Corte di Appello di Milano negò dapprima ogni diritto a risarcimento di danni in caso di fallimento. Si vedano, fra le altre, le due sentenze 22 giugno 1929 e 30 luglio 1929 in questa Rivista, fascicolo di aprile 1930, pag. 344.

Più recentemente parve aderisse alla tesi già accolta dalla Cassazione; e riconobbe cioè il diritto ai danni a carico della massa in caso di inadempienza pregressa al fallimento. Si veda la sentenza 10-14 marzo 1930, pubblicata in questa Rivista, fascicolo di giugno 1930, con nota dell'Avv. Frattini.

Da ultimo però, la Corte milanese è ritornata alla sua massima primitiva (sentenza 20-28 novembre 1930, *ibidem*, pag. 243); ha negato cioè ogni diritto a risarcimento, anche in caso di inadempienza anteriore al fallimento, ove non sia stata già promossa la relativa azione giudiziale.

Fra queste teorie opposte, una terza si viene grado grado affermando; quella che considera il credito sui canoni a scadere non come una ragione di danni, ma come un credito contrattuale inerente non già alla *risoluzione* del contratto, ma alla *esecuzione* sua; si tratterebbe di obbligazione che, per quanto non scaduta, esiste già nel patrimonio del fallito, da cui fu assunta in epoca non sospetta; pertanto la massa non può esimersi dall'assumere tale obbligazione. Il fallimento non ha altro effetto che quello di rendere immediatamente esigibile il credito a termine, sia per il disposto specifico dell'Art. 701 Cod. Comm., sia per la norma generale stabilita dall'art. 1176 Cod. Civ., e cioè per la decadenza del debitore divenuto insolvente dal beneficio del termine.

Per i precedenti di questa massima si vedano, fra l'altro, oltre alla sentenza 20 giugno-15 luglio 1930, già ricordata, del Tribunale di Ancona, anche i giudicati dei Giudici Delegati dei Tribunali di Bologna e di Alessandria, in questa Rivista, fascicolo di dicembre 1927, pag. 1355, e fascicolo di ottobre 1929, pag. 1057.

Avv. Alessandro Patrucco.

Necrologio

Il giorno 21 aprile, all'età di sessantotto anni, vinto dal male che lo travagliava da mesi, si è spento a Parigi, il Signor G. T. Blondin, Direttore della « Revue générale de l'Electricité ».

Ha resistito per circa dieci mesi alla terribile malattia, conservando la Direzione della Rivista e partecipando attivamente ai lavori della Redazione: solo a pochi giorni dalla fine Gli è divenuto impossibile di prendere la penna in mano, poi a poco a poco Gli è venuta meno anche la forza di pensare e dalla morte è stato allora subito preso senza sentirla.

La perdita di Blondin lascia nel dolore due famiglie, la Sua e quella della Sua Rivista: ad entrambe le nostre più sincere condoglianze.

Gli impianti idroelettrici

I francesi non perdono tempo, nonostante la crisi, nell'esecuzione del loro programma idroelettrico. La tabella seguente, presa da una informazione ufficiale governativa, dà un'idea del lavoro che i nostri vicini hanno in preparazione. Si prevede che entro il 1931 siano pronte Centrali per kW « normali disponibili » 30925 kW 109090 durante il 1932, kW 265.445 durante il 1933.

N.o	PROVINCIA	CORSO D'ACQUA	CENTRALE	Potenza normale disponibil[e] in kW
1	Basse Alpi	Le Verdon	Castellon-Chaudanne, Castellan	18.000
2	Alte Alpi	Aile Froide	Les Claux	4.900
3	Alpi Marittime	La Tinèe	LaCourbaisse, etc.	35.000
4	Ariège	Le Salat	Lacourt	3.900
5	Ariège	Ariège	Albiés	870
6	Ariège	Affluenti del Lez e dell'Izard	Eylie	4.850
7	Aude	L'Aude	Réservoir de Puy-Valador	—
8	Aude	L'Aude	Carcanet	1.530
9	Aveyron	La Truyère	Brommat	60.000
10	Aveyron	Le Tarn	La Jourdanie	4.155
11	Aveyron-Cantal	La Truyère	Sarrans	22.000
12	Cantal	La Cère	Laval de Cère	25.000
13	Corrèze	La Vézère	Saut du Saumon	2.300
14	Corrèze, Cantal, Puy-de Dome	Alta Dordogna e suoi affluenti	Coindre, Meréges, etc	59.500
15	Costa del Nord	Rance	Rophemel	—
16	Creuse	La Creuse	Roche-au-Moine	4.000
17	Creuse et Vienne (Alta)	Le Thaurion	La Chatre 2525 Châtelus 3275	5.800
18	Alta Garonna	One et Lys	Portillon d'Oô	3.130
19	Alta Garonna	La Garonne	La Gentille et Saint-Sernin	6.270
20	Alta Garonna	La Garonne	Camon	6.940
21	Alta Garonna	La Garonne	Valentine	3.800
22	Isère	La Romanche	Réservoir du Chambon	—
23	Isère	Le Drac	Réservoir du Sautet	—
24	Isère	L'Isère	Pizançon	19.000
25	Isère	La Romanche	Les Corpiers 8150 L'Hôpital 1050	9.200
26	Isère	Le Drac	Rondeau	7.350
27	Isère	Lago Morto e ruscelli diversi	Lago Morto	2.500
28	La Manica	La Sélune	Vezins	2.800
29	Alta Loira	Besbre	Chatel-Montagne	2.100
30	Alta Loira	L'Allier	Monistrol-d'Allier	4.100
31	Bassi Pirenei	Le Gabe d'Aspe	Eygun-Lescun	14.440
32	Bassi Pirenei	Ouzom	Arthez-d'Asson	930
33	Alti Pirenei	Gave d'Azun	Lau-Balagnas	7.100
34	Alti Pirenei	Neste de Clarabide et de Lapez	Tramezaygues	6.900
35	Alti Pirenei	Le Bastan	Esterre	4.000
36	Alti Pirenei	L'Adour de Garet	Artigues	3.040
37	Pirenei Orientali	Tech	Le Tech	1.470
38	Pirenei Orientali	Le Tech	Velmanya	630
39	Alto Reno	Il Reno	Kembs	80.000
40	Alto Reno	Lago Bianco e Nero	Lago Nero	—
41	Savoia	Le Doron de Beaufort	Beaufort, Belleville, etc.	18.310
42	Savoia	L'Isère	Moutiers	2.925
43	Savoia	Le Merderel e affluenti diversi	Saint-Martin	1.110
44	Alta Savoia	Drame d'Abondance	Bioge	5.600
45	Yonne	La Cure e suoi affluenti: le Chalaix, e ruscelli de Vignon et Saint-Marc	Meix { Cure 4900 Meix { Chalaix 710 Laurent Chalaix 840 Crescent Cure 270 Bois-de-Cure Cure 5600 Malessis Cure 320	12.640
				478.090

n costruzione in Francia

In tutto più di 400 mila kW. L'espressione «kW normali disponibili» è definita dal quoziente che si ottiene dividendo i kWh «tecnicamente producibili» in un anno per 8760 ore. Ciò significa che alla fine del 1933 la produzione idrica francese avrà una nuova disponibilità di poco inferiore a *quattro miliardi* annui di kWh.

SOCIETÀ	Epoca probabile di ultimazione	*Osservazioni*
Société Hydroélectrique du Verdon	—	Lavori in corso: diga de Castellon e Chaudanne.
Énergie Électrique du Briançonnais	—	
Énergie Électrique du Littoral Méditérranéen	—	Esecuzione a fasi successive. La centrale di Bancairon (14.630 kW) entrò in esercizio nel 1928.
Électricité et gaz des Pyrénées	1931	
Société des Talcs de Luzenac	1931	
Union Pyrénéenne Électrique	1932	Derivazione non ancora concessa.
Société Méridionale de Transport de Force	1931	Serbatoio di 10 milioni di metri cubi (quota 1410).
Société Méridionale de Transport de Force	—	Lavori in corso.
Société des Forces Motrices de la Truyère	—	
Énergie Électrique du Tarn	1932	
Société des Forces Motrices de la Truyère	—	Derivazione non ancora concessa. - Diga in costruzione.
Société Hydroélectrique de la Cère	1931	
Société des usines Chaux	1931	Centrale eseguita.
Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orleans	—	Esecuzione a fasi successive. - La prima centrale, quella di Coindre, 8.000 kW entrò in esercizio nel 1926, i lavori per il serbatoio di Chavanon utilizzato nella II centrale furono interrotti nel 1926 e non più ripresi. I lavori preparatori della diga di Maréges sono stati iniziati nel 1930.
ociété Hydroélectrique de la Haute-Rance	1932	
Jnion Hydroélectrique	1932	
ociété des Forces Motrices de la Vienne	1931 1932	Centrale di Châtelus. Centrale di Chahe.
ompagnie d'Électricité Industrielle	1933	
ociété Hydroélectrique du Comminges	1931	
nergie Électrique de la Haute-Garonne	1932	
nergie Électrique de la Haute-Garonne	—	Derivazione non ancora concessa.
ociété pour la Regulatisation des Forces Motrices de la Romanche	—	Serbatoio di 54 milioni di mc.
ociété des Forces Motrices Bonne et Drac	—	Serbatoio di 100 milioni di mc. La concessione non fu ancora accordata, tuttavia i lavori sono iniziati.
ociété Isère-Vercors	—	
ociété Hydroélectrique de la Basse-Romanche	—	
ociété des Forces Motrices du Drac-Inférieur	—	Derivazione non ancora concessa, tuttavia i lavori preparatori sono iniziati.
ociété des Établissements Keller et Leleux	—	Derivazione non ancora concessa, tuttavia i lavori preparatori sono inziati.
ociété des Forces Motrices de la Sélune	1931	
ociété Auxiliaire d'Éclairage et de Force	1931	Derivazione non ancora concessa.
ompagnie Électrique de la Loire et du Centre	—	Derivazione non ancora concessa. - Lavori sospesi per il salto de l'Allier. - Lavori in corso per il salto dell'Ance du Sud.
ociété des Forces Motrices du Béarn	1931	
orces Motrices de l'Ouzom	1931	
ompagnie des Mines d'Arrens	1931	
ociété Hydro-Électrique du Midi	1931	
ociété Hydroélectrique de la Cère	1931	Derivazione non ancora concessa.
ociété Force et Lumière des Pyrénées	—	
orces Hydrauliques du Sud	1931	Derivazione non ancora concessa.
ociété des Tissages, Blanchisseries et Teintureries du Tech supérieur	—	Centrale provvisoria in servizio. - Lavori del salto totale sospesi
nergie Électrique du Rhin	1932	
nergie Électrique du Rhin	—	Impianto d'accomulazione per pompaggio. - Derivazione non ancora concessa. - Lavori preparatori in corso.
ociété d'Électrochimie, d'Électrométallurgie et des Acièries Électriques d'Ugine	—	Da eseguire a scaglioni. - Al 1° gennaio 1930 11710 kW sono in esercizio, il rimanente in costruzione.
ociété d'Électrochimie, d'Électrométallurgie et des Acièries Électriques d'Ugine	—	
ompagnie Française d'Électrolyse	—	Derivazione non ancora concessa, ma sono iniziati i lavori preparatori.
ociété Hydro-Électrique des Dranses	—	
ompagnie Hydro-Électrique de la Cure	1931 1932	Centrale di Malessis. Centrale di Bois de Cure e di Crescent. Centrale de Meix (derivazioni dalla Cure e dal Calaix) non iniziati, Centrale di Lauret non iniziata.

L'elettrificazione ferroviaria in Inghilterra

I giornali quotidiani hanno annunciato che è stata proposta in Inghilterra l'elettrificazione dell'intera rete ferroviaria. Notizie più precise ci sono riferite dalle Riviste tecniche inglesi giunte in questi ultimi giorni.

Nel settembre 1929 fu nominata una « Commissione per l'elettrificazione ferroviaria » presieduta da Lord Weid di Eastwood, lo stesso che presiedette l'altra Commissione che consigliò la creazione dell'« Electricity Board » e l'emanazione della legge relativa (Electricity Supply Act, 1926): altri membri della Commissione erano Sir Ralph Wedgwood, Direttore generale della Compagnia Ferroviaria di Londra e del Nordest e Sir William Mac Lintock, segretario del Central El. Board. Il quesito propostole era il seguente: « In vista del progresso che si « sta conseguendo nella diffusione della disponibilità di energia « elettrica ad alta tensione, esaminare sotto il punto di vista « economico e sotto altri aspetti l'elettrificazione ferroviaria in « Inghilterra, con particolare riferimento, alle linee principali ».

La Commissione ha risposto in favore dell'elettrificazione completa. Essa ha ritenuto che, a parte i vantaggi diretti della elettrificazione, questa venga ad esercitare un effetto benefico sul mercato dell'energia elettrica aumentando il consumo: principio sul quale vi sarebbero veramente molte riserve da fare. Prima di tutto noi sappiamo bene per l'esperienza italiana come la trazione ferroviaria, anche estesa a tutte le linee, sia pure in una nazione di grandi traffici, non possa consumare che una non importante frazione della produzione totale. Di più non ci sembra lecito ammettere che il consumo ferroviario possa rappresentare un beneficio per gli altri utenti: in Italia succede precisamente il contrario. Tanto più che, come vedremo, la stessa Commissione propone di concedere alla trazione l'energia a prezzi di favore.

La Commissione ritenne pure che l'elettrificazione rappresenti un vantaggio per le minori spese di manutenzione del materiale ferroviario. Secondo le sue informazioni una locomotiva a vapore avrebbe di rado una vita superiore a vent'anni, mentre un locomotore ne vivrebbe almeno trenta: affermazione che merita conferma, insieme all'altra della stessa Commissione che mentre per il vapore si attendono ancora grandi progressi che potranno metter fuori servizio le locomotive attuali, per i locomotori elettrici si sarebbe già detta l'ultima parola.

L'energia dovrebbe esser fornita in vari punti della rete ad alta tensione dall'Electricity Board ad un prezzo fra 0,155 e 0,195 lire italiane per kWh, da ritenersi basso nelle circostanze di produzione e di trasporto nelle quali esso verrebbe praticato. Secondo la Commissione ciò equivale a non far spendere nulla negli impianti generatori: il che è certamente vero per le Ferrovie, ma non altrettanto pel bilancio dell'Electricity Board!

La ragione politica di queste rosee previsioni sorte fuori evidente dove la Commissione rileva che l'elettrificazione porterebbe seco l'assunzione stabile di non meno di 60.000 persone, senza con questo turbare la composizione attuale dei quadri del personale delle Compagnie ferroviarie. Anche questo è un dato che meriterebbe maggior chiarimento.

Il costo degli impianti quale è previsto sarebbe di quattrocento milioni di sterline (circa trentotto miliardi di lire italiane), che sarebbero spesi nel corso di quindici anni. Di questa spesa ottanta milioni di sterline (sette miliardi e mezzo di lire) sarebbero assegnati all'Electricity Board ed i rimanenti 320 milioni (più di 30 miliardi di lire) alle Compagnie ferroviarie, che, facendo qualche economia, si afferma dalla Commissione potrebbero cavarsela con soli 260 milioni (più di 24 miliardi di lire).

La Commissione prevede che il denaro speso per l'elettrificazione renderebbe il 7,22 %, calcolando il traffico sulla base attuale: essa ha pure calcolato che l'elettrificazione parziale, limitata cioè al traffico dei treni viaggiatori, renderebbe solo il 2,05 %.

Questa ed altre considerazioni hanno portato la Commissione a proporre l'elettrificazione *completa*, cominciando dal completamento delle reti suburbane, per far loro seguire le linee di grande comunicazione e finalmente quelle locali.

La lunghezza di binario prevista nel piano studiato dalla Commissione sarebbe di 82.000 km, dei quali circa 2100 di binario in tronchi suburbani già elettrificati. Oggi sono in servizio 23.000 locomotive, delle quali solo 1500 sono locomotori elettrici od automotrici elettriche.

L'industria costruttrice inglese si è caldamente interessata della proposta della Commissione Weid. Il momento è in Inghilterra dei più tristi per le industrie e si comprende come il miraggio di un miliardo all'anno di ordinazioni in soli locomotori, materiale e macchinario elettrico susciti vive speranze: la produzione per questa classe di macchinari e materiali, sarebbe aumentata bruscamente del 30 % sopra la media degli ultimi anni, e porterebbe al 25 % di aumento nel personale tecnico ed operaio impiegato. Non meno importante sarebbe il vantaggio per l'industria metallurgica e costruttrice di materiale ferroviario. La B.E.A.M.A., organo degli industriali costruttori, prevede che un così grande aumento della produzione avrebbe un benefico effetto anche sulla esportazione, permettendo una riduzione dei costi.

La Commissione enumera anche i vantaggi intrinseci dell'elettrificazione, a noi italiani già largamente noti.

Evidentemente il progetto è stato ispirato da un movente politico. Il fatto però che nella Commissione erano rappresentati le Compagnie ferroviarie e l'Electricity Board dimostra che rappresentanti dei due maggiori interessi sono d'accordo sulle conclusioni. Resta il problema finanziario, che, anche per l'Inghilterra, è veramente formidabile: tanto più che le previsioni della Commissione sembrano assai rosee.

NOTE E RIASSUNTI

SIAMO PROSSIMI ALL'INIZIO DI UN'ERA NUOVA NELLA TRASMISSIONE DELL'ENERGIA ?

Secondo notizie giunte di recente dall'America sembra che la Gen. El. Co. abbia condotto a buon punto gli studi relativi ad un apparecchio che, ove entrasse nella pratica, porterebbe una vera rivoluzione negli impianti di trasmissione dell'energia.

L'apparecchio, descritto dall'Ing. C. W. Stone della Gen. El. Co. alla « Midwest Power Engineering Conference » tenutasi a Chicago, consiste in un tubo a vuoto che contiene un catodo, un anodo ed una griglia: il tipo destinato ad alte correnti e basse tensioni contiene anche un pozzetto pieno di mercurio, l'altro, destinato a basse correnti ed alte tensioni, è del tipo a catodo caldo e senza mercurio (fig. 1 *a*, *b*).

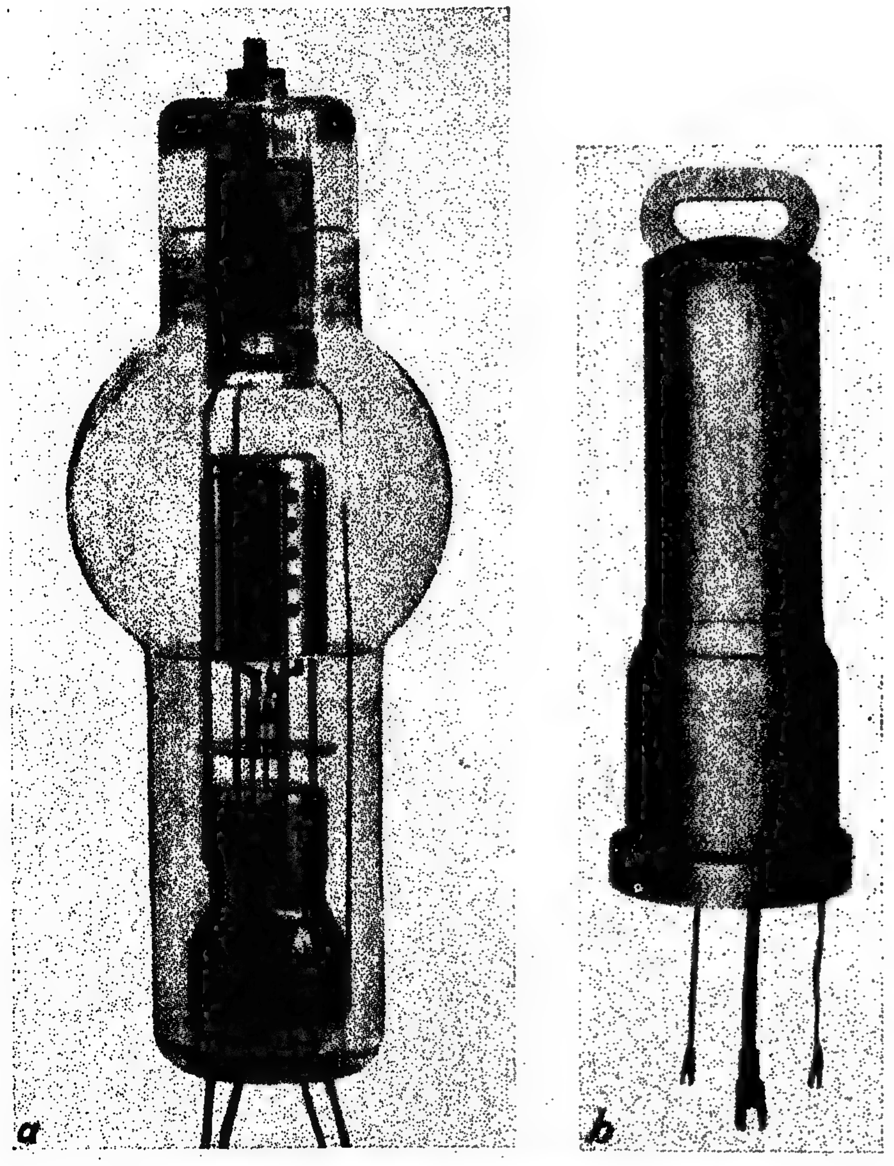


Fig. 1. - Tipi recenti di lampade Thyratron:
a per alte tensioni e corrente media di 75 A,
b per basse tensioni e corrente media di 100 A

Questo grosso triodo ha avuto il nome di « Thyratron » ed è destinato a trasformare grandi quantità di energia da corrente alternata in corrente continua e (ciò che costituisce la novità dell'apparecchio) da corrente continua in alternata di qualsiasi frequenza.

Sebbene i dettagli costruttivi siano poco noti si sa che l'apparecchio, come dice la sua costruzione, lascia passare corrente solo in un senso, cosicchè ne occorrono due distinti per raddrizzare due semionde successive (fig. 2): il passaggio della corrente non vi è possibile che quando la griglia venga portata ad una determinata carica. Al disopra della carica che diremo critica la corrente passa a regime costante, anche se la carica stessa varii, purchè rimanga sempre sopra un determinato valore critico: un'altra carica (negativa) maggiore del suo valore critico arresta il funzionamento dell'apparecchio.

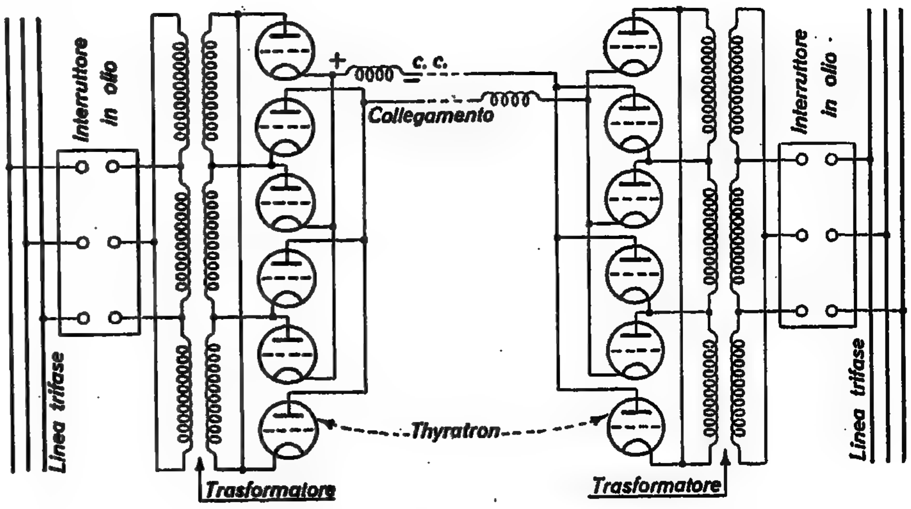


Fig. 2. - Schema di collegamento.

Ne viene che, fornendo alle griglie dei due tubi accoppiati cariche ad intervalli opportuni, si può trasformare la corrente continua in alternata di qualsiasi frequenza: per passare dalla alternata alla continua l'apparecchio funziona come un ordinario raddrizzatore.

Esso può quindi interporsi fra un sistema a corrente continua ed uno a corrente alternata permettendo lo scambio di energia fra i due sistemi. Se la regolazione del carico viene fatta sul sistema a corrente continua essa si effettua regolando la tensione, come per le dinamo in parallelo: se su quello a corrente alternata essa può anche essere fatta riducendo per ogni alternazione il tempo durante il quale rimane carica la griglia.

Altri dettagli non si hanno, ma sembra che l'apparecchio, sperimentato di recente in presenza di un redattore dell'« Electrical World », abbia dato buoni risultati pratici. Gli stessi costruttori però avvertono che occorrerà ancora qualche tempo perchè l'apparecchio sia perfetto in ogni dettaglio.

L'idea di agire sulla carica di griglia non è nuova, formando la base di altre applicazioni, ma è certamente geniale. Anche se per ora si tratta di un semplice tentativo, il problema della trasformazione da corrente continua in alternata e della trasformazione statica delle frequenze può dirsi avviato sulla via della soluzione.

Si sarebbe già riusciti a costruire tubi capaci di raddrizzare od « invertire » 9 000 kW alla tensione di 30 000 V. Se la notizia è esatta, il risultato sarebbe veramente rimarchevole.

Quando questi apparecchi entrassero nella pratica gli alternatori ed i trasformatori elevatori funzionerebbero costantemente a fattore di potenza uguale all'unità, e in qualche caso potrebbero esser sostituiti da dinamo: gli inconvenienti dello spostamento di fase sarebbero limitati alle reti secondarie, sulle quali dovrebbe essere installato od un condensatore sincrono, od una batteria di condensatori statici, quando non vi operasse una centrale capace di assumersi tutto il carico dewattato. Le generatrici lavorerebbero nelle migliori condizioni di rendimento e di stabilità, ed avrebbero dimensioni notevolmente

ridotte: la costanza della frequenza perderebbe per loro ogni importanza.

La trasmissione si farebbe a corrente continua non col sistema Thury, ma in derivazione: le operazioni di messa in parallelo si farebbero sulla continua divenendo più facili e sicure.

Gli interruttori ad alta tensione diverrebbero inutili. Caricando opportunamente la griglia, l'apparecchio diventa esso stesso un interruttore sulla linea ad alta tensione a corrente continua. E poichè l'apparecchio non lascia passare più di un certo massimo di corrente, esso funziona anche come riduttore dei corti circuiti: inoltre la semplicità colla quale esso può esser tolto di servizio (agendo sulla griglia) permette di interrompere la corrente nello spazio di una alternazione. Tutte le manovre di inserzione e di arresto si farebbero sulla bassa tensione, potendo evitarsi l'impianto di interruttori inseriti sulle linee a corrente continua.

Per tal modo la trasmissione si farebbe a corrente continua, cioè con fattore di potenza uguale all'unità. A tali linee a corrente continua, colla semplice inserzione dei « thyratrons », si potrebbero collegare reti o sistemi a corrente alternata di qualsiasi frequenza: il che equivarrebbe in pratica ad unificare le frequenze senza spesa alcuna.

I vantaggi del grande trasporto a corrente continua sono a tutti noti. Tutti gli inconvenienti e le esigenze dipendenti dalla capacità e dalla reattanza con essa spariscono: gli stessi organi e parti isolanti possono esser sollecitati a tensioni assai più elevate, migliore è l'utilizzazione del metallo conduttore, minori le cadute di tensione in linea. L'impiego di cavi unipolari rappresenta un altro vantaggio, ed oltre all'economia dell'isolante offre l'assenza di tutti i fenomeni che complicano la costruzione dei cavi tripolari da servire con correnti alternate ad alte tensioni: tanto che le linee sotterranee potrebbero in qualche caso competere economicamente con quelle aeree.

Ma vi ha un altro vantaggio: quello di poter adottare sulla corrente continua il classico sistema a tre fili col neutro a terra ideato da Edison cinquant'anni fa: ciò permette di far funzionare la trasmissione, con piena sicurezza, ad un voltaggio doppio di quello che i conduttori misurano verso terra.

Il sistema evidentemente risolve anche il problema di adottare due diverse frequenze ed anche il trifase ed il monofase contemporaneamente sulla medesima rete: la soluzione del quale è utilissima per la trazione ferroviaria. Così essa può permettere il parallelo fra una rete di distribuzione a corrente continua ed una a corrente alternata nella stessa città, rendendo possibile lo scambio d'energia in tutti e due i sensi in modo automatico, il che non può farsi cogli ordinari raddrizzatori a mercurio.

Le attuali linee e cavi ad alta tensione potrebbero servire per la trasmissione a corrente continua, aumentando la loro potenzialità di trasporto dell'energia ad almeno il triplo dell'attuale.

Secondo i calcoli americani, in un tronco di linea sotterranea composta di due cavi trifasi a 13 200 V capaci di portare ciascuno 300 A, ognuno di essi trasporterà 7 000 kVA e fra tutti e due 14 000 kVA. Se i tre conduttori di ciascun cavo vengono usati in parallelo, e le due terne legate così ottenute si fanno funzionare come i conduttori principali di un sistema a tre fili con neutro a terra, essi possono essere operati con sicurezza a corrente continua ad una tensione doppia, ossia a 26 400 V: in effetto il sistema a tre fili opererà a 52 800 V, con una potenzialità di circa 45 000 kW in confronto dei 14 000 kVA di prima. Se attualmente il trasporto si effettua con un fattore di potenza 0,80 (che è da ritenersi buono) l'aumento di potenzialità sarebbe di $\frac{45}{14 \times 0,8}$ = *più di quattro volte.*

Va notato infine che il rendimento dei « thyratrons » è, come è facile capire, elevatissimo.

Ormai il problema può dirsi avviato alla soluzione pratica: le correnti trifasi hanno in proposito dato quanto forse potevano: la tecnica dei trasporti d'energia sta forse per tornare alle sue origini?

L'UTILIZZAZIONE RAZIONALE DEL MATERIALE CONDUTTORE NELLE SBARRE COLLETTRICI

World Power, novembre, dicembre 1930. — C. DANNAT, S. W. REDFEARN.

Lo studio sul quale si diffondono con molti dettagli gli A.A. ha lo scopo di esaminare quali sono i fenomeni che regolano la distribuzione della corrente elettrica nei conduttori di grande sezione, impiegati sempre più diffusamente negli impianti elettrici, e di dare criteri ben definiti per il calcolo razionale dei conduttori stessi. Il problema termico che si presenta nel progetto dei conduttori per forti intensità di corrente comporta la doppia determinazione del calore generato e di quello trasmesso al mezzo che circonda i conduttori stessi. È noto che trattandosi di un conduttore percorso da corrente alternata il calcolo delle perdite nel conduttore stesso, e quindi del calore generato dalla trasformazione di esse, deve tener conto dei due fenomeni predominanti: effetto pellicolare ed effetto dell'induzione mutua (skin effect, proximity effect). Il primo effetto è dovuto alle variazioni della f.e.m. indotta nei fili elementari costituenti il conduttore, la quale tende ad aumentare la densità della corrente verso la periferia, a diminuire la stessa negli strati interni ed a sfasare la corrente alla periferia in anticipo rispetto alla corrente interna. Si dimostra che in generale, agli effetti delle perdite, si può supporre che tutta la corrente si concentri alla periferia esterna in uno spessore espresso da $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}$, dove μ è la permeabilità, ρ la resistività del materiale in unità assolute elettromagnetiche ed f la frequenza.

Ne consegue che quando fosse necessaria una forte sezione di rame, e lo spessore della sezione piena risultasse alquanto superiore al doppio dello spessore anzidetto, sarebbe preferibile impiegare un conduttore cavo in luogo di uno pieno, onde utilizzare nel miglior modo il materiale.

Nel caso particolare di conduttori cilindrici e tubolari, è possibile calcolare esattamente l'effetto pellicolare e, quindi, l'impiego dello spessore fittizio anzidetto dev'essere preso in considerazione soltanto per calcoli di prima approssimazione. Al contrario, se si tratta di conduttori a sezione rettangolare o comunque irregolare, il calcolo esatto dell'effetto pellicolare non è più possibile e la considerazione dello spessore fittizio diventa indispensabile. L'effetto pellicolare su questi conduttori è sempre alquanto maggiore di quello che si ha su conduttori cilindrici cavi di egual sezione; non è, tuttavia, possibile valutare a priori, senza prove sperimentali, in quale misura, oltre che dall'effetto pellicolare, la distribuzione della corrente in un conduttore è influenzata, come si è detto, dall'effetto di induzione dei conduttori paralleli vicini. Sotto questo punto di vista hanno importanza: le correnti nel conduttore di ritorno in una linea monofase, le correnti della seconda e terza fase nel sistema trifase ed infine, il comportamento mutuo degli elementi in parallelo costituenti un conduttore unico.

Nel caso di un circuito monofase, se le correnti nei due conduttori hanno direzioni contrarie (fig. 1 (*a*)), il flusso generato da un conduttore taglia l'altro e la f.e.m. indotta genera una

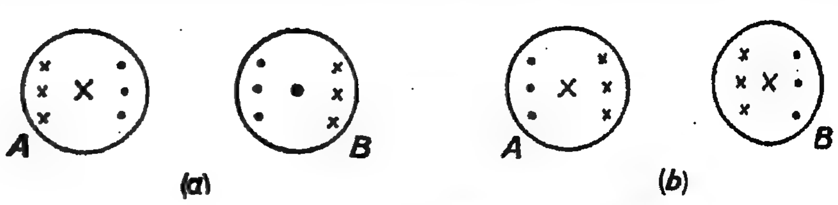


Fig. 1. - Effetto di induzione fra conduttori vicini. - Sistema monofase.

corrente che si sovrappone alla corrente principale e provoca un aumento di densità nelle parti affacciate dei due conduttori ed una diminuzione nelle parti opposte. Se le due correnti hanno la stessa direzione, la corrente tende ad aumentare nella parte esterna ed a diminuire in quella interna (fig. 1 (*b*)).

Trattandosi di un sistema trifase equilibrato, l'influenza del campo generato dalle correnti di due fasi nella terza risulta chiara considerando che ciascuna delle due correnti si può ritenere la risultante di una di valore metà ed opposta in fase alla corrente della terza fase e di una seconda di valore $\frac{\sqrt{3}}{2}$ e sfasata rispetto ad essa di 90° (fig. 2). Supposto che i tre conduttori siano disposti come nella fig. 3, da quanto precede risultano ovvi i diagrammi rappresentati che danno, per ogni conduttore, la densità di corrente e la fase di essa. I tre conduttori rappresentati sono in rame, di sezione rettangolare aventi le dimensioni 3"×2".

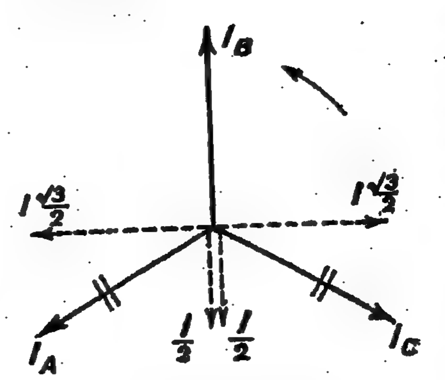


Fig. 2. - Correnti equivalenti nel sistema trifase.

L'importanza dell'induzione fra conduttori vicini dipende, come nel caso dell'effetto pellicolare, dalla permeabilità e resistività del materiale e dalla frequenza della corrente; ma, indipendentemente da questi fattori, ha la maggior importanza

la distanza fra i conduttori. L'effetto di induzione è tanto più apprezzabile quanto più tale distanza è piccola.

Se i conduttori hanno sezione circolare, l'effetto sopra accennato e, quindi, le perdite del rame, possono essere calcolati con tutta esattezza; non altrettanto può dirsi per conduttori

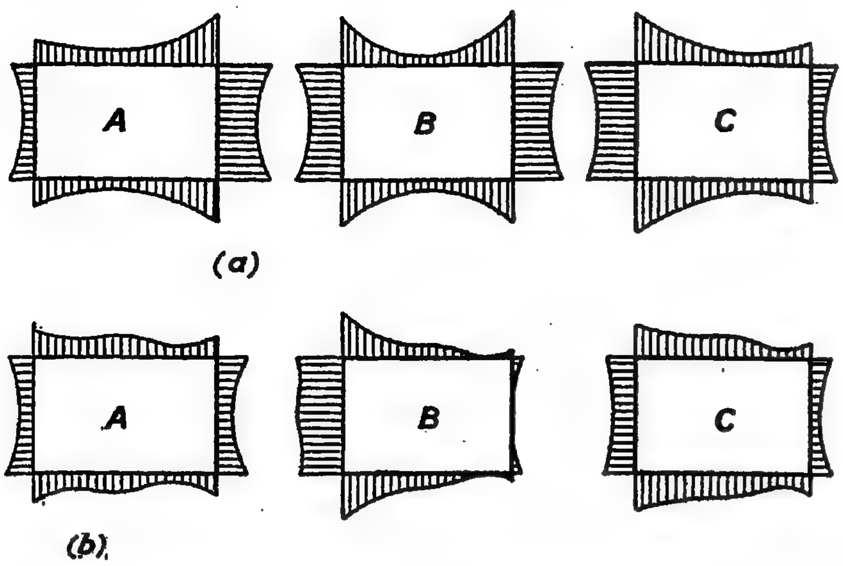


Fig. 3. - Effetto pellicolare e di induzione fra conduttori di un sistema trifase.

aventi sezione non circolare per i quali è necessario far ricorso a risultati sperimentali. Ciò non di meno, la conoscenza qualitativa del fenomeno è già una guida molto importante per la scelta della disposizione del rame nella sezione.

Quando un conduttore è costituito da più striscie o barre in parallelo, la distribuzione della corrente in esso è influenzata tanto dal campo delle singole sbarre quanto dal campo dei conduttori delle altre fasi. Supposto di avere un conduttore costituito da 4 barre (fig. 4), è evidente che, per un effetto analogo a quello pellicolare, le barre esterne *a* e *d* portano più corrente di quelle interne *b* e *c*. Si può attenuare la differenza di densità della corrente nelle diverse barre scegliendo le distanze *a b* e *c d* inferiori a *b c*. L'influenza della vicinanza dei conduttori di altre fasi si manifesta analogamente a quanto è stato visto per conduttori non suddivisi.

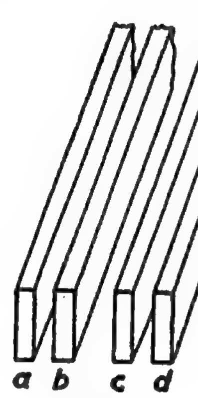


Fig. 4.

Un'altra causa che può provocare un aumento delle perdite nel rame delle sbarre collettrici è costituita dalla presenza di materiali magnetici nel campo dei conduttori. In questo caso, oltre alle perdite per isteresi e correnti parassite nel materiale magnetico, si manifesta un aumento nelle perdite delle sbarre stesse a causa della variazione di corrente conseguente alle alterazioni del campo. Soltanto ricorrendo ai metodi sperimentali è, tuttavia, possibile tenere calcolo di questo fenomeno. Note le perdite in un conduttore è pure noto il calore generato nella trasformazione delle perdite stesse. La risoluzione del problema termico per il conduttore richiede ancora la conoscenza del modo con cui il calore può essere disperso nel mezzo fluido ambiente. Praticamente, in ogni caso, tutto il calore generato viene disperso nell'aria; ma, là dove è impiegato un isolante solido o fluido, il calore, prima di essere disperso deve essere trasmesso attraverso all'isolante stesso. Con sbarre a sezione geometrica semplice, circolare, rettangolare ecc., la conducibilità del calore dall'interno all'esterno dell'isolante può essere calcolata con esattezza, conoscendo le caratteristiche termiche dell'isolante. A parità di altre condizioni, le quantità di calore trasmesso all'ambiente cresce con la superficie del conduttore adiacente all'isolante, con la diminuzione dello spessore di quest'ultimo ed è tanto maggiore quanto più è grande la conducibilità termica del materiale isolante.

Quando il conduttore dissipa direttamente il calore nell'aria, per irraggiamento e convezione, è opportuno, compatibilmente con le proprietà meccaniche del conduttore medesimo, adottare grandi aree esposte alla libera irradiazione e convezione.

L'impiego di conduttori suddivisi in striscie con canali verticali di separazione è favorevole dal punto di vista della dissipazione del calore. Per utilizzare nel miglior modo il materiale, è opportuno limitare il numero di barre e scegliere la distanza fra esse in modo da conciliare le buone proprietà di convezione del calore con una distribuzione delle correnti fra le varie striscie, sufficientemente uniforme. La mutua trasmissione del calore fra sbarre cilindriche o rettangolari di un sistema mono- o polifase si può calcolare con buona approssimazione, in modo che, note le perdite nelle sbarre, si può valutarne la temperatura. In un sistema trifase con conduttori disposti come nella fig. 4 si trova che la temperatura della sbarra centrale è sempre alquanto superiore a quella delle altre due. La sbarra intermedia si trova, infatti, in condizioni più sfavorevoli tanto agli effetti della distribuzione delle perdite quanto agli effetti della trasmissione del calore.

In un conduttore solido, l'aumento delle perdite provoca necessariamente un aumento di temperatura; questa è però uniforme a causa dell'alta conducibilità del metallo. Nei conduttori composti di più sbarre in parallelo, l'uniformità di temperatura fra le varie sbarre non può essere raggiunta. Se si tiene conto che anche un effetto di induzione moderato può provocare uno squilibrio assai accentuato nelle perdite delle varie striscie e quindi anche nella temperatura di esse e che la sbarra a temperatura più elevata è quella che fissa le dimensioni del conduttore, risulta evidente quanto sia importante il fenomeno dell'induzione per i conduttori del tipo considerato.

La predeterminazione delle perdite nelle sbarre può essere fatta mediante il calcolo soltanto in casi particolari: negli altri casi è necessario ricorrere ai risultati di prove sperimentali.

In un sistema di n conduttori paralleli percorsi da corrente di frequenza $\omega / 2\pi$ ed aventi $\Sigma\, I_n = 0$, la caduta di tensione nell'unità di lunghezza della sbarra 1 è:

$$V_1 = R\, I_1 + j\, \omega\, L_{11}\, I_1 + \sum_{n=2}^{n=n} j\, \omega\, M_{1n}\, I_n$$

dove R, L ed M sono rispettivamente la resistenza ohmica per unità di lunghezza, il coefficiente di autoinduzione e quello di induzione mutua. Dalla formula che precede si deduce facilmente che la perdita di potenza in una determinata sbarra non può essere determinata col prodotto della corrente nella sbarra per la caduta di tensione in fase con essa, poichè il valore così calcolato contiene anche la potenza trasmessa per induzione dalle altre sbarre. Siccome, però, la somma della potenza trasmessa mutualmente fra le sbarre del sistema è nulla, ne consegue che la somma dei prodotti della corrente e della tensione per ciascuna sbarra esprime l'intera potenza del sistema. Nel caso particolare di sistemi simmetrici, essendo la potenza dissipata in ogni sbarra la stessa, dalla conoscenza della perdita totale si risale facilmente a quella delle perdite singole.

Molteplici sono i metodi di misura della perdita totale in un sistema di sbarre parallele. Fra questi gli AA. ne ricordano uno basato su un principio analogo a quello dei 2 o 3 wattmetri per la misura di potenza del sistema. Il dispositivo comporta l'impiego di tre riduttori di corrente, di un commutatore e di un circuito con galvanometro ad oscillazioni ed induttanza mutua variabile. Il metodo dà risultati molto approssimati quando si prendono le necessarie precauzioni per evitare fenomeni secondari di induzione nel circuito di misura.

Lo studio sperimentale della distribuzione della corrente in un conduttore può essere fatto con un metodo semplice adottato dagli AA. Scelta una lunghezza determinata di sbarra, un filo isolato vien disposto parallelamente all'asse della sbarra avendo i suoi estremi saldati in due punti determinati di essa (fig. 5). Il filo è interrotto nel punto di mezzo ed i due capi sono portati fuori della superficie della sbarra. La differenza di potenziale misurata a questi capi risulta allora eguale alla caduta di tensione nel filamento di sbarra adiacente al filo. Misurando quindi la differenza di potenziale, la densità di corrente nel filamento è ottenuta direttamente conoscendo la resistività del materiale. Anche la fase della corrente nel filamento è così nota e può essere confrontata con la fase della corrente totale. Con l'applicazione successiva di questo metodo è possibile studiare la distribuzione della densità di corrente e della fase di essa in una determinata sezione della sbarra (fig. 6).

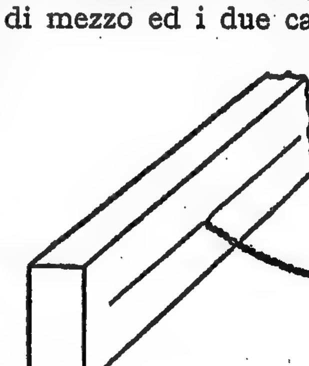


Fig. 5.

Quando si tratta di studiare la distribuzione della corrente nei conduttori composti di più sbarre in parallelo, si può impiegare utilmente un potenziometro magnetico che permette di misurare la tensione indotta in esso dalla sbarra in esame, proporzionale, notoriamente, al prodotto della corrente per la frequenza ed in quadratura con la corrente della sbarra.

Nota la perdita totale in un sistema di conduttori paralleli si può talvolta risalire alle perdite nei singoli conduttori applicando le equazioni di Maxwell. Il metodo conduce all'integrazione di espressioni complicate ed è quindi lungo e laborioso.

Un metodo semplice è stato applicato dagli AA. e consiste nell'impiego di termocoppie accoppiate ad un potenziometro che consente di risalire dalle variazioni di temperatura delle sbarre alle perdite in esse.

La determinazione delle perdite esterne ai conduttori, utile in alcuni casi, come ad esempio per le sbarre con rivestimento metallico da esse isolato, viene effettuata calcolando la perdita totale del sistema e sottraendo dal valore così dedotto la somma delle perdite nelle singole sbarre valutate con metodo elettrico o termico. Nel caso più comune di sbarre isolate, conoscendo le perdite nel conduttore è facile calcolarne la temperatura di regime ricorrendo ai coefficienti di irradiazione o convezione generalmente noti per una determinata superficie trasmettente il calore nell'aria ambiente. È necessario, invece, fare ricorso a prove sperimentali quando si tratta di determinare la mutua conduttività termica fra conduttura ed involucro nelle sbarre con rivestimento metallico riempito di vernice isolante. Per questo scopo si fa uso dell'analogia fra equazione di equilibrio nella distribuzione della temperatura ed equazione di equilibrio nella distribuzione del potenziale in un campo elettrostatico. Da quest'ultima equazione:

$$q_1 = \frac{1}{\lambda} \sum_{n=1}^{n=n} C_{1n} V_n$$

che esprime la carica elettrica nella massa 1, si risale all'altra:

$$H_1 = 4 \pi K \sum_{n=1}^{n=n} C_{1n} V_n$$

dove H_1 è la perdita nella sbarra 1, K la conducibilità termica del mezzo, C_{1n} il coefficente di capacità fra le sbarre 1 ed n

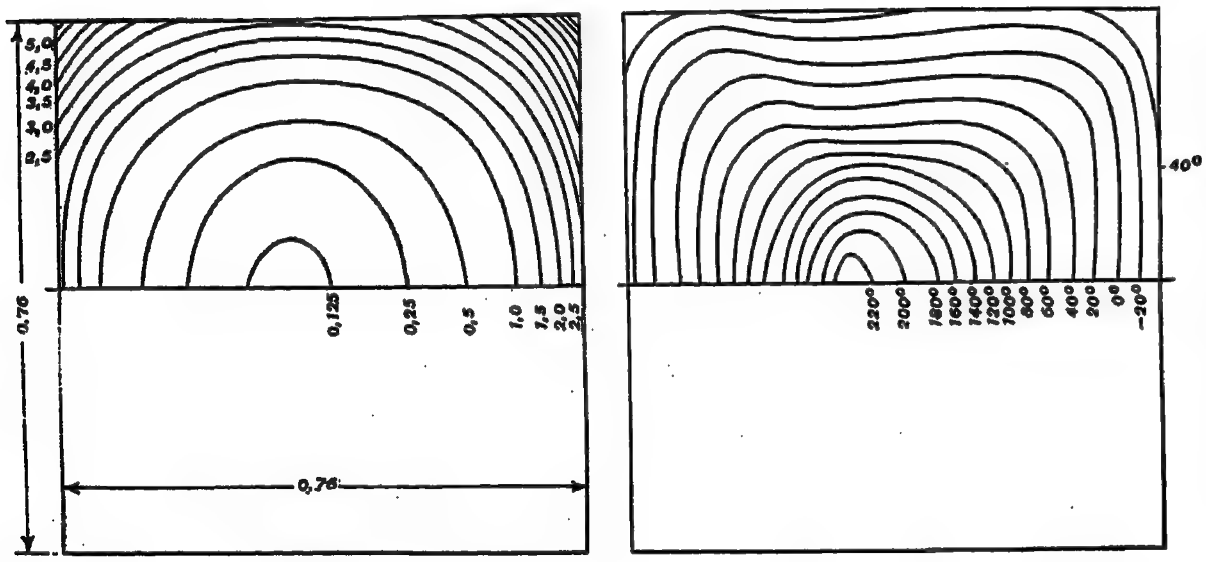


Fig. 6. - Distribuzione e variazione di fase della densità di corrente in un conduttore in rame di sezione quadrata di 3" di lato a 5 per/sec, 20° C.

ed infine V_n le temperature. Ne consegue che la conoscenza dei coefficienti di capacità di un sistema di sbarre ed involucri, mette in grado di ricavare la sopraelevazione di temperatura nelle sbarre. Calcolati coi metodi noti dell'elettrotecnica tali coefficienti, si possono scrivere tante equazioni quante sono le sbarre il cui sistema permette di ricavare la sovraelevazione di temperatura di ognuna.

Concludendo, gli AA. mettono in rilievo il fatto che il progetto di un impianto di distribuzione, nel quale entrano in gioco correnti molto intense, oltre che tenere conto di questioni meccaniche e di isolamento, deve anche prendere in considerazione una serie di fenomeni elettromagnetici e termici di grande importanza. È soltanto con la conoscenza di detti fenomeni che si può arrivare ad una soluzione razionale del problema.

d. m.

PROBLEMI FINANZIARI DELL'INDUSTRIA ELETTRICA ED ELETTROTECNICA DELLA GERMANIA

(Da *Technik und Wirtschaft* del giugno 1930).

Lo sviluppo grandioso delle applicazioni dell'energia elettrica e lo sviluppo con quello connesso delle imprese che hanno per iscopo la produzione e la distribuzione dell'energia e la costruzione del materiale elettrico, ha portato in primo piano il problema del finanziamento delle industrie elettrica ed elettrotecnica.

TABELLA 1.

Alcune cifre caratterizzanti lo sviluppo dell'elettricità in Germania.

Anno	1925	1926	1927	1928	Aumento in % rispetto al 1925
Produzione di en. el. in miliardi di kWh	20,3	21,2	25,1	28,0	38
Elettrificaz. ferrovie in km di binario..............	948	987	1138	1406	48
Abbonati telefon. in milioni	2,59	2,69	2,82	2,95	14
Apparecchi radioriceventi in milioni	0,78	1,21	1,64	2,24	186
Esportazione di materiale el. in milioni di lire	1625	1785	2001	2440	50
Persone occupate nell'industria elettrica ed elettrotecnica in migliaia	336	—	—	390	16
Produz. dell'industria elettrotecnica in miliardi di Lire	10,95	—	—	14,10	29

IL PROBLEMA DEL TIPO DI IMPRESA.

In tempi recenti è stato frequentemente discusso il problema se non sia conveniente e necessario trasformare le aziende elettriche che si trovano in possesso di enti pubblici in imprese private od a forma mista allo scopo da un lato di liberare tali enti dalla preoccupazione sempre più assillante di trovare i capitali occorrenti, dall'altro di mettere a disposizione degli stessi mezzi liquidi.

Non è nostro scopo indagare qui quale sia la forma più conveniente da dare alle imprese, ma piuttosto di esaminare l'entità dei mezzi di cui annualmente tali imprese devono poter disporre per mantenere l'integrità degli impianti esistenti ed avere la possibilità di adeguarne l'espansione alle richieste crescenti del consumo. Così pure non intendiamo qui studiare quali capitali occorrano una volta tanto per effettuare la trasformazione dall'una all'altra forma di impresa, nè quali vie debbano seguirsi per realizzarla. Molte sono le vie che conducono alla meta, ma purtroppo passano per ora tutte per l'estero perchè il mercato finanziario interno è ancora troppo debole per sopperire alle necessità anche più urgenti. Una cosa è sicura e cioè che le holding di tali « public utilities » possono forse trovare il capitale azionario occorrente sul mercato interno, ma che i mezzi ulteriori necessari per l'espansione possono soltanto trovarsi con l'aiuto di partecipazioni e prestiti esteri di varia forma: è probabile che ad una holding la quale controlla una grande quantità di imprese, buone e meno buone, sia possibile procurarsi tale aiuto a condizioni più favorevoli che non alle singole imprese. La concentrazione di tutte le imprese in una o più grandi organizzazioni presenterebbe forse anche il vantaggio di favorire la tendenza esistente all'allacciamento di tutte le centrali della Germania ad una sbarra nazionale e portarla più vicina alla realizzazione, tendenza cui il Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk ha già dato un principio di esecuzione e per la quale il Dott. Oscar von Miller va facendo attiva propaganda.

LA SITUAZIONE FINANZIARIA DELL'INDUSTRIA ELETTRICA.

La relazione della *Commissione d'inchiesta* recentemente pubblicata (1) contiene molto materiale utile per giudicare il problema del finanziamento. Secondo tale rapporto la potenza totale installata è aumentata come segue negli ultimi anni:

	1925	1926	1927	1928
Imprese a servizio pubblico, milioni di kW	4,4	5,2	5,7	6,3
% di aumento rispetto all'anno precedente		18,2	9,6	10,5
Centrali per consumo proprio, milioni di kW	4,4	4,4	4,5	4,8
% di aumento c. s.		0,0	2,2	6,6
In totale, milioni di kW........	8,8	9,6	10,2	11,1
% di aumento c. s.		9,0	6,2	8,8

(1) « Die deutsche Elektrizitätswirtschaft ».

Dai bilanci di 21 grandi imprese private a servizio pubblico risulta che il valore di bilancio degli impianti per la produzione e distribuzione dell'energia, comprese le poste degli eventuali conti rinnovi, è di 3600 L/kW. Dai dati disponibili per 15 aziende municipali aventi una potenza complessivamente installata di 1,09 milioni di kW si ricava che il valore di bilancio degli impianti è di 3500 L/kW. Questo è attualmente il valore degli impianti.

Oscar von Miller, nella sua « Relazione sul fabbisogno futuro di energia elettrica della Germania » (1) indica in 3000 L./kW il costo dei nuovi impianti: ciò dipende dal fatto che, conformemente al compito assegnatogli, in tale cifra sono comprese oltre le centrali soltanto la distribuzione fino a 60 kV. Secondo i suoi calcoli negli anni a venire, fino al 1935 compreso, il costo medio delle centrali sarà di 1800 L/kW e quello delle linee di trasmissione e stazioni di trasformazione di 1200 L/kW.

Le cifre della tabella precedente non permettono però ancora di trarre delle conclusioni in merito al capitale nuovo occorrente ogni anno per l'espansione dell'industria, poichè l'aumento statistico dei kW installati non è dovuto esclusivamente a investimenti di capitale fresco, ma in parte viene pagato mediante utili accantonati per l'ammortamento di macchine ed apparecchiatura, cavi, linee o fabbricati. Se per esempio una macchina da 100 000 kW si ammortizza nel primo anno col 10%, teoricamente si potrebbe con la somma accantonata installare una macchina da 10 000 kW, cosicchè nell'anno successivo la potenza installata risulterebbe di 110 000 kW e questa cifra comparirebbe nella statistica dell'impresa. Ciononostante l'impianto conserverebbe ancora il valore iniziale essendosi svalutato l'impianto di 100 000 kW per un ammontare corrispondente a 10 000 kW. Se fosse possibile e conveniente installare ogni anno 10 000 kW di potenza, in capo a dieci anni, termine allo spirare del quale bisogna eliminare per invecchiamento od usura il primo impianto, si avrebbe ancora una potenza installata di soli 100 000 kW, mentre nel corso dei dieci anni la potenza installata dell'impresa è andata apparentemente aumentando.

Naturalmente in pratica le cose vanno assai diversamente da quanto esposto in questo esempio teorico. Scopo dello stesso era però dimostrare che se si vuol calcolare l'effettivo fabbisogno di capitale dell'impresa per la sua espansione durante i 10 anni considerati, si devono utilizzare esclusivamente le voci di bilancio, ma non basarsi sulla potenza installata quale risulta dalle statistiche.

I costi d'impianto.

I nuovi impianti richiedono costi notevolmente superiori a quelli passati quali risultano dai libri delle imprese. Secondo la relazione della Commissione d'inchiesta citata, i costi attuali ammontano a 4500 L/kW per impianti termoelettrici e fino a 7250 L/kW per impianti idroelettrici; nelle cifre suddette sono incluse 3150 L/kW per le reti di trasmissione e distribuzione, mentre la differenza si riferisce alle centrali propriamente dette. I costi di queste ultime (2) si distribuiscono tra le varie voci principali e per diversi paesi come indicato nella tabella seguente:

	Terreno	Fabbricato e fondazione	Macchinario	Parte elettrica
Germania 1927 (%)	2	33	35	30 %
Stati Uniti :				
Media 15 grandi centrali moderne	2	36	40	22 %
Media 100 centrali costruite tra il 1900 e il 1926 ...	2	35	40	23 %

Le differenze tra Stati Uniti e Germania sono da attribuirsi probabilmente al fatto che la distinzione tra le voci delle ultime due colonne è stata fatta in base a criteri diversi. Probabilmente in realtà non esistono differenze sostanziali a questo riguardo.

Il peso della rete di trasmissione e distribuzione sul costo totale è notevole per le imprese a servizio pubblico. Come abbiamo detto sul costo totale di 4500 L/kW non meno di 3150 L/kW sono da attribuirsi alla rete. Per gli impianti a consumo proprio quest'ultima spesa scenderà presumibilmente a 1350 L/kW cosicchè potremo assumere per questi una spesa d'impianto complessiva di 2700 L/kW. Poichè abbiamo visto che i valori di bilancio *attuali* delle imprese a servizio pubblico indicano un immobilizzo medio di 3600 L/kW tale immobilizzo per gli impianti a consumo proprio dovrebbe aggirarsi sulle 2200 L/kW. Le imprese a servizio pubblico dispongono di una potenza installata di 6,3 milioni di kW, quelle a consumo proprio di 4,8 milioni di kW, il capitale investito nelle prime potrà quindi ritenersi di 23 miliardi di lire, quello nelle seconde di 10,5 miliardi circa; l'investimento totale nell'industria elettrica risulterebbe di 33,5 miliardi.

Capitali occorrenti per l'espansione dell'industria.

Occorre adesso indagare in quale misura si deve annualmente provvedere all'espansione dell'industria, astrazion fatta dal completamento degli impianti eseguito con gli ammortamenti normali.

Il capitale di 76 società anonime il cui bilancio si chiude tra il 1° ottobre ed il 31 dicembre è salito secondo le indicazioni dell'« Annuario Statistico della Germania (1929) » da 7,72 a 8,58 miliardi di lire, ossia dell'11% nel periodo che va dal 1926 al 1927. Sempre secondo la stessa fonte (1928) per 119 società anonime il cui esercizio si chiude al 30 giugno l'aumento di capitale dal 1925/26 al 1926/27 è stato di oltre 25% (da 9,51 a 12,23 miliardi di lire). Il capitale investito da 63 società anonime, che nel 1926 era di 6,32 miliardi di lire, salì nel 1927 a 6,88 miliardi con un aumento del 9,3% (Annuario Statistico). Secondo la rassegna trimestrale dell'Istituto germanico di statistica il capitale investito di 114 società anonime è salito dal 1926/27 al 1927/28 di 9,5%.

Non vi sono dati per gli anni precedenti. Se però si considera da un lato l'aumento della potenza installata delle imprese a servizio pubblico che è stato del 18,2% dal 1925 al 1926, del 9,6% dal 1926 al 1927, del 10,5% dal 1927 al 1928, dall'altro i dati statistici succitati secondo i quali 119 società anonime hanno aumentato il loro capitale di oltre il 25%, si può concludere che si deve far conto per le imprese a servizio pubblico con un aumento annuale della potenza installata non inferiore al 10%.

Questo equivale ad un aumento attuale annuo di potenza di 630 000 kW con un immobilizzo corrispondente di 2,85 miliardi di lire.

La potenza installata delle imprese produttrici per consumo proprio è aumentata del 2,2% nel 1927, del 6,6% nel 1928. Questo sviluppo relativamente moderato trova probabilmente una spiegazione nel fatto che spesso si preferisce l'allacciamento a reti pubbliche in luogo dell'ampliamento del proprio impianto. È forse lecito presumere che si abbia un aumento annuale di almeno 3%, cui corrisponderebbe un immobilizzo di $4{,}8 \times 0{,}03 \times 2700 = 390$ milioni di lire.

Il nuovo investimento annuo complessivo per la produzione di energia elettrica in Germania può quindi ritenersi di 3,25 miliardi di lire in cifra tonda. Oltre a questa cifra, si dovranno investire anche le somme ammortizzate, gli eventuali utili non distribuiti e le riserve guadagnate, ma non assolutamente necessarie per altri scopi.

Ammortamenti e manutenzione.

Secondo O. von Miller a tale scopo si devono accantonare le seguenti percentuali annue:

Centrali idroelettriche	2 %
» termoelettriche	6 »
Linee	2 »
Trasformatori	4 »
Quadri	4 »
Fabbricati	2 »

Queste cifre sono forse troppo basse. Non si commetterà errore grave assumendo almeno un 5% per l'ammortamento e la manutenzione. Dato l'immobilizzo attuale di 33,5 miliardi di lire occorre quindi investire 1675 milioni all'anno per mantenere l'integrità degli investimenti. Tale somma naturalmente non grava sul mercato del capitale. Occorre poi tener presente che i 1675 milioni suddetti non servono soltanto a mantenere l'integrità dell'investimento, ma hanno anche in certa misura per effetto di aumentare il valore degli impianti (aumento che non compare nei bilanci) poichè, almeno per quanto riguarda il macchinario e le caldaie, il materiale da eliminare viene spesso sostituito con altro migliore e di più elevato rendimento.

Produzione di energia e giro del capitale.

La produzione di energia è aumentata con ritmo più veloce della potenza installata. Mentre quest'ultima è salita nel periodo compreso tra il 1925 ed il 1928 da 8,8 a 11,1 milioni di kW

(1) « Gutachten über die Reichselektrizitätsversorgung ».
(2) Beninteso, limitatamente alle centrali termiche.

ossia del 27%, contemporaneamente la produzione è passata da 20,3 a 28 miliardi di kWh con un aumento quindi del 38%.

Il capitale investito nelle imprese a pubblico servizio si gira con relativa lentezza. Dati precisi al riguardo si hanno per 63 imprese («Annuario Statistico della Germania 1929», pagina 344) con un capitale di 6,32 miliardi di lire nel 1926 e 6,88 miliardi nel 1927. L'introito di queste società, in percentuale del capitale, è stato nel 1926 del 22,38% e nel 1927 del 24,07%.

Dati di confronto interessanti si hanno sia per gli Stati Uniti che per la Gran Bretagna (V. gli « Statistical Abstract » per ambedue i paesi e per la G. B. anche i rilievi della B E A M A). Nelle tabelle seguenti sono raccolte alcune cifre caratteristiche dell'industria elettrica nei due paesi.

classi di utenti è rimasta quasi invariata. La durata di utilizzazione degli impianti ha una grande influenza sulla politica dei prezzi delle imprese, poichè anche l'ammontare complessivo degli ammortamenti resta praticamente lo stesso qualunque sia il numero di ore durante le quali le macchine sono in funzione, cosicchè il servizio del capitale riferito al kWh prodotto diminuisce con l'aumentare dell'utilizzazione.

La tabella seguente indica come il fattore di carico sia andato variando nell'ultimo trentennio. Dal 1900 al 1913 la potenza installata si è decuplicata, la quantità di energia prodotta è divenuta venti volte maggiore; dal 1913 al 1928 la potenza installata è triplicata, l'energia prodotta quintuplicata.

INDUSTRIA ELETTRICA DEGLI STATI UNITI
(esclusi produttori per consumo proprio ed aziende municipali)

Anno	N. Imprese	Potenza installata 10^6 kW	Energia prodotta 10^9 kWh	Fattore di carico %	Capitale investito		Introito		Giro annuo capitale %
					totale in miliardi di Lire	in L./kW	totale in miliardi di Lire	in L./kW	
1912	3659	4,8	11,0	26,2	39,8	8360	5,4	1110	13,3
1917	4224	8,4	24,4	33,2	55,6	6620	9,1	1100	16,6
1922	3774	13,4	38,4	32,7	80,5	6000	18,6	1400	23,3
1927	2137	24,4	71,3	33,4	169,0	6910	34,9	1435	20,7
1928	2100	28,0	78,0	31,8	190,0	6780	39,8	1420	21,0
1929	2000	29,5	87,0	33,7	204,0	6900	43,0	1460	21,1

INDUSTRIA ELETTRICA DELLA GRAN BRETAGNA
(esclusi produttori per consumo proprio)

Anno	N. Imprese	Potenza installata 10^6 kW	Energia prodotta 10^9 kWh	Fattore di carico %	Capitale investito		Introito		Giro annuo capitale %
					totale in miliardi di Lire	in L./kW	totale in miliardi di Lire	in L./kW	
1921/22	—	—	3,9	—	9,1	—	3,3	—	36,0
1922/23	473	3,1	4,5	16,6	10,0	3200	3,3	1060	32,9
1923/24	—	—	5,3	—	10,4	—	3,5	—	33,5
1924/25	494	3,7	6,0	18,5	11,8	3170	3,8	1020	32,1
1925/26	491	4,4	6,6	17,1	13,1	2910	4,0	900	30,2
1926/27	482	4,7	7,0	17,0	14,9	3180	4,7	990	31,2
1927/28	490	5,3	8,5	18,3	17,2	3230	4,9	920	28,6

UTILIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI E PREZZI DELL'ENERGIA.

Sul prezzo dell'energia ha grande influenza l'utilizzazione degli impianti.

Ore di utilizzazione annua delle imprese a servizio pubblico della Germania aventi una produzione superiore a 20 milioni di kWh.

Anno	Produzione in 10^9 kWh		Potenza installata in 10^6 kW		Durata di utilizzazione annua in ore	
	a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
1913	1,4	1,3	0,72	0,69	1985	1935
1920	5,5	3,7	2,2	1,7	2500	2220
1921	6,7	4,4	2,6	2,0	2545	2190
1922	7,3	5,0	3,1	2,3	2345	2120
1923	6,7	4,1	3,0	2,2	2270	1850
1924	8,0	5,1	3,5	2,7	2285	1890
1925	10,8	6,6	4,3	3,3	2525	2050
1926	11,0	6,9	4,8	3,6	2327	1931

a) Tutte le imprese.

b) Escluse le imprese che servono prevalentemente utenza industriale.

Da questa tabella si vede come il miglioramento dell'utilizzazione si debba essenzialmente al diffondersi dell'uso dell'energia elettrica nell'industria. La durata di utilizzazione delle altre

Fattore di carico delle imprese a servizio pubblico della Germania

Anno	Potenza installata in 10^6 kW	Energia prodotta in 10^9 kWh	Fattore di carico %
1900	0,23	0,14	7,0
1913	2,1	2,8	15,2
1920	3,5	5,5	18,0
1924	4,0	9,0	25,7
1925	4,5	9,9	25,4
1926	5,2	10,2	25,1
1927	5,7	12,3	27,4
1928	6,3	14,2	25,6

Come si vede il fattore di carico, che nei primi due decenni del secolo è andato rapidamente crescendo, si è mantenuto a partire dal 1924 quasi costante intorno al 26% e forse non si discosterà più sensibilmente in avvenire da tale valore.

Nella tabella che segue sono indicate le ore di utilizzazione di una serie di paesi.

Ore di utilizzazione annua delle imprese a servizio pubblico

Canadà	4050
Norvegia	3100 (1)
Italia	3060
Svizzera	3020

(1) Queste cifre sono tolte dalla Relazione della Commissione d'inchiesta citata più in alto. Altre fonti danno per la Norvegia una cifra più elevata.

Stati Uniti	3000
Svezia	2920
Germania	2200
Francia	2150
Belgio	2000
Austria	1710

Interessante a questo riguardo è il fatto che come risulta dalla tabella che segue il prezzo dell'energia è minimo in quei paesi in cui la densità media del carico è massima.

Densità del carico (1925)

	Energia distribuita in 10^3 kWh/km²	Prezzo medio per kWh in cent. di Lira
Olanda	24	87
Gran Bretagna	26	79
Germania	26	68
Stato di New York	57	42
Svizzera	102	22

La situazione finanziaria dell'industria elettrotecnica.

Molto diversa è naturalmente la situazione dell'industria elettrotecnica. Secondo il censimento del giugno 1925 questa occupava allora complessivamente 336.000 persone tra operai ed impiegati. In uno studio pubblicato alcuni anni or sono (1) è fatto un calcolo dal quale risulta che per una delle maggiori aziende elettrotecniche, il capitale impiegato per ogni persona occupata era nel 1925 in media di L. 31.700. Nella stessa azienda il valore del prodotto per persona occupata è stato nell'esercizio 1925/26 di L. 32 600. Applicando tali cifre a tutta la Germania si trova che nel 1925 il capitale impiegato sarebbe stato di 10,65 miliardi di lire ed il giro di affari di 10,95 miliardi. Dal 1925 al 1928 il numero delle persone impiegate è aumentato del 16% almeno, mentre contemporaneamente il valore della produzione individuale in base a valutazioni prudenti può ritenersi sia salito a L. 36 200. Ne segue che il giro d'affari nel 1928 dev'essere stato di circa 14,1 miliardi di lire. L'aumento di valore della produzione individuale è da attribuirsi in parte alla razionalizzazione ed in parte ai maggiori costi di produzione per salari e materie prime.

È certo che anche il capitale investito dev'essere aumentato in proporzione del maggior numero di persone occupate e può ritenersi che nel 1928 esso sia stato in cifra tonda di 13,5 miliardi di lire. Il capitale impiegato si gira quindi da 1 a 1,05 volte in un anno.

Se la produzione aumenta annualmente del 10%, anche il capitale investito dovrà aumentare nella stessa proporzione, ossia approssimativamente di 1,350 miliardi di lire all'anno. A questi vanno ancora aggiunti i nuovi impianti dovuti all'investimento degli ammortamenti fatti per i fabbricati, i macchinari, ecc. sui quali qui non possiamo però diffonderci, poichè le varie aziende seguono criteri di ammortamento molto diversi.

A titolo di confronto riportiamo i dati disponibili per gli Stati Uniti e la Gran Bretagna. Dalle cifre statistiche come dalle Relazioni annuali delle grandi aziende degli Stati Uniti risulta che qui il capitale investito nelle aziende varia, per persona occupata, da 81 500 a 113 000 lire, ed è quindi notevolmente più elevato che in Germania, mentre anche il valore della produzione individuale, in conseguenza degli alti salari, risulta mediamente di 95 000 lire, cosicchè il capitale si gira in media una volta all'anno.

(1) Haller: *Capitale e lavoro nell'azienda industriale*. 2ª ediz., Berlino, 1926.

Nella Gran Bretagna il capitale si gira con maggior lentezza che negli Stati Uniti ed in Germania (0,838 volte all'anno).

Fabbisogno complessivo di capitale per le industrie elettrica ed elettrotecnica.

Da quanto precede risulta che se lo sviluppo delle industrie considerate dovesse in avvenire procedere col ritmo che ha avuto in passato, tale fabbisogno sarebbe di $3{,}25+1{,}35 = 4{,}6$ miliardi di Lire annui. Purtroppo non è ancora possibile trarre questa somma dal risparmio nazionale, come sarebbe desiderabile. Nel periodo 1924-1928 l'industria elettrica ha contratto prestiti all'estero per l'ammontare di almeno 4 miliardi di Lire, l'industria elettrotecnica di 1,2 miliardi. In aggiunta a queste cifre altro danaro in misura imprecisabile è venuto dall'estero sotto forma di crediti a breve scadenza. Inoltre non è possibile accertare i prestiti contratti dai grandi produttori per consumo proprio (principalmente industrie siderurgiche ed acciaierie) per lo sviluppo dei loro impianti elettrici, poichè questi non compaiono separatamente nei bilanci.

Una parte delle imprese elettriche è poi riunita in *holding* che a loro volta vengono finanziate dall'estero e prestano il danaro alle società controllate nella valuta nazionale. Similmente non può dirsi nulla di preciso sul sistema di finanziamento delle aziende possedute dal Reich, dai Länder e dai municipi poichè soltanto eccezionalmente si viene a conoscere l'impiego cui sono stati destinati i prestiti contratti all'estero dagli enti pubblici.

Il minimo tasso effettivo d'interesse per i prestiti contratti all'estero, che è stato reso noto, è un po' superiore al 6,5 %. In generale dovrà però farsi conto su di un tasso effettivo d'interesse di almeno 7,5 %-8 % contro un tasso prebellico di 4,5 %-5 %.

Oltre ai prestiti a breve e lunga scadenza, al finanziamento delle imprese concorrono anche gli utili non distribuiti e l'emissione di nuove azioni. Non deve però sopravalutarsi la possibilità del finanziamento mediante gli utili non distribuiti, almeno per le imprese private, perchè gli utili di bilancio devono essere anzitutto utilizzati per distribuire un equo dividendo agli azionisti, cosicchè in generale non restano disponibili somme rilevanti per le riserve tacite che a tale scopo potrebbero venire impiegate. Soltanto le imprese che sono totalmente in possesso di enti pubblici possono rinunciare alla distribuzione di un dividendo e destinare gli utili all'ampliamento degli impianti. Certamente questo sistema serve a liberare dalle preoccupazioni per la ricerca di nuovi capitali, ma dal punto di vista del contribuente ci sarebbe parecchio da osservare a tale riguardo.

Partecipazione straniera alle imprese tedesche.

Il collocamento delle emissioni di nuovo capitale azionario è tuttora straordinariamente difficile; tuttavia si stanno moltiplicando gli indizi, che l'estero è disposto in misura crescente a cointeressarsi nelle imprese tedesche, ed in special modo in quelle elettriche, mediante l'assunzione di azioni.

La partecipazione azionaria straniera nell'industria tedesca è molto più rilevante di quanto comunemente si creda. Cifre esatte non possono citarsi perchè manca una documentazione sufficiente. Secondo una pubblicazione ufficiale (« Konzerne, Interessengemeinschaften und ähnliche Zusammenschlüsse im Deutschen Reiche Ende 1926 ») e la pubblicazione periodica (« Wirtschaftsberichte ») della Direzione della « Disconto-Gesellschaft », la partecipazione dell'estero a 93 società anonime aventi un capitale nominale complessivo di 4,5 miliardi di lire

Anno	GERMANIA			GRAN BRETAGNA			STATI UNITI		
	Persone occupate in milioni	Produzione		Persone occupate in milioni	Produzione		Persone occupate in milioni	Produzione	
		totale in miliardi di Lire	individuale in Lire		totale in miliardi di Lire	individuale in Lire		totale in miliardi di Lire	individuale in Lire
1913	—	—	—	0,075	2,77	36 900	—	—	—
1914	—	—	—	—	—	—	0,152	6,33	41 700
1923	—	—	—	0,145	—	—	0,304	24,45	80 400
1924	—	—	—	0,159	6,02	37 900	—	—	—
1925	0,336	10,95	32 600	0,170	6,34	37 300	0,310	29,40	95 000
1926	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1927	—	—	—	0,179	7,69	43 000	0,313	31,20	99 700
1928	0,390	14,1	36 200	—	—	—	—	—	—

in cifra tonda è risultata compresa fra 2,3 e 2,5 miliardi, ossia superiore in media al 50%.

Secondo il bollettino ebdomadario del 15 gennaio 1930 dell'« Institut für Konjunkturforschung » la partecipazione azionaria dell'estero durante il 1929 è ammontata almeno ad una cifra eguale ai prestiti contratti nello stesso anno all'estero, ossia a 1,6 miliardi di lire. Sempre secondo la stessa fonte fra le 70 imprese per le quali è stata resa nota la partecipazione estera mediante nuovo capitale durante il 1929, ve ne sono 60, con un capitale nominale complessivo di 2,6 miliardi, per le quali l'estero ha acquistato durante l'anno azioni corrispondenti al capitale nominale di 1,05 miliardi, pari al 40%. Se si esamina l'andamento delle quotazioni di borsa ed i numerosi casi che non sono stati pubblicati, si giunge alla conclusione che la partecipazione dell'estero è stata effettivamente ancora molto più rilevante.

Non si hanno dati degni di fiducia per le imprese elettriche. Risulta però che l'estero possiede, sebbene in misura non esattamente accertabile, azioni di parecchie fra le imprese elettriche più importanti della Germania.

Nel febbraio 1930 è stata fondata nel Canadà la « European Electric Co. Ltd. » con la partecipazione tra gli altri della « General Electric Co. » e della « Bank für elektrische Unternehmungen » di Zurigo. Scopo della società è la partecipazione finanziaria ad imprese elettriche della Germania e di altri stati dell'Europa. Per quanto riguarda la Germania è in progetto la partecipazione maggioritaria a parecchie imprese di trasporto dell'energia singolarmente nominate.

Passando a considerare l'industria elettrotecnica la partecipazione estera a dieci società, aventi un capitale nominale complessivo di 1,55 miliardi di lire (quindi oltre il 40% del capitale in totale investito nell'industria) è risultata di 520 milioni di lire ossia di oltre un terzo.

Partecipazioni di questo genere presentano il vantaggio che l'estero, almeno finchè esse permangono, è direttamente interessato alla prosperità dell'industria. Durante periodi di depressione l'esportazione di danaro nella forma di dividendi resta sospesa od almeno molto ridotta; in compenso se la congiuntura è favorevole tale esportazione risulta più rilevante che nel caso di prestiti ad interesse fisso.

Necessità della formazione di capitale all'interno.

Le considerazioni precedenti dimostrano quanto sia necessario sotto ogni punto di vista facilitare e favorire la formazione di capitale all'interno. È un problema di importanza vitale per il popolo tedesco che il tasso d'interesse non sia elevato, fatto questo che può verificarsi soltanto ove vi sia abbondanza di capitali. Il benessere della popolazione aumenterebbe con maggiore rapidità se si riuscisse a favorire il senso del risparmio ed a far in modo che il danaro risparmiato venga impiegato in paese. La formazione di capitale non dovrebbe venir punita dal sistema di tassazione.

È dubbio se in Germania si riuscirebbe a cointeressare gli utenti nell'andamento delle imprese elettriche private, analogamente a quanto è stato fatto negli Stati Uniti, benchè la cosa non sia da escludere senz'altro. Le imprese della Germania non hanno fatto fino ad oggi alcun tentativo in questo senso. La difficoltà temporanea di procurarsi il capitale necessario mediante prestiti, indusse nel 1914/15 le imprese elettriche americane ad introdurre il sistema della così detta « customer ownership ». Secondo un rapporto della N E L A il numero annuo di nuovi azionisti ottenuti per questa via è stato nel

1915	di	4 044
1920	»	53 063
1924	»	294 467
1925	»	236 043
1926	»	248 867
1927	»	249 491
1928	»	202 980

Nel 1925 circa l' 8% degli utenti era contemporaneamente azionista delle imprese.

Da quali paesi è possibile l'importazione dei capitali?

Noi ci siamo abituati negli ultimi anni a guardare a tale scopo soltanto agli Stati Uniti e grazie agli sforzi intensi di alcune Case bancarie americane la maggior parte dei prestiti esteri è stata contratta negli Stati Uniti. Non si deve però lasciar passare inosservato il fatto che una buona parte di questi prestiti è ritornata in Europa, una piccola frazione forse nella Germania stessa, facendo naturalmente astrazione da quei prestiti che fin dall'inizio sono stati collocati in Europa.

L'esportazione di capitali dall'America, per quanto sia stata rilevante dal punto di vista del fabbisogno europeo di capitali, non costituisce però che una piccola frazione del nuovo capitale che si è venuto formando negli Stati Uniti. Dalle statistiche ufficiali che si sono pubblicate a partire dal 1920 risulta che l'esportazione netta di capitale dagli Stati Uniti nel periodo 1922-1928 è stata inferiore all'importazione di danaro dall'estero sotto forma di interessi nello stesso periodo.

L'afflusso di capitale americano verso il mercato tedesco è stato nei vari anni molto irregolare e la causa di ciò è da attribuirsi sia alle condizioni in cui trovavasi la Germania che alla situazione borsistica degli Stati Uniti.

L'Inghilterra, antica capitale del mercato finanziario mondiale, sembra sia di recente di nuovo cresciuta d'importanza a questo riguardo e non è affatto escluso che il capitalista inglese abbia a rivolgere la propria attenzione anche ai valori tedeschi.

Qualcosa di simile potrà verificarsi anche in Francia, la cui potenza finanziaria va crescendo ininterrottamente ed in misura imponente. Si comprende quindi che anche nell'industria elettrica l'attenzione si rivolga verso la Francia, la quale avendo da un lato una popolazione quasi costante, dispone dall'altro di una notevole eccedenza di capitali, cosicchè oggi a Parigi il costo del danaro è minore che in tutto il resto del mondo. È dubbio però se col tempo sarà possibile vincere l'antipatia che talvolta i francesi hanno per la Germania.

Non si devono poi dimenticare i mercati finanziari della Svizzera, dell'Olanda e della Svezia che hanno assorbito una quota non trascurabile di quasi tutti i prestiti contratti dalla Germania negli Stati Uniti.

Dott. Ing. Max Haller.

RASSEGNA TECNICA

a) TURBINE E POMPE PER IMPIANTI DI ACCUMULAZIONE ARTIFICIALE

Bulletin Escher Wyss, luglio-settembre 1930. — A. MAAS.

1) *Considerazioni dal punto di vista idraulico :*

In un impianto di accumulazione artificiale, le perdite in cui si incorre sono generalmente compensate ad usura dal plusvalore che acquista l'energia disponibile nei momenti di maggior richiesta. La fig. 1 da approssimativamente un'idea del bilancio di tali perdite per un caso generico.

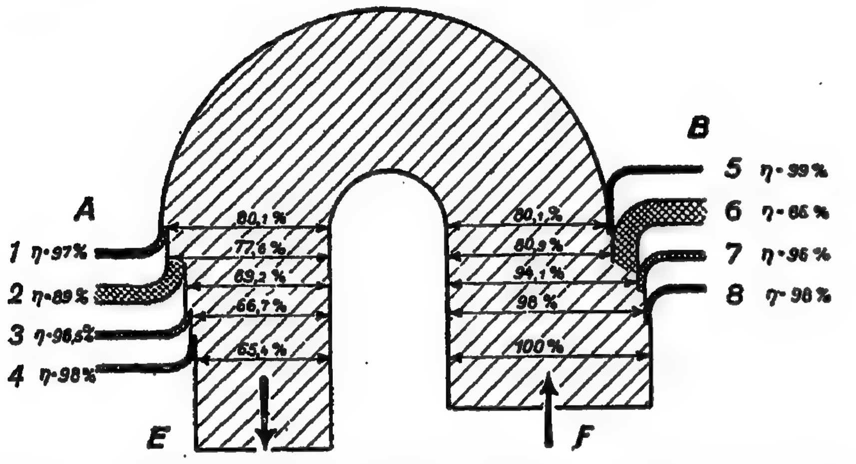


Fig. 1. - Bilancio della energia in un impianto di accumulazione artificiale.

A: Perdite nella fase generatrice di energia. 1 Perdite nelle tubazioni; 2 Perdite nelle turbine; 3 Perdite nei generatori; 4 Perdite nei trasformatori.

B: Perdite nella fase di accumulazione. 5 Perdite nelle tubazioni; 6 Perdite nelle pompe; 7 Perdite nei motori; 8 Perdite nei trasformatori.

E: Energia ricavata dall'accumulazione.

F: » consumata per l'accumulazione.

In base a ricerche esaurienti si può ammettere di raggiungere il caso più favorevole dal punto di vista economico, in un impianto di accumulazione artificiale, quando il rapporto fra la potenza N_t delle turbine e quella N_p delle pompe istallate è

$\frac{N_t}{N_p} = 1{,}6$ per un'utilizzazione annua della energia immagazzinata di ore 2100

$\frac{N_t}{N_p} = 1{,}4$ per un'utilizzazione annua della energia immagazzinata di ore 2300

$\frac{N_t}{N_p} = 1{,}25$ per un'utilizzazione annua della energia immagazzinata di ore 2600

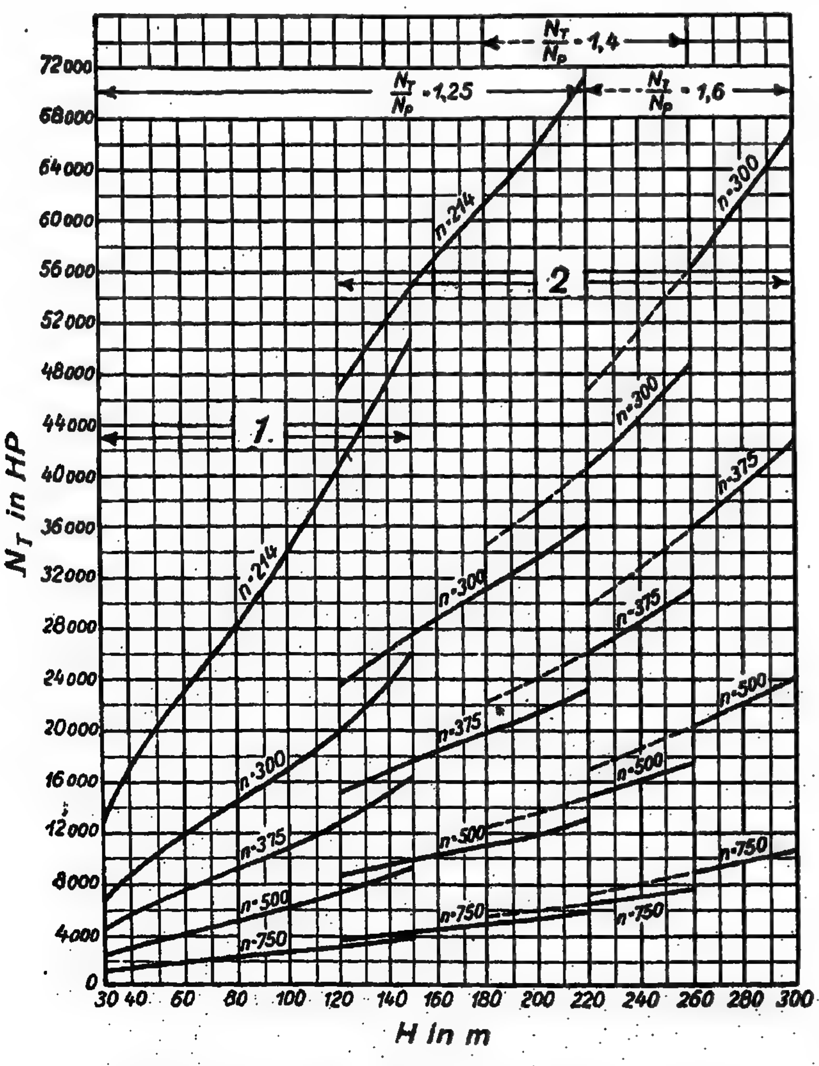


Fig. 2.

1 Pompe a una girante. 2 Pompe a due giranti.

Quanto ai valori della potenza e della velocità da attribuire alle pompe e al generatore, essi dipendono oltre che dalle condizioni dell'impianto anche dal campo entro cui il rendimento del macchinario è ancora accettabile.

Le fig. 2 e 3 danno le velocità che si possono raggiungere con dei gruppi pompa-alternatore-turbina, note che siano la potenza delle turbine e l'altezza del salto. E precisamente, la fig. 2 si riferisce al caso di pompe a una o due giranti con aspirazione unilaterale. Si osserva in essa come per ragioni di rendimento

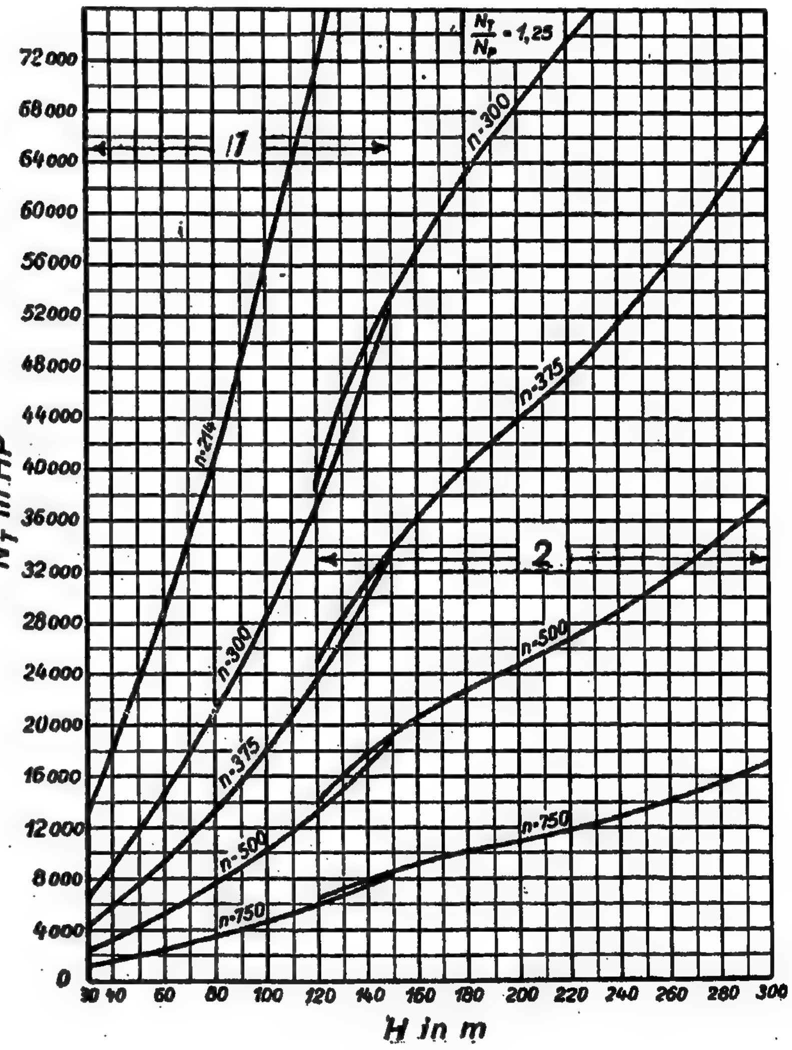


Fig. 3.

1 Pompe a una girante. 2 Pompe a due giranti.

della pompa, per cadute da 30 a 220 m, il valore N_t/N_p possa ritenersi 1,25, per cadute da 180 a 220 m, N_t/N_p sale a 1,4 e per cadute da 220 a 300, N_t/N_p può arrivare a 1,6. Invece (fig. 3) per pompe ad aspirazione bilaterale il valore N_t/N_p può essere mantenuto a 1,25 per qualsiasi caduta variabile tra i 30 e 300 m.

Le fig. 4 e 5 danno invece le velocità specifiche ammissibili delle turbine (n_{st}) e delle pompe (n_{sp}) in rapporto all'altezza della caduta e della prevalenza. Risulta pertanto essere

$$n_{sp} = K\, n_{st}$$

Ammesso per le pompe un rendimento $\eta_p = 0{,}86$, un rendimento $\eta = 0{,}99$ per le condotture, una altezza H manometrica di 1,01 H statica, e nel caso delle turbine un rendimento

$\eta = 0{,}97$ per i condotti e una caduta H netta $= 0{,}97\ H$ statica e posto

$$\frac{N_t}{N_p} = 1{,}25$$

nel caso di una pompa ad aspirazione unilaterale e di una turbina Francis, sarà

$$K = \frac{n_{sp}}{n_{st}} = 0{,}79$$

taggio di poter essere impiegato quando la pompa debba lavorare senza aspirazione o addirittura sotto carico per evitare in essa i fenomeni di cavitazione. Infatti la turbina Francis può essere installata sotto il livello minimo di scarico senza risentire troppo danno agli effetti del suo rendimento.

Nel caso delle Pelton, per non aumentare eccessivamente l'aspirazione delle pompe, si può evitare la sommersione della

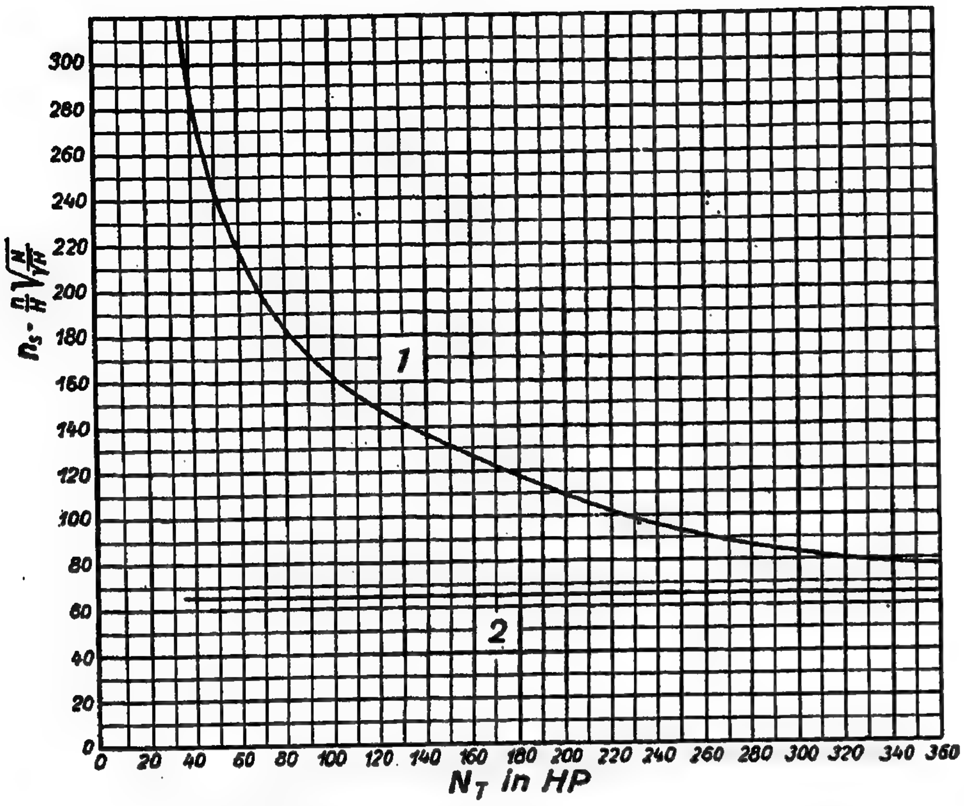


Fig. 4. - Velocità specifica ammissibile nelle turbine Francis.
1 Velocità limite in considerazione della corrosione.
2 » » » » del rendimento.

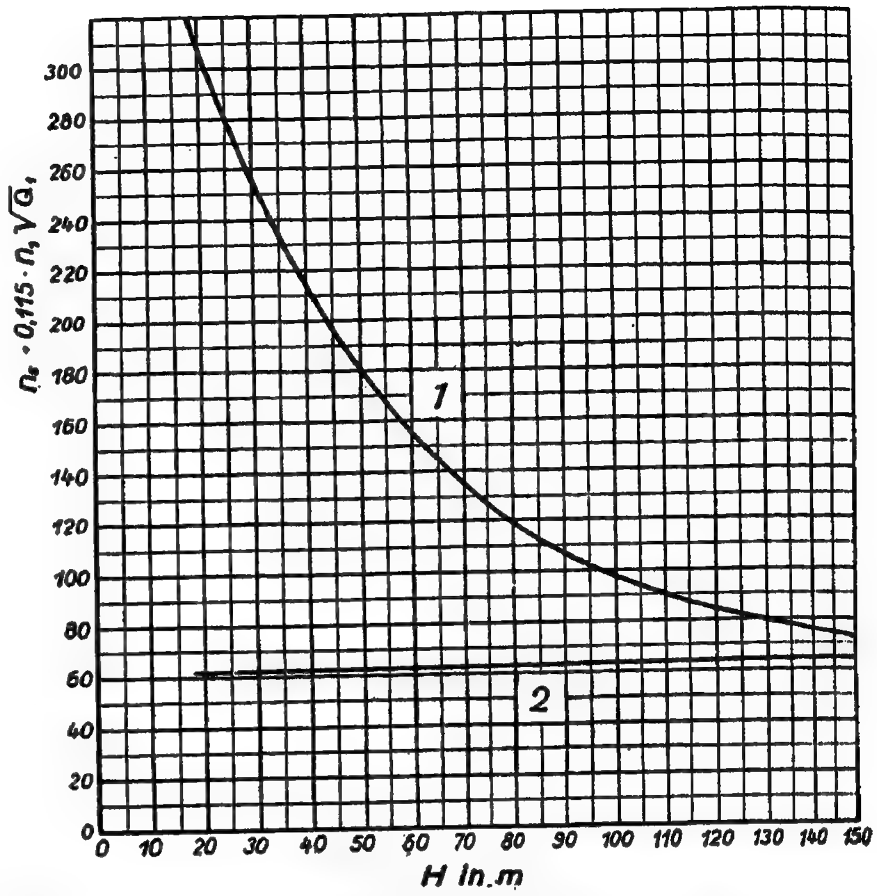


Fig. 5. - Velocità specifica ammissibile per pompe a una girante.
1 Velocità limite in considerazione della corrosione.
2 » » » » del rendimento.

Noto allora il numero di giri specifici nonchè la portata Q per le turbine e l'altezza H del salto, si potrà determinare il tipo più favorevole da adottarsi per la motrice idraulica, notando che oggigiorno le Francis possono essere impiegate fino a 300 e più metri di caduta. Quest'ultimo tipo ha inoltre il vantaggio... ruota motrice abbassando il livello dell'acqua di scarico a mezzo di aria compressa, oppure tenendo il gruppo a sufficiente altezza e alimentando l'aspirazione della pompa con una girante ausiliaria che ha inoltre il grande vantaggio di evitare i fenomeni di cavitazione.

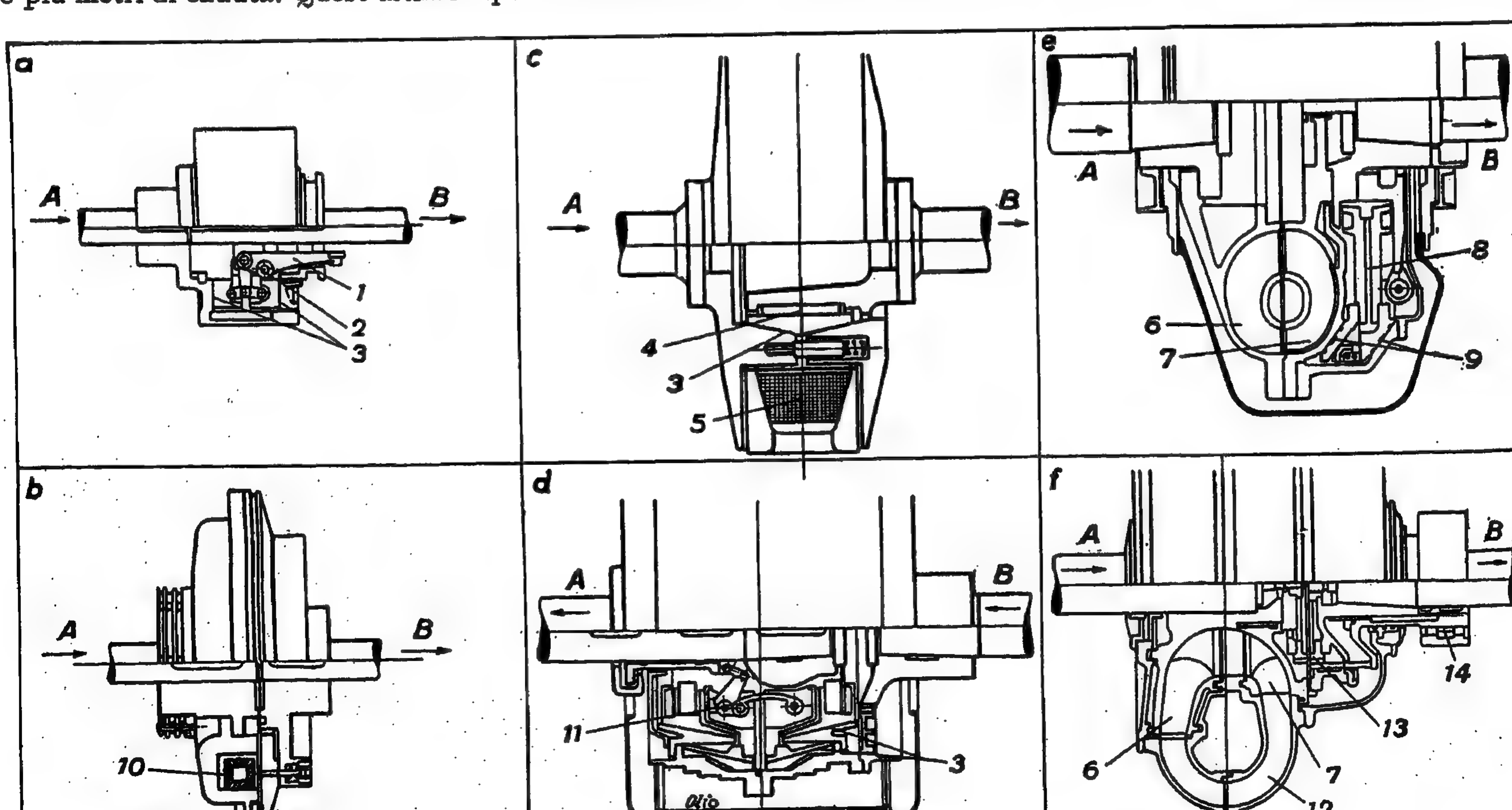


Fig. 6. - Giunti.

A: Parte motrice. B: Parte operatrice.

1 Leva.
2 Rinvio.
3 Superficie di frizione.
4 Molla.
5 Avvolgimento di eccitazione.
6 Girante della pompa.
7 » » turbina.
8 Anello fluido rotante.
9 Giunto a frizione.
10 Avvolgimento di eccitazione.
11 Molla e leve di rinvio.
12 Regolatore.
13 Girante a denti.
14 Servomotore idraulico.

Un fattore assai importante nella scelta del macchinario è quello inerente alla rapidità di manovra e di inversione da gruppo operatore a gruppo generatore e viceversa, e sotto questo punto di vista sono preferibili i comandi automatici che escludono ogni possibilità di errore materiale.

2) *Considerazioni di carattere costruttivo.*

Nei gruppi per accumulazione artificiale, per quanto riguarda i motori elettrici, oggigiorno si dà la preferenza a quelli sincroni, poichè quelli asincroni richiedono delle resistenze notevoli per l'avviamento.

Generalmente, se l'asse del gruppo è orizzontale, l'alternatore motore viene istallato tra la pompa e la turbina. Nella disposizione verticale invece di solito il macchinario elettrico è all'estremo superiore e sotto di esso si trovano successivamente la turbina e poi la pompa.

Nei gruppi orizzontali la ruota della motrice idraulica è spesso a sbalzo e la macchina è provvista di un sistema di raffreddamento per la sua marcia a vuoto. Un'altra particolarità sta nel fatto che anche la pompa è munita di un regolatore simile a quello delle turbine a reazione, ma assai più robusto, dovendo esso resistere a maggiori sollecitazioni. Inoltre la pompa stessa è generalmente riunita al resto del gruppo a mezzo di un giunto manovrabile anche durante il funzionamento.

Questo giunto merita una speciale considerazione: Per una potenza inferiore ai 1000 HP e fino a 1000 giri/1' si possono utilizzare dei semplici giunti a frizione (fig. 6*a*). Per potenze maggiori e fino a 10.000 HP si preferisce ricorrere a giunti elettromagnetici (fig. 6*b*). Qualora però le velocità periferiche diventassero troppo grandi, questo giunto va modificato nel senso di avere fisso l'avvolgimento elettrico (fig. 6*c*).

Superando questi limiti di potenza si ricorre preferibilmente agli accoppiamenti meccanici con azionamento idraulico (fig. 6*d*) e con agganciamento fisso a sincronismo raggiunto. Questo sistema può essere sostituito da quello idraulico Fättinger consistente in una pompa (parte motrice) azionante una turbina (parte operatrice) (fig. 6*e*). A sincronismo quasi raggiunto interviene un sistema a frizione azionato idrodinamicamente. Questo sistema può subire una variante in quanto che tra la pompa e la turbina costituenti il giunto, può essere inoltre inserito un regolatore che permette di portare lentamente la parte operatrice alla velocità di sincronismo con quella motrice e che, a sincronismo raggiunto, fa inserire un arresto meccanico (fig. 6*f*).

Per la chiusura ermetica dei condotti di scarico delle turbine che possono trovarsi al di sotto del pelo d'acqua a valle, ci si serve di paratoie a clapet automatiche che fungono da valvole di ritegno (fig. 7*a*), oppure di paratoie cilindriche che hanno lo stesso ufficio (fig. 7*b*). Il canale a valle può essere però anche reso libero a mezzo di aria in pressione fornita da un opportuno serbatoio.

3) *Considerazioni generali.*

A tutt'oggi, il limite inferiore di salto utilmente impiegabile per un impianto di accumulazione artificiale si ritiene che sia prossimo ai 30 m. Di contro, per cadute molto elevate, le difficoltà aumentano notevolmente specie per quanto riguarda la costruzione della pompa. Un futuro miglioramento da attendersi in genere in questa specie di impianti va ricercato nella scelta di materiali tali che permettano di alzare i limiti imposti dal pericolo delle cavitazioni. Inoltre dovrà essere possibile lasciare la pompa rigidamente accoppiata (anche se a parecchie giranti) senza incorrere nel pericolo di un eccessivo riscaldamento e di conseguenti perdite. Quest'ultimo progresso faciliterà altresì la messa in marcia e l'inversione di manovra nei gruppi.

Pure un grande vantaggio dovrebbe essere quello di poter adattare la pompa come macchina reversibile facendola azionare da turbina con una velocità ridotta di circa il 30 %. O meglio ancora, di ottenere un gruppo a velocità costante con macchina idraulica reversibile escludendo alcune giranti quando la macchina funziona come motore.

Va notato infine che anche gli impianti termici possono essere integrati con una pompa di accumulazione che sarebbe in tal caso mossa direttamente dalla turbina a vapore senza dover passare attraverso il gruppo elettromotore. Questa disposizione allineerebbe allora sullo stesso asse un turbo-motore, un alternatore ed una pompa di accumulazione collegata ai primi due a mezzo di uno dei giunti descritti.

G. R. M.

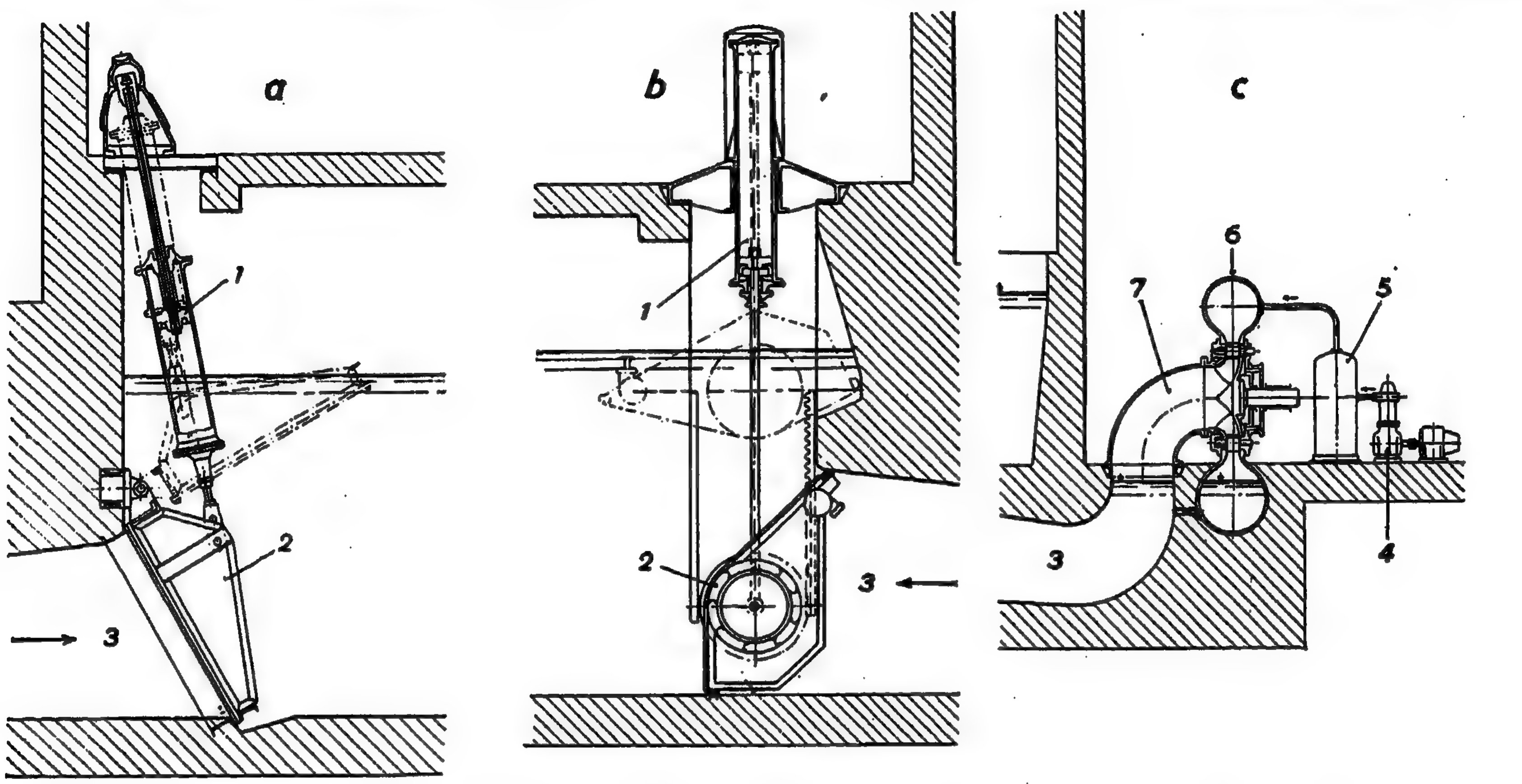


Fig. 7.

1 Servomotore idraulico. 2 Paratoia. 3 Tubo di aspirazione. 4 Compressore. 5 Serbatoio dell'aria compressa. 6 Spirale della turbina. 7 Scarico contenente aria compressa.

CONTRIBUTO SPERIMENTALE ALLA QUESTIONE DELLA PROVA CON ONDE A FRONTE RIPIDO SU TRASFORMATORI (b

Bulletin A.S.E., n. 19, 5 ottobre 1930. – A. Malthey-Doret e J. Kopeliowitch.

Nel 1923 fu introdotta nelle norme svizzere una nuova forma di prova di isolamento, la prova con onde a fronte ripido: a questa prova si attribuiscono due compiti: innanzi tutto essa deve rendere possibile di controllare i diversi sistemi di costruzione degli avvolgimenti per migliorare o eliminare quelli non adatti; inoltre essa ha lo scopo di segnalare ancora in officina i difetti costruttivi o di fabbricazione, per potervi porre rimedio.

La fig. 1 dà lo schema della prova con onde a fronte ripido secondo le norme svizzere. La distanza di scarica dello spinterometro S viene regolata in base a $U = 1{,}3\ U_n$ dove U_n è la tensione di esercizio, e il trasformatore viene provato a 50 per. per 10 sec con questa tensione. La resistenza R deve essere determinata secondo la formula $R = (0{,}5 \div 2)\ \Omega/V$. Le norme tedesche prescrivono uno schema un po' diverso, poichè in

luogo di una resistenza dopo il trasformatore viene introdotto un condensatore C dopo lo spinterometro (fig. 2).

In America Montsinger e Peters hanno proposto per la prova dell'isolamento tra spire un altro schema che rende possibile

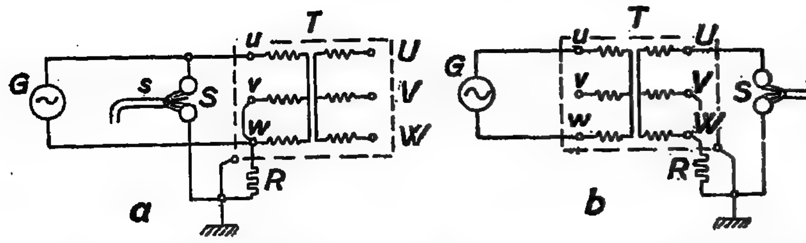


Fig. 1. - Schema per la prova con onde a fronte ripido secondo le norme svizzere.

G = generatore, T = trasformatore, S = spinterometro, R = resistenza ohmica, s = soffiatore aria compressa. Distanza di scarica di S = 1,3 U_n.

una sollecitazione più aspra dell'avvolgimento con tensione di impulso; questa prova si avvicina di più alle condizioni reali di sovratensione che si verificano in pratica durante i temporali (fig. 3).

Gli AA. hanno eseguito prove su trasformatori applicando i tre diversi sistemi sopra indicati e li hanno confrontati ricorrendo all'uso dell'oscillografo a raggi catodici. Fu provato

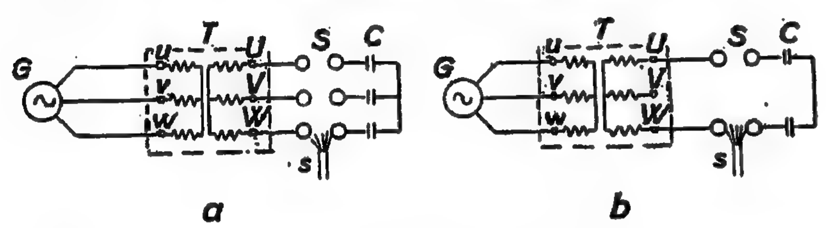


Fig. 2. - Schema per la prova con onde a fronte ripido secondo le norme tedesche.

G = generatore, T = trasformatore, S = spinterometro, C = condensatori. Distanza di scarica di S = 1,3 U_n.

un trasformatore trifase di 60 kVA, 11 000 V e fu prima sottoposto alla prova secondo lo schema delle norme svizzere. Per chiarire l'influenza della resistenza R, fu prima fatta una serie di prove con R = 40 000 ohm e poi una seconda serie di prove con R = 0. Con questo schema il trasformatore si scarica, da quanto si rileva dagli oscillogrammi, allo spinterometro S in oscillazioni di diversa forma e ampiezza. Si può peraltro stabilire quanto segue: la capacità di entrata del trasformatore

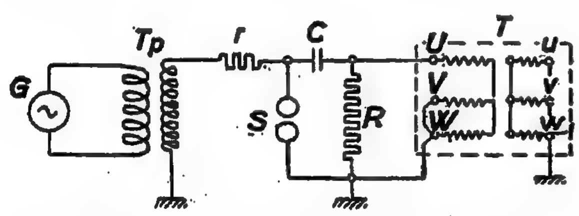


Fig. 3. - Schema per la prova con onde di carica secondo Montsinger e Peters.

G = generatore, T_p = trasformatore di prova, T = trasformatore, C = condensatore, R = resistenza, S = spinterometro.

si scarica allo spinterometro verso terra, attraverso l'induttanza del circuito di scarica in una oscillazione della frequenza di $4,2 \times 10^6$ periodi. Il trasformatore si comporta come una capacità, perchè a questa alta frequenza la sua induttanza rappresenta praticamente una impedenza di grandezza infinita. Queste oscillazioni sono naturalmente determinate dal modo come è costituito il circuito di scarica e sono indipendenti dalla

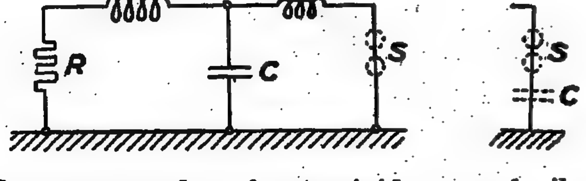


Fig. 4. - Prova con onde a fronte ripido secondo il metodo svizzero. Schema semplificato per il circuito oscillante.

resistenza R, che è separata dal circuito di oscillazione dalla impedenza assai elevata dell'avvolgimento. La fig. 4 dà lo schema semplificato corrispondente nel quale l indica la induttanza del circuito di scarica, L l'induttanza del trasformatore e C la capacità di entrata dell'avvolgimento del trasformatore. La tensione, che colpisce le prime spire, può essere ancora aumentata per oscillazioni locali: inoltre l'avvolgimento viene sollecitato dalle oscillazioni di scarica della capacità notevolmente più grande dell'interno del trasformatore, oscillazioni, che, anche a cagione della maggiore induttanza, hanno frequenza minore (22 000 ÷ 135 000 periodi). L'ampiezza di tali oscillazioni non viene mai influenzata in modo sensibile dalla resistenza R.

Nelle prove con lo schema delle norme tedesche due fasi furono messe a terra e fu usato un solo spinterometro e così pure un solo condensatore C di capacità 0,007 μF. L'avvolgimento primario fu collegato a triangolo, come del resto si era fatto anche per le prove secondo le norme svizzere. Dagli oscillogrammi presi si vide che si ha la stessa sollecitazione dell'isolamento come nelle prove eseguite collo schema delle norme svizzere. Lo schema semplificato può anche in questo caso essere quello della fig. 4, nel quale si deve porre però $R = O$. Durante la scarica il condensatore C si carica relativamente con lentezza e causa semplicemente dopo un certo tempo, rispetto al primo schema, variazioni nelle tensioni dell'avvolgimento verso massa, senza influenzare le sollecitazioni tra spire e tra bobine.

Finalmente le prove eseguite secondo lo schema di Montsinger e Peters furono fatte con un condensatore C di capacità 0,007 μF e con diverse resistenze da R = 300 ohm fino a $R = \infty$. Con questa disposizione l'avvolgimento del trasformatore non ha praticamente alcuna tensione verso terra, a cagione della resistenza R inserita in parallelo, poichè la tensione di prova è data dalla capacità di C. Al momento dell'adescamento della scarica allo spinterometro, la tensione del condensatore C caricato viene improvvisamente trasferita al trasformatore; poichè il condensatore per le stesse ragioni citate nel caso dello schema delle norme tedesche forma un corto circuito per le oscillazioni ad alta frequenza, anche qui la sollecitazione dovuta alla prova con onde a fronte ripido è la stessa come nei due casi precedenti. L'unica differenza è che la tensione alle prime spire dell'avvolgimento sale improvvisamente da 0 al valore della tensione di prova, invece di scendere da questo valore a 0. Nei primi due schemi si ha cioè un'onda di scarica, mentre qui si produce un'onda di carica; mentre la sollecitazione verso terra al principio dell'avvolgimento può salire fino al doppio, praticamente a 1,8, le sollecitazioni tra spire e bobine non restano invece influenzate. L'A. dà poi diversi oscillogrammi delle tensioni verso terra e dell'andamento della tensione tra spire e bobine. L'oscillazione di alta frequenza presenta anche qui una frequenza di $4,2 \times 10^6$ periodi. Lo svantaggio di questo metodo sta nel fatto che il trasformatore, in seguito alle onde di carica, può essere sottoposto a sovratensioni inammissibili verso massa.

Del resto le onde più ripide che si presentano in pratica sono onde di scarica e non di carica. Le onde di carica rilevate coll'oscillografo a raggi catodici in reti a 220 kV durante i temporali mostrano come massima ripidità 300 kV/μs. Nella prova a fronte ripido con onda di scarica si ha per esempio per la sollecitazione dell'avvolgimento di un trasformatore di 220 kV, un gradiente di tensione di 1850 kV/μ s, mentre la distanza di scarica allo spinterometro come al solito era stata assunta pari a 1,3 U_n. In tutte queste prove la frequenza delle oscillazioni è sempre così elevata che la risonanza colla frequenza propria degli avvolgimenti del trasformatore è esclusa.

L'A. aggiunge poi i risultati di prove eseguite su di un trasformatore più grande, da 6000 kVA, 57000/5400 Volt.

Qui fu misurata collo spinterometro a sfere la sollecitazione delle bobine colla prova con onde a fronte ripido secondo gli schemi svizzero e tedesco. Le prove furono fatte sull'avvolgimento ad alta tensione che aveva 43 bobine per colonna con un totale di 1160 spire. Nella fig. 5 sono riprodotte le curve delle tensioni misurate. La curva 1 fu presa collo schema delle norme svizzere per R = 70 000 ohm, le curve 2a e 2b secondo lo schema delle norme tedesche rispettivamente con punto neutro dei tre condensatori isolato e messo a terra. Le curve 3a e 3b furono prese collo schema della fig. 6 con una capacità C = 0,01 μF, la prima col morsetto W isolato e la seconda collo stesso morsetto messo a terra come si vede punteggiato nella fig. 6. Questo schema corrisponde per altro a quello delle norme tedesche. La curva 4 dà la sollecitazione delle bobine con corto circuito a terra ai morsetti del trasformatore secondo lo schema della fig. 7, nel quale il trasformatore non è messo a terra, ma collegato ad una linea lunga 11 km. In questo modo l'avvolgimento ad alta tensione del trasformatore assieme alla linea fu portato fino alla tensione di scarica allo spinterometro per mezzo di una tensione esterna applicata al punto neutro. Le onde di scarica si diffondono dal punto di scarica in ambedue le direzioni, in modo che dopo riflessione all'estremità isolata della linea si ha allo spinterometro un'onda

di ritorno con segno negativo che può influenzare l'adescamento dello spinterometro.

L'analisi delle curve sopra riportate porta alla conclusione che, ad eccezione della curva $3a$, i valori misurati nella parte

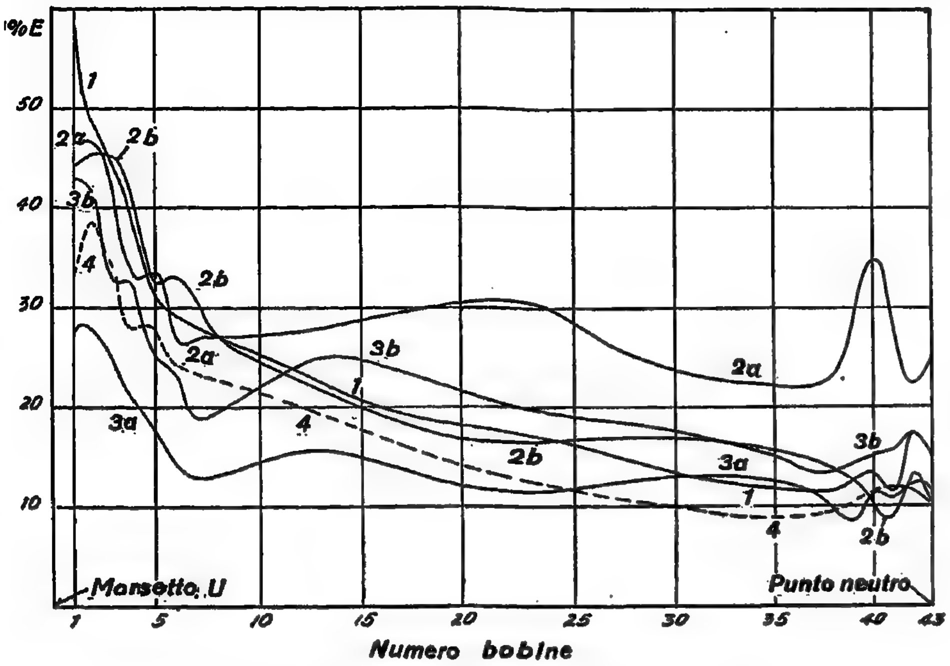


Fig. 5. - Trasformatore trifase da 6000 kVA, 45 kV. Sollecitazione delle bobine con diversi metodi di prova.

1 – Schema della figura 1b.
2a – » » » 2b. Neutri dei tre condensatori isolati.
2b – » » » 2b. Neutri dei 3 condensatori messi a terra.
3a – » » » 6. Morsetto W isolato.
3b – » » » 6. Morsetto W a terra.
4 – » » » 7. Prova con corto circuito a terra.

iniziale dell'avvolgimento, mostrano un andamento simile; però la sollecitazione più elevata alla prima bobina si è avuta collo schema delle norme svizzere. Queste conclusioni concordano con quelle precedentemente dedotte per il trasformatore da 60 kVA e mostrano che la sollecitazione all'inizio

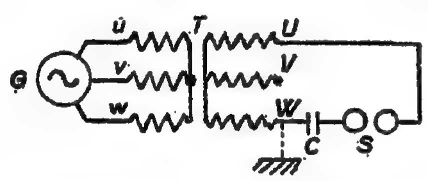


Fig. 6. - Schema per la prova con onde a fronte ripido secondo il metodo tedesco.

dell'avvolgimento con la prova con onde a fronte ripido non è praticamente influenzata dallo schema scelto. Quindi i tre schemi sotto questo riguardo si possono considerare equivalenti per ciò che riguarda la sollecitazione imposta all'isolamento tra spire e tra bobine. Così pure la grandezza della resistenza R nello schema delle norme svizzere non ha praticamente influenza sulle tensioni delle bobine.

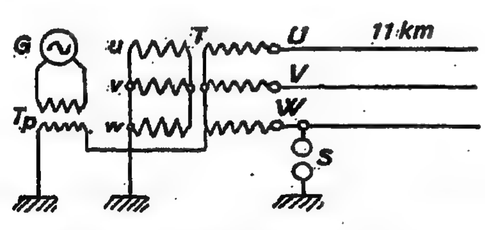


Fig. 7. - Prova di corto circuito a terra con trasformatore trifase da 6000 kVA collegato a una linea lunga 11 km.

T_p = Trasformatore di prova.

Circa la sollecitazione dell'isolamento verso terra, secondo lo schema di Montsinger e Peters può giungere a 1,8 volte il valore normale, il che si deve considerare come non desiderabile in questo genere di prove.

Si è già discusso sull'opportunità di queste prove e si è anche talvolta lanciata l'idea che la tensione di prova dovesse venire aumentata. Montsinger e Peters ritengono appunto che i valori di prova proposti in Europa sono insufficienti rispetto a quelli che si possono presentare in pratica. Perciò il loro schema dovrebbe consentire di provare l'isolamento con tensioni più elevate. Però, poichè tale prova può danneggiare la macchina, gli AA. ritengono che sia raccomandabile solo per scopo di studio. Del resto le sollecitazioni che si possono presentare durante l'esercizio negli avvolgimenti sono così svariate che anche l'uso di una prova a fronte ripido con tensione più elevata non potrebbe dare nessuna garanzia che un trasformatore così provato possa resistere alle sovratensioni che in pratica possono presentarsi.

Si sono anche fatte prove per determinare le dipendenze delle tensioni di perforazione dell'isolante dalla frequenza delle oscillazioni, per la mica, il vetro e la porcellana. Però poichè furono eseguite su tali materiali in spessori sottili, quali in pratica non si presentano, se ne possono dedurre conclusioni di valore pratico limitato. T. S.

IL TRASFORMATORE ANTI-RISONANTE

General Electric Review, ottobre 1930. – W. A. Mc Morris e J. H. Hagenguth.

L'avvolgimento di alta tensione di un trasformatore con neutro a terra può assimilarsi a una serie di induttanze eguali, ciascuna presentante una capacità in serie verso l'elemento vicino e in derivazione verso terra (nucleo e cassa). I valori di queste capacità sono relativamente bassi, e il loro effetto è trascurabile alle frequenze normali e la tensione presenta una distribuzione uniforme lungo l'avvolgimento, in quanto è determinato solo dall'induttanza. Ma alle onde di impulso, che si presentano nei primi istanti come perturbazioni ad alta frequenza, l'induttanza oppone una reattanza molto elevata e allora prevale nella distribuzione del potenziale l'effetto delle capacità. Un calcolo approssimato può farsi supponendo che le singole capacità siano tali che per differenze unitarie di tensione passi l'unità di corrente. La distribuzione della tensione, all'inizio del fenomeno, può essere rappresentato da una curva del tipo indicato nella fig. 1; la distribuzione finale invece, poichè l'andamento dell'onda partecipa delle caratteristiche a bassa frequenza, tende ad essere uniforme ed è rappresentabile da una retta (3). Passando dalla distribuzione iniziale alla terminale, si verificano, attraverso una serie di oscillazioni, quei fenomeni di sovratensione che danno luogo a gravi sollecitazioni fra gli avvolgimenti.

Se il trasformatore potesse essere costruito in modo che le distribuzioni del potenziale all'inizio e alla fine del fenomeno transitorio fossero le stesse, si eviterebbero le oscillazioni interne e si ridurrebbero le sollecitazioni. A questo mira il trasformatore antirisonante.

L'ineguale distribuzione è dovuta alle correnti di carica delle capacità verso terra in derivazione, che provocano variazioni nelle correnti delle capacità in serie. Tali correnti perturbatorie non possono essere eliminate, ma si può eliminarne l'effetto sulla distribuzione della tensione, facendo in modo che le correnti stesse non siano più fornite attraverso l'impedenza dell'avvolgimento ma da una sorgente indipendente che nel trasformatore antirisonante è costituita da superfici conduttrici o meglio da schermi montati all'esterno dell'avvolgimento e connessi alla linea.

Nel trasformatore non risonante la distribuzione si mantiene costante, sia con onde unidirezionali, a fronte ripido o sfuggente, sia con perturbazioni oscillanti, persistenti o smorzate. Lo schermo è costituito da lamine metalliche convenientemente isolate e disposte all'interno dell'avvolgimento di altre, una disposizione che non interferisce in alcun modo con la costruzione tradizionale del trasformatore consentendo eguale facilità di montaggio, e di manutenzione, senza intaccare la resistenza alle sovracorrenti.

Se il trasformatore non ha il neutro direttamente messo a terra ma è isolato (fig. 1,E) la distribuzione finale di tensione è una retta parallela all'asse delle ascisse e la transizione si compie attraverso oscillazioni determinate dalla differenza tra gli stadi iniziali e finali e dalla differenza delle armoniche elementari. In tali condizioni si manifesta una tensione verso massa del 200% della tensione applicata.

Se poi il trasformatore è messo a terra attraverso un'impedenza, l'ampiezza e il carattere delle oscillazioni dipendono dal valore dell'impedenza (fig. 1,C). Nel caso che il neutro sia messo a terra per mezzo di un reattore, la «tensione finale», ossia quella che si otterrebbe applicando un'onda migrante di lunghezza infinita è $\frac{L_2}{L_1 + L_2}$ volte la tensione applicata, essendo L_1 e L_2 le induttanze del trasformatore e del reattore. Analoga relazione sussiste quando si faccia uso di una resistenza per la messa a terra. Il rapporto diventa $\frac{Z_2}{Z + Z_2}$ essendo Z l'impedenza della linea e Z_2 la resistenza dell'apparecchio.

Per realizzare anche in questi casi un trasformatore antirisonante si può far ricorso a due metodi: l'uso dello schermo, come per i trasformatori direttamente messi a terra, oppure l'impiego, in connessione con un trasformatore comune, di un'impedenza che mantenga il neutro al potenziale di terra durante il feno-

meno transitorio. Il secondo metodo è quello più impiegato, essendo lo schermaggio molto costoso per trasformatori a neutro isolato o che si comportano come tali.

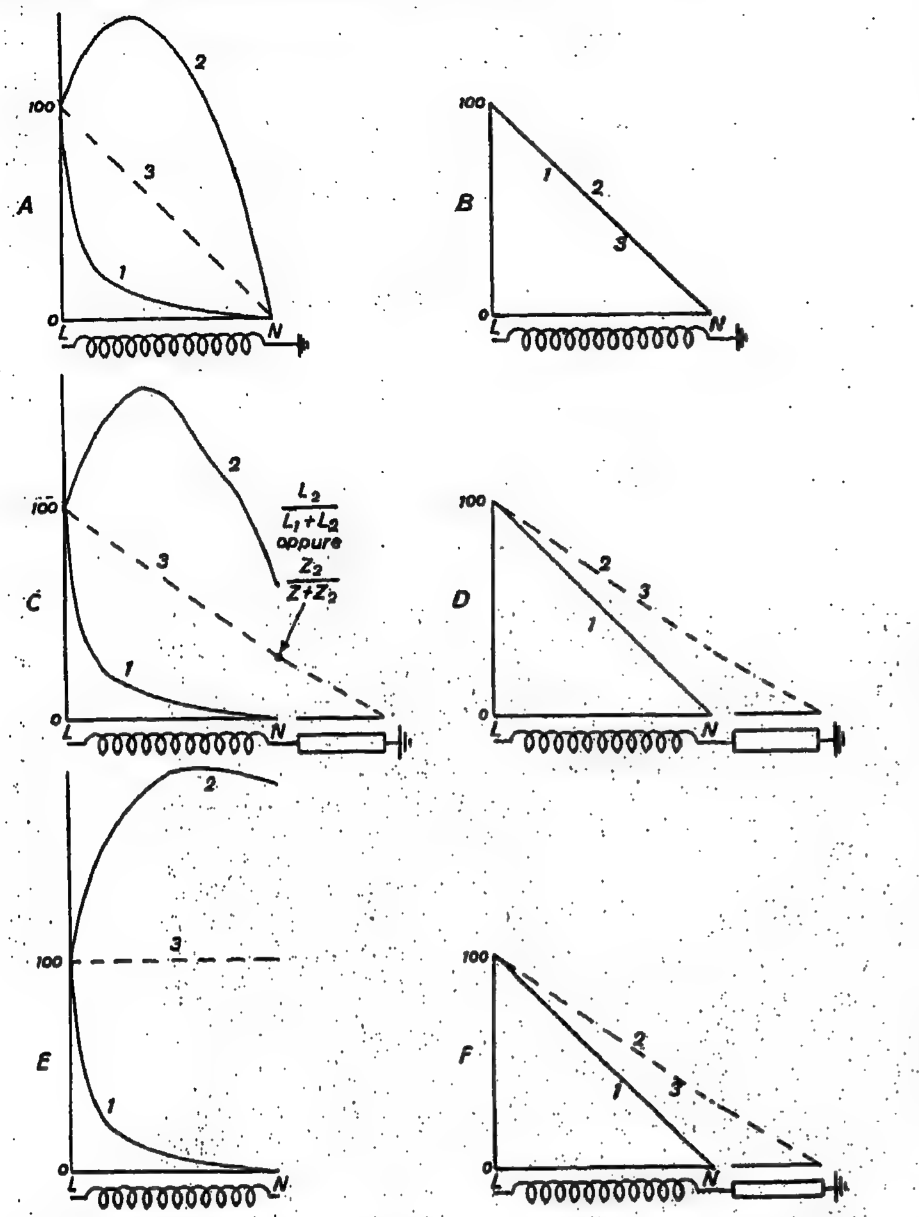


Fig. 1. - Distribuzione della tensione in vari tipi di trasformatori per effetto di onde migranti (*A*, *C*, *E* con trasformatore comune *B*, *D*, *F* con trasformatore antirisonante).

A e *B* - Neutro messo direttamente a terra - *C* Neutro messo a terra attraverso resistenze e reattori - *D* Neutro messo a terra attraverso un'impedenza - *E* Neutro isolato - *F* Neutro messo a terra attraverso un'impedenza formata da una capacità e da una speciale resistenza.

1 - Tensione iniziale - 2 Inviluppo valori max tensione verso terra - 3 Tensioni finali.

L'impedenza è in generale formata da una capacità e da una resistenza in parallelo con un reattore o con una resistenza messe a terra. La funzione della resistenza in parallelo è quella di prevenire la formazione di possibili fenomeni di risonanza. Tali apparecchi possono essere costruiti per la messa a terra di un solo trasformatore o di più trasformatori in parallelo. Vi sono attualmente in esercizio e in costruzione trasformatori antirisonanti per 2 500 000 kVA. Circa la metà sono installati con il neutro messo a terra attraverso un'impedenza.

Cu.

---

d) **EFFICACIA DEGLI SCARICATORI PER LINEE AEREE**

Electrical World, 4 ottobre 1930. – E. BECK, E. L. JONES e A. M. OPSAHL.

L'adozione di scaricatori sulle linee elettriche presenta il vantaggio sia di ridurre il numero degli archi sugli isolatori che di alleggerire il compito degli scaricatori nelle centrali e sottostazioni, ciò che potrebbe condurre a sostituire questi ultimi, ingombranti e costosi, con scaricatori del tipo per linee.

Il problema più importante degli scaricatori per linee aeree è quello della zona di protezione che essi garantiscono nella direzione dell'origine della sovratensione, poichè la protezione nell'altro senso è ad ogni modo assicurata qualora la resistenza a terra dello scaricatore sia bassa e siano prevenute le onde riflesse. L'estensione di tale zona è tanto maggiore quanto minore è la ripidità della fronte dell'onda di sovratensione e quanto maggiore è il margine fra la tensione di scarica ad impulso della linea e quella di scarica degli scaricatori.

I dati di scarica ad impulso degli isolatori e quelli riguardanti gli scaricatori possono aversi grazie ad esperienze con oscillografi a raggi catodici. La ripidità dell'onda di sovratensione non è nota esattamente, tuttavia i numerosi oscillogrammi ottenuti negli ultimi due anni forniscono indicazioni di massima sufficienti.

Come appare dal diagramma delle tensioni (fig. 1) l'onda incidente e_i è limitata dallo scaricatore al valore e_a. Lo scaricatore rimanda un onda riflessa di tensione $e_r = e_a - e_i$, cosicchè la configurazione delle tensioni in un dato istante è

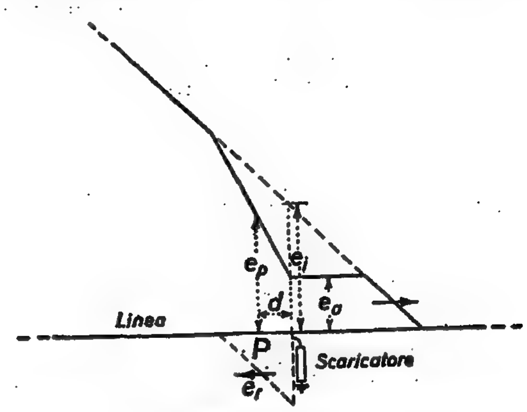


Fig. 1. - Diagramma delle tensioni.

quella segnata con tratto pieno. Nel punto *P* la tensione cresce uniformemente al passaggio dell'onda crescente di *N* volt per microsecondo; dal momento però che in *P* comincia ad arrivare l'onda riflessa la tensione rimane costante ed ha il valore:

$$e_p = e_a + 6{,}55\, N\, d \qquad (1)$$

in cui *N* è la ripidità dell'onda in kilovolt per microsecondo e *d* è la distanza fra *P* e lo scaricatore in chilometri.

In ogni istante la corrente che attraversa lo scaricatore ha il valore:

$$e_a = \frac{2\, e_i - 2\, e_a}{Z} \qquad (2)$$

dove e_i è il valore della tensione incidente che vi sarebbe stata in quel punto qualora non vi fosse lo scaricatore e *Z* l'impedenza della linea rispetto all'onda di sovratensione (generalmente circa 500 ohm).

Se la resistenza *R* di terra allo scaricatore è considerevole, la tensione e_a allo scaricatore va aumentata della caduta di tensione *I R* e la (1) deve essere così corretta:

$$e_p = \left[e_a + (e_i - e_a)\frac{2\,R}{Z + 2R}\right] + 3{,}8\left(1 + \frac{Z}{Z + 2R}\right) N\, d \qquad (3)$$

In questo caso e_p dipende dalla tensione massima che si sarebbe prodotta sulla linea ed ha un valore superiore a quello ricavato dalla (1); ciò che conferma l'importanza di una bassa resistenza a terra dello scaricatore.

Basandosi su una ripidità del fronte d'onda di 150 kV per microsecondo, che è probabilmente la massima che si verifichi in pratica per le sovratensioni atmosferiche, gli AA. rappresentano graficamente (qui si lo omette per brevità) l'andamento, istante per istante, di una sovratensione con origine in un punto intermedio fra due scaricatori. La resistenza a terra degli scaricatori è stata supposta trascurabile. La tensione e_p sale sino al massimo:

$$e_{p\,max} = e_a + 6{,}55 \times 150 \times d$$

e poi, quando le onde riflesse dei due scaricatori raggiungono il punto *P*, descresce uniformemente con la stessa ragione di 150 kV per microsecondo.

Nell'articolo è anche riportato un esempio di applicazione dei calcoli sopra esposti al caso di una linea a 33 kV con pali in legno. La distanza fra due scaricatori successivi varia naturalmente secondo l'entità dell'isolamento e le caratteristiche degli isolatori, e secondo che si tenga conto o meno del maggior isolamento dovuto all'impiego di pali in legno, poichè in base a tali elementi varia il valore massimo della tensione di scarica. Così l'intervallo fra due scaricatori successivi nella linea in questione può variare da 170 a 900 m.

Gli AA. riferiscono poi su numerose esperienze in linea. Oltre a verificare la corrispondenza dei calcoli teorici con la pratica per il distanziamento degli scaricatori, le esperienze hanno avuto anche lo scopo di provare la robustezza del tipo di scaricatore proposto. Gli scaricatori di linea sono infatti in condizioni di esercizio probabilmente assai gravose, perchè, essendo distribuiti lungo la linea, è facile che uno o due gruppi di essi vengano a trovasi in grande prossimità del punto in cui il fulmine investe la linea.

Gli spazi esplosivi in serie usati con gli scaricatori sono di due tipi: un primo tipo consiste in numerosi piccoli spazi esplosivi in serie contenuti in un astuccio di porcellana, simili a quelli normali per scaricatori « autovalve »; l'altro tipo consiste

in uno spazio esplosivo ampio ed aperto formato fra il conduttore di linea ed un elettrodo applicato all'elemento dello scaricatore; in esso la distanza fra gli elettrodi è relativamente grande e gli elettrodi di piccole dimensioni. In molti impianti sperimentali gli scaricatori hanno gli spazi esplosivi metà del tipo chiuso e metà di quello aperto.

Per il comportamento con le scariche ad impulso il tipo chiuso si avvicina ad uno spinterometro a sfere e il tipo aperto ad uno scaricatore a corna. Per onde a fronte ripida perciò lo scatto dell'arco dovrebbe avvenire a tensione un po' maggiore negli spazi aperti e la zona di protezione dei relativi scaricatori dovrebbe essere un po' minore che quella con gli spazi multipli chiusi.

Nelle prove non si è invece constatata differenza alcuna nella protezione con l'uno o l'altro tipo.

A seconda del tipo di sostegno, della distanza fra filo e filo e fra filo e palo ecc. gli scaricatori sono stati montati sospesi ai fili di linea, oppure alle mensole porta isolatori, a mensolette speciali. Si è avuto cura speciale che in caso di guasto di uno scaricatore ne fosse possibile il ricambio senza provocare incroci fra i fili.

Quanto ai risultati sinora ottenuti ed esposti dagli AA. in una tabella, sono sopratutto interessanti quelli di confronto fra il comportamento delle linee prima e dopo l'applicazione degli scaricatori. Questi dati son per ora limitati a tre linee e se non possono dirsi conclusivi sono ad ogni modo incoraggianti. Certo occorreranno esperienze ancora durante parecchie estati prima di potersi pronunciare sull'efficacia protettiva degli scaricatori.

ESAME DEI RISULTATI SPERIMENTALI SU ALCUNE LINEE.

Linea a 22 kV con isolatori rigidi. – Su questa linea fu fatto il primo impianto di scaricatori di linea nell'aprile 1927. Questa linea è posta sui medesimi tralicci in acciaio di una linea ad altissimo potenziale munita di 2 fili di guardia superiori. Gli scaricatori anzichè a distanze uniformi furono posti sui tralicci che resultavano maggiormente esposti per vedere se una protezione in quei punti avesse potuto ridurre i disturbi.

I dati di esercizio di questa linea, completi dal 1926 in poi, mostrano che nel 1926 vi furono 20 scariche a terra. Nel 1927 vennero messi gli scaricatori del tipo 1 V e si ebbero solo due scariche, nel 1928 tre. In questi tre anni la frequenza e la violenza dei temporali furono pressochè eguali; l'inserimento degli scaricatori migliorò perciò il funzionamento della linea.

Sino all'agosto 1929 si verificarono solo 5 archi, ma il 23 agosto in un solo temporale di violenza eccezionale, che provocò gravi disturbi in tutto il sistema, ne avvennero 7. Mai sono avvenute scariche sui tralicci protetti da scaricatori, nel mentre 6 volte negli anni 1927-1929 esse si sono verificate sul traliccio adiacente. Il margine fra la tensione di accensione dell'arco sugli isolatori adoperati e la tensione limite di scarica degli scaricatori era piuttosto piccolo. A un capo della linea, su un tratto comprendente 7 pali all'uscita della centrale, e protetto da scaricatori elettrolitici, si verificavano i maggiori disturbi sino al 1926, nel quale anno solo in questo tratto vi furono otto archi. Gli scaricatori posti ai tralicci 3 e 7 hanno fatto sì che in quel tratto non si è verificato più alcun disturbo.

Linea a 66 kV a due terne su tralicci di acciaio. – Gli scaricatori sono piazzati sulla terna denominata n. 11 isolata con catene di 7 elementi in sospensione e 8 elementi in amarraggio e munite di scaricatori a corna. L'altra terna, n. 12, è dal lato opposto dei tralicci ed è isolata con catene di 8 e 9 elementi rispettivamente. Non ha scaricatori di linea ma le catene sono munite di anelli di guardia con valvole sopra i primi 14 tralicci ad ogni estremo della linea. Non vi sono fili di guardia altro che alle estremità, dove si estendono per 14 e 17 sostegni. Il rapporto del 1929, dopo la posa degli scaricatori di linea, non mostra una apparente riduzione dei disturbi, ma nessun arco è avvenuto più vicino di due campate da uno scaricatore, e si è prodotto dove la resistenza della messa a terra era notevole. In passato a causa del minore isolamento, la terna 11 aveva avuto molto più disturbi della terna 12. Il rapporto fra le interruzioni rispettive era di circa 1 a 4. Tale rapporto nel 1929 è stato ridotto da 1 a 2 circa. Il tratto di linea prima duramente provato (45 archi su 72 in totale negli anni 1924-1929) avendo delle resistenze di terra assai basse, non ha avuto più nessun disturbo da quando furono messi gli scaricatori di linea.

Linea con unica terna a 110 kV. – Su pali a traliccio d'acciaio e con catene di 7 elementi in sospensione. A titolo di prova gli scaricatori furono distanziati da 3 a 5 chilometri, rimanendo evidentemente non protetta una gran parte della linea. Dal numero delle interruzioni avvenute dopo la posa degli scaricatori sembrerebbe che essi non siano stati di nessuna utilità. Considerando però che, nella zona, l'intensità e frequenza dei temporali fu stimata nel 1929 il triplo di quella del 1928, i disturbi sarebbero stati ridotti circa a metà. Un arco solo avvenne a 2 campate da uno scaricatore, gli altri ebbero luogo a distanza di almeno 5 campate. Le resistenze di terra lungo queste linee sono generalmente basse.

f. f.

GLI ISOLATORI PER NEBBIA

Electrical World, 20 dicembre 1930. – S. MURRAY JONES.

I costruttori designano col nome di « isolatori per nebbia » alcuni tipi di isolatori di opportune forme e dimensioni che trovano impiego nelle linee attraversanti zone con atmosfera inquinata per sospensioni metalliche o carboniose, o carica di sali marini come avviene negli impianti litoranei. La designazione è impropria: la nebbia, i fumi, gli effluvi salini, le sostanze inquinanti l'aria non alterano direttamente le proprietà isolanti dei materiali, ma diminuiscano la resistenza effettiva delle « traiettorie di conducibilità » e contemporaneamente riducono la sezione resistente alla disrupzione. La maggior parte dei depositi salini sono di struttura porosa e igroscopica tale da favorire la condensazione che, una volta cominciata, procede rapidamente. La resistenza sotto pioggia risulta pure diminuita in quanto i depositi sono migliori conduttori dell'acqua e « shuntano » certi tratti di isolatore. Le tensioni che conducono al collasso per piccole percentuali di umidità non sono molto diverse tanto per gli isolatori puliti, quanto per gli isolatori carichi di depositi. Ma agli alti gradi di umidità, specialmente a quelli prossimi alla saturazione o alla formazione di nebbia, la diminuzione di resistenza è notevole e si aggira intorno al 50 %. Volendo fare confronti sul comportamento di diversi isolatori con nebbia o con depositi, molti tecnici impiegano la distanza di conduzione o la superficie della porcellana, in combinazione con il valore della tensione critica. Questo metodo non è corretto: quasi sempre l'aumento della corrente di dispersione e la diminuzione della tensione di collasso sono dovuti all'abbassamento della resistenza alla scarica superficiale. Ammettendo che la superficie della porcellana abbia una resistenza specifica costante per unità di area e sia equivalente a un numero infinito di piccole resistenze, la resistenza della superficie di disperdimento può essere definita come la somma di tali elementi. Per qualche caso tipico il calcolo è stato fatto analiticamente, ma il più delle volte basta una trattazione approssimata da farsi su una sezione dell'isolatore disegnato al vero. Volendo fare dei confronti, il fattore caratteristico della resistenza di dispersione superficiale è la somma delle inverse dei

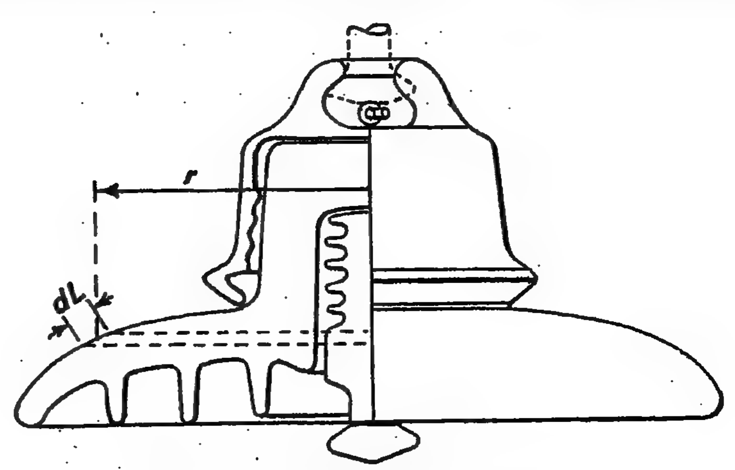


Fig. 1. - Sezione di un isolatore.

raggi r misurati per ogni elemento $d\,L$ della distanza di dispersione come è indicato in figura 1. Il metodo è sufficiente per isolatori a cappa e perno; con isolatori a sospensione, bisogna mettere in calcolo anche l'altezza dei vari elementi della catena e riferire la resistenza di dispersione superficiale all'unità di altezza. Volendo infine stabilire un confronto interessante dal punto di vista industriale, bisogna introdurre pure il costo dell'isolatore.

I procedimenti ora indicati suppongono che si produca la disrupzione prima della perforazione dell'isolatore. Se non fosse così si dovrebbe tener conto anche dello spessore dell'isolante. La forma ha pure la sua importanza poichè, se l'isolatore è mal sagomato, presenta gole, punte, nervature, possono verificarsi dei punti di sovrintensità del campo elettrostatico; ciò ha molta importanza nei riguardi del funzionamento con nebbia poichè nei punti sovraccaricati le impurità e i depositi tendono ad accumularsi molto rapidamente. Qualche autore ha fatto l'ipotesi di un fenomeno di « vento elettrostatico »: Si tratta effettivamente di una vera e propria precipitazione elettrostatica.

Sulle linee ad alta tensione con isolatori a cappa e perno la soluzione contro i disturbi causati dalla nebbia è quella di aumentare il grado di isolamento adottando isolatori a sospensione. Se ragioni di montaggio lo vietano, si possono usare due isolatori a perno in *tandem*; il complesso ha una resistenza di dispersione superficiale, riferita all'altezza, superiore a quella di un analogo tipo a sospensione.

Per linee con isolatori a sospensione l'adattamento ai disturbi derivati dalla nebbia è migliore se si fa uso a parità di lunghezza della catena, di elementi poco spaziati. Con catene molto lunghe conviene interromperne l'uniformità includendo ogni tanto un elemento di diametro maggiore che spezza lo stillicidio dovuto alla nebbia. Dove vi è limitazione di lunghezza si è dimostrata efficace l'adozione di elemento a perno opportunamente adattato, quali costituenti la catena.

Naturalmente non va trascurata in ogni caso la pulitura periodica degli isolatori; la frequenza delle operazioni dipende dal grado di isolamento della linea. Se i depositi non sono di natura eccessivamente adesiva e si ha a disposizione dell'acqua molto resistente si può fare la pulitura anche con la linea carica; si abbia l'avvertenza che il getto d'acqua sia forte e scrosciante, per evitare che le impurità abbiano a concentrarsi, durante la lavatura ai bordi del getto, quando questi è filiforme. La pulitura è fatta però di solito con linea scarica; si fa uso di stracci e paglia di ferro, oppure di agenti chimici come il tetracloruro di carbonio. Per le stazioni all'aperto, il cui grado di isolamento è maggiore di quello delle linee, può bastare una pulitura sola, nell'intervallo di due puliture della linea.

Cu.

f) I FENOMENI ELETTRODINAMICI NELL'APPARECCHIATURA

Revue Générale de l'électricité, 3 gennaio 1931. – Ch. Bresson.

Gli sforzi meccanici che sollecitano l'apparecchiatura per effetto delle correnti di corto circuito si possono calcolare seguendo tre metodi generali: la legge di Laplace, la legge di Ampère, la determinazione del lavoro di deformazione eguagliato alla variazione dell'energia totale dei circuiti per i valori finali delle correnti. Successivamente l'autore ricava le formule che danno gli sforzi nei principali casi aventi un riferimento pratico: conduttori paralleli, conduttori rettilinei formanti un certo angolo, conduttori circolari, bobine, sino a giungere al calcolo degli sforzi dovuti a correnti di intensità variabile nel tempo.

Questo fondamento è necessario per lo studio dell'apparecchiatura atta a resistere a sforzi intensi. La resistenza degli isolatori è funzione, più che della qualità della porcellana, del modo come è fatta la cementazione alle parti metalliche di sopporto, del tipo di smaltatura, del fissaggio del conduttore,

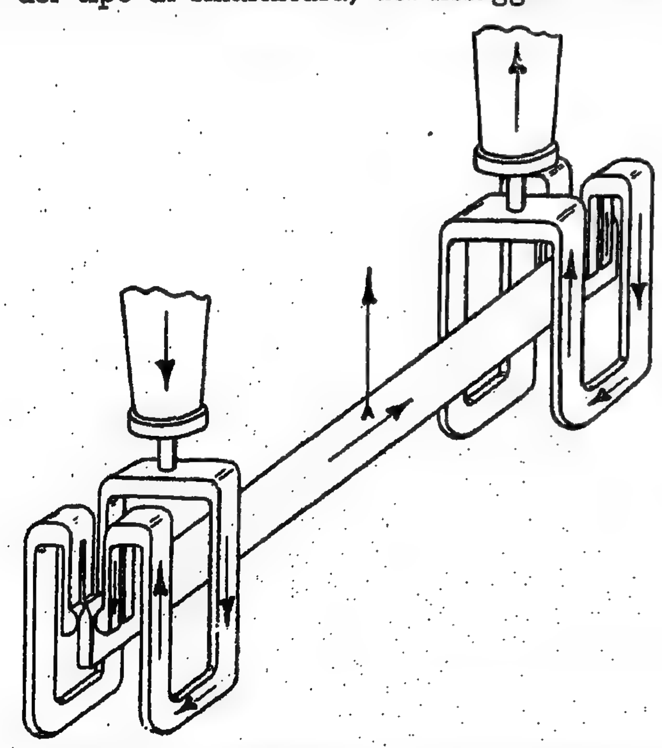


Fig. 1. - Schema del dispositivo di compensazione degli sforzi sulla traversa di un interruttore.

che non deve aver gioco dato il carattere oscillatorio delle perturbazioni. Gli isolatori doppi gemelli usati per fissare l'apparecchiatura realizzano sistemi a elevato momento d'inerzia.

Nei sezionatori le correnti intense provocano spesso l'apertura dei coltelli, sia per gli sforzi che agiscono direttamente sulla lama, sia per la diminuzione della pressione sui contatti. L'A. riporta i risultati di alcune determinazioni sperimentali compiute registrando gli spostamenti del coltello su uno schermo ricoperto di nero fumo e risalendo agli sforzi mediante un dinamometro. Le deformazioni dei contatti erano resi visibili avvolgendo i contatti stessi con materia plastica; la corrente si misurava all'oscillografo. La forma dei contatti ha notevole importanza sul comportamento del sezionatore, in relazione alla circolazione delle correnti che ne deriva. Usando contatti a lama dritta anzichè curva si hanno buoni risultati, di conseguenza è consigliabile l'uso dei coltelli doppi a lame parallele entro le quali va ad incastrarsi il contatto. Nei sezionatori o contatti dritti il coltello è sollecitato nel senso dell'apertura; si rende opportuno allora l'uso di dispositivi per bloccare il coltello.

Negli interruttori in olio di costruzione normale gli sforzi massimi sulla traversa per una corrente di 150 000 A possono essere dell'ordine di 100 kg, tali da bloccare l'equipaggio mobile. Si possono annullare tali sforzi usando una disposizione a circolazione di corrente come quella indicata nella fig. 1. Tale dispositivo di compensazione esercita pure un'azione favorevole in quanto provoca una soffiatura dell'arco.

Sulle spirali di induttanza le sollecitazioni elettrodinamiche raggiungono alcune decine di tonnellate. Quando si sovrappongano tre spirali di un sistema trifase si consiglia, per diminuire gli sforzi tra la bobina centrale e le estreme, di invertire le connessioni su tale bobina centrale. Per l'apparecchiatura utilizzante bobine concentriche ha influenza anche l'eccentricità di una bobina rispetto all'altra, ciò dà origine a uno sforzo assiale. È conveniente in tal caso di centrare opportunamente le bobine rispetto al loro « centro elettrico » determinabile sperimentalmente. Per il caso delle spirali a 90°, che sotto l'azione degli sforzi elettrodinamici tendono ad appiattirsi, si consiglia infine di rinforzare con tasselli le spire e di ammarrarne solidamente le estremità.

Cu.

g) LA SCELTA DEI FORNELLI ELETTRICI PIU ADATTI PER LE CUCINE DI AZIENDE AGRICOLE DI DIVERSE GRANDEZZE

Elektrizitätswirtschaft – N. 522, dicembre 1930. – Dipl. Ing. Fr. Mörtzsch.

La scelta del tipo e della grandezza della cucina elettrica è di primaria importanza per l'economia e la praticità di tale applicazione, e va quindi fatta razionalmente esaminando accuratamente il fabbisogno dei singoli casi. Per le aziende agricole non c'erano a disposizione finora che le esperienze raccolte nelle città, le quali servivano solo in quelle molto piccole a tipo familiare. L'A. ha ora allargato l'analisi ai diversi tipi di aziende esaminandone i fabbisogni e analizzando per ciascuno i tipi più adatti. Naturalmente questo esame è stato fatto in base alle statistiche tedesche e va quindi corretto secondo le condizioni locali se lo si vuol trasportare ad altri paesi. L'A. ha diviso le aziende da 2 ettari in su in quattro categorie: piccole aziende da 2 a 5 ettari, medie da 5 a 20, grandi da 20 a 100; latifondi sopra i 100 ettari. Per ognuno ha esaminato il numero delle persone impiegate, classificandole in proprietari e familiari, salariati e personale stagionale. I risultati sono raccolti nella tabella I e nei diagrammi delle fig. 1, 2, e 3.

Tabella I. – Numero delle persone impiegate in aziende agricole di diversa grandezza (secondo la statistica delle imprese agricole del 1925).

Estensione azienda in ha	Numero personale	
	nelle aziende	medio
2 a 5	2 a 5	3.1
5 a 10	3 a 5	4.—
10 a 20	4 a 8	5.2
20 a 50	6 a 10	7.5
50 a 100	8 a 20	14.5
100 a 200	20 a 50	32.—
200 a 500	20 a 200	65.—
500 a 1000	—	120.—
oltre 1000	—	220.—

Stabilito così il numero di persone da servire l'A. esamina il tipo di cucina più conveniente per i diversi casi. Anche qui bisogna notare che l'esame è fatto secondo lo « standard » d'alimentazione tedesco e non può essere trasportato che tenendo conto delle differenze locali.

Per le piccole aziende con non più di 3 persone l'A. indica un fornello del tipo normale da famiglia con due piastre riscaldanti, delle quali almeno una di diametro 22 mm e un forno delle misure ordinarie di 230×330×460 mm, con una potenza complessiva di 3,5÷4,5 kW. Per aziende fino a 5 persone consiglia un impianto come sopra ma con fornello a tre piastre, per una potenza complessiva di 5,5 kW. Per 5÷8 persone un fornello a 4 piastre delle quali almeno due da 22 mm, con una potenza totale

di 6,5 kW. L'A. fa rilevare l'importanza di un giusto dimensionamento di fornelli per non aumentare inutilmente il consumo e la potenza impegnata. Consiglia poi di munire ciascun fornello di un bollitore di circa 2,5 litri di capacità a riscaldamento di-

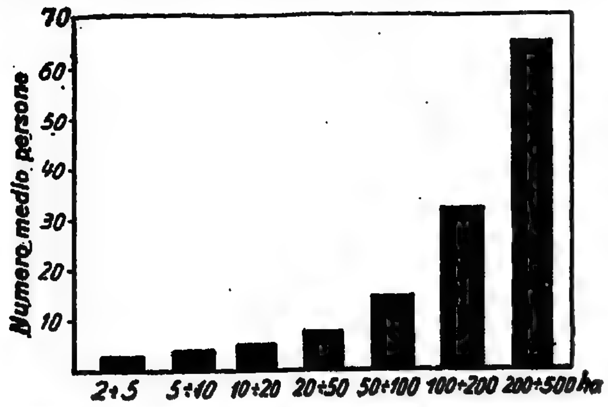


Fig. 1. – Personale medio in aziende agricole di diversa grandezza.

retto e, in alcuni casi, di un cosidetto bollitore a cappuccio che, specialmente per molte persone può essere economicamente vantaggioso per la cottura delle verdure, delle patate, ecc. Per la preparazione del mangime per il bestiame l'A. consiglia poi dei bollitori separati che possono essere alimentati con corrente

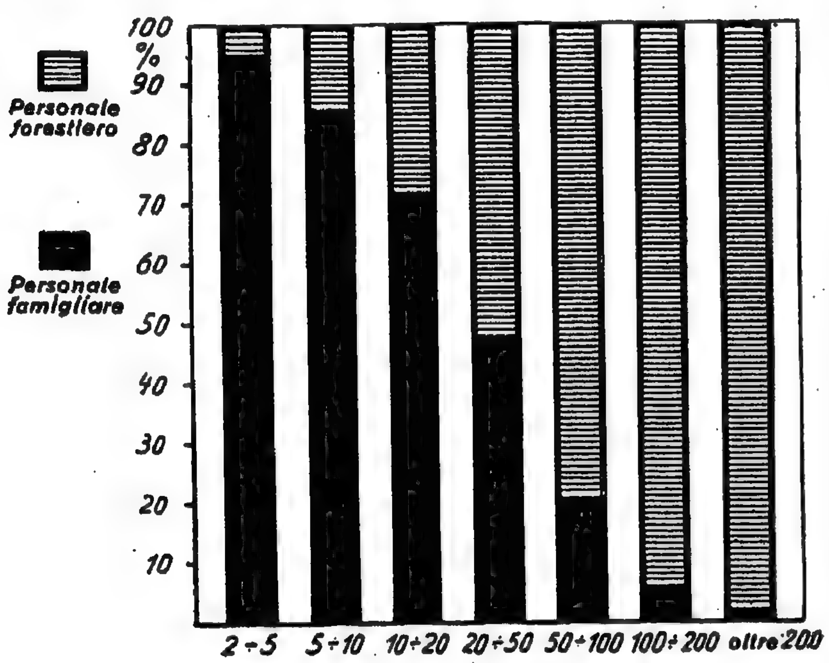


Fig. 2. – Divisione del personale totale in familiare e forestiero, in aziende agricole di diversa grandezza.

notturna a minor prezzo. Viene poi la questione dell'acqua calda per la quale i riscaldatori ad accumulazione presentano l'inconveniente di un alto costo d'impianto e di favorire un aumento di consumo per la facilità di disporne, così da far preferire spesso dei riscaldatori normali. Infine c'è la questione della preparazio-

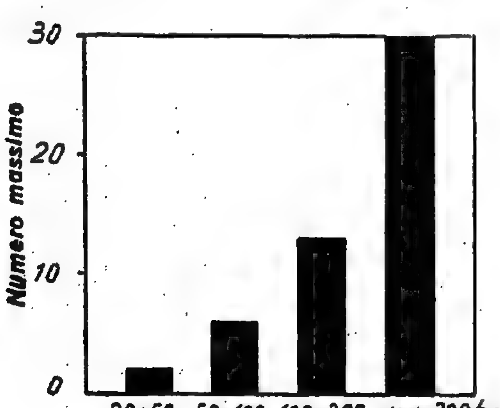


Fig. 3. – Numero massimo del personale non fisso, ma stagionale, in aziende agricole di diversa grandezza.

ne del pane per la quale si è dimostrato adatto il normale forno con un consumo di 0,3÷0,4 kWh per kg di pane. L'A. esamina ancora la questione del riscaldamento invernale della cucina, che è spesso anche camera d'abitazione, e consiglia per esso una stufa elettrica separata che può servire anche per il riscaldamento dell'acqua.

Per le grandi aziende non bastano più i tipi normali di famiglia. L'A. calcola che per una minestra per 12 persone, p. es., con porzioni di 3/4 di litro per persona, occorrono circa 9 litri di minestra che richiedono una piastra riscaldante di diametro 30 cm. Anche il forno deve essere aumentato fino ad avere almeno una profondità di 500 mm e una larghezza di 400 mm. Per 12 persone occorrono 25÷30 kg di pane alla settimana (la cifra andrebbe di molto aumentata per l'Italia) che devono poter essere preparati in una volta sola, nel tempo permesso dal lievito, di 5÷6 ore. Calcolando a 45 minuti il tempo necessario per la cottura di un pane di 2 kg, occorre quindi poter cuocere contemporaneamente 4 pani e disporre cioè di due forni della misura sopra indicata. Queste necessità hanno portato sul mercato il tipo di fornello della figura 4 che risponde bene alle esigenze.

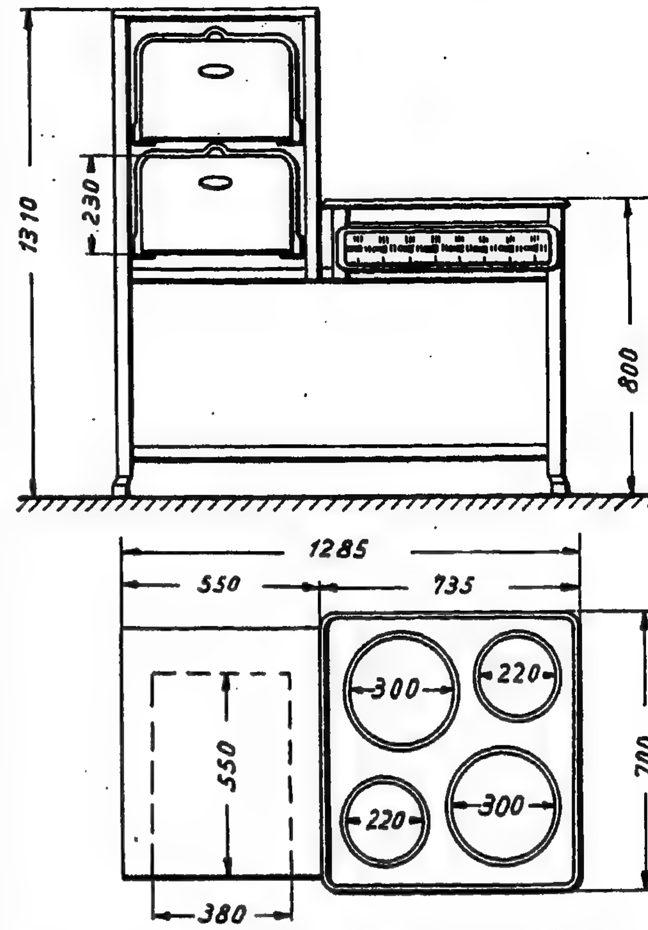


Fig. 4. - Schema di una cucina a 4 piastre e due forni per aziende agricole di 12 persone.

Per i latifondi (30÷50 persone e più) l'elettrificazione completa della cucina si presenta difficile specialmente a causa delle spese di impianto che sarebbero molto forti. L'A. considera alcuni casi di elettrificazione parziale, e conclude indicando come soluzione conveniente l'elettrificazione della cucina dei proprietari e familiari, e continuando coi sistemi soliti quella dei salariati, la quale è in generale completamente separata.

A. Bs.

TARIFFE PER LA TREBBIATURA, CON SPECIALE RIGUARDO ALLA TREBBIATURA CONSORZIALE

Elektrizitätswirtschaft – N. 522, dicembre 1930. – Dr. Ing. W. Binswanger.

Lo stabilire una tariffa razionale della trebbiatura, che tenga conto degli interessi del distributore, assicurandogli in primo luogo il servizio del capitale impegnato, e di quelli dell'utente che desidera un sistema semplice e una buona proporzionalità tra il prezzo pagato e il lavoro di trebbiatura, non è cosa facile, date le speciali condizioni di utilizzazione dell'energia, in zone generalmente molto sparse e con richiesta di breve durata. Un forte miglioramento di tali condizioni di utilizzazione si può ottenere con la trebbiatura consorziale, la quale però è solo ben accetta ai proprietari terrieri quando questi sono molto ravvicinati, perchè in caso contrario necessitano immagazzinamenti e trasporti successivi delle messi, che producono perdite nella resa. La tariffazione dovrebbe quindi tendere a favorire tale tipo di trebbiatura.

L'A. critica dapprima i sistemi di tariffa usati attualmente nella Germania meridionale, dove per la trebbiatura consorziale si usa in generale una tariffa secondo le ore di utilizzazione, oppure secondo i giorni di utilizzazione dei componenti il consorzio.

L'A. preferisce una combinazione tra una tariffa a forfait in base alla potenza impegnata e una tariffa semplice a contatore, in base ai kWh consumati. Questa combinazione dovrebbe realizzarsi in questo modo: ciascun proprietario ha per il suo fabbisogno privato un piccolo motore per il quale paga una tariffa annuale a forfait; più proprietari, riuniti in consorzio, adoperano insieme un motore per la trebbiatura, il cui consumo viene pagato secondo una tariffa semplice a contatore o secondo una tariffa tipo Hopkinson con quota fissa ridotta, perchè il forfait pagato sui piccoli motori servirebbe in tal caso ad assicurare il servizio del capitale complessivo.

Secondo l'A., questo tipo di tariffa presenterebbe vantaggi tanto per l'utente quanto per il distributore. Per il primo avrebbe principalmente quelli della semplicità e della proporzionalità, per il secondo diminuirebbe le punte rispetto alla trebbiatura individuale.

L'A. dopo questa conclusione passa ad esaminare le tariffe di diverse Società di distribuzione e riporta su diagrammi i costi del kWh per diverse ore di utilizzazione.

A. Bs.

Sommarî

Revue Générale de l'électricité, 31 gennaio 1931: « Motore asincrono autocompensato ad avviamento automatico ». – P. LETRILLART e P. FOURQUET.

Il motore in questione è una macchina a quattro avvolgimenti; l'avvolgimento primario e quello ausiliario a collettore sul rotore; l'avvolgimento di avviamento e quello secondario sullo statore. Questi due ultimi possono essere avvolti e connessi in parallelo oppure realizzati l'uno sotto forma di gabbia di scoiattolo, l'altro come avvolgimento ordinario; in ogni caso sono disposti in due canali giustapposti, riuniti o no per mezzo di una stretta fessura. Il motore è alimentato da anelli. Alla messa in marcia l'avvolgimento di avviamento interviene pressocchè da solo; poi man mano che aumenta la velocità anche l'altro avvolgimento statorico fa sentire il suo effetto. Il collettore collegato all'avvolgimento ausiliario ha il compito di compensare le fughe e di assicurare una capacità di sovraccarico elevata, non disgiunta da un fattore di potenza prossimo all'unità. Ciò permette l'avviamento diretto con un richiamo di corrente molto ridotto e una coppia rilevante. Si possono ottenere i 4/5 della coppia normale con un'intensità di corrente dell'ordine di una volta e mezza quella normale. Gli AA. fanno una trattazione analitica completa di questo tipo di motore illustrandone i vantaggi nei confronti del classico tipo a doppia gabbia, sia all'avviamento, sia nella marcia a regime, sia nei periodi di sovraccarico. Applicazioni tipiche sono quelle agli impianti per la produzione di aria compressa con comando automatico e all'avviamento e alla sincronizzazione delle commutatrici o dei motori sincroni.

***

E. u. M. 1° febbraio 1931: « Un nuovo metodo per determinare il carico fittizio dei motori ad induzione ». – A. M. BAMDAS.

L'A. passa in rassegna i metodi impiegati per la prova dei motori ad induzione e si sofferma più particolarmente sopra un metodo ideato da lui e da S. B. Eliaschewitsch nel 1928, basato sulla doppia alimentazione. Collegando il rotore di un motore asincrono ad una rete di frequenza f_r, viene generato un campo F_r che rota con velocità $\frac{60\, f_r}{p_r}$ ed induce nell'avvolgimento dello statore una f.e.m. di scorrimento E_{rs} ed una corrente I_{rs} che, col campo F_r dà luogo ad un momento M_r. Se lo statore viene a sua volta collegato con un'altra rete di frequenza f_s, viene generato in esso un campo F_s che ruota nello stesso senso di F_r, e dà luogo ad una corrente indotta nello statore e quindi ad un momento M_s di segno opposto ad M_r. Lo statore od il rotore funzionano come freno e, precisamente, sarà freno l'uno o l'altro dipendentemente dalle mutue grandezze delle tensioni indotte nei due avvolgimenti. Per ottenere perdite assai prossime alle reali, è sufficiente regolare la tensione che alimenta la parte frenante in modo che la corrente assorbita sia eguale a quella normale. È anche possibile alimentare le due parti della macchina mediante una sola rete: una delle parti deve essere allacciata però mediante un trasformatore od un regolatore di tensione.

L'A. riporta una tabella nella quale sono indicate le sopraelevazioni di temperatura nel ferro e nel rame dello statore e nel rame del rotore di un motore provato coi diversi metodi.

Il confronto con le sopraelevazioni ottenute col carico reale dimostra che il metodo indicato dà risultati più approssimati e che, precisamente, l'approssimazione è maggiore quando viene impiegato il rotore come freno.

Notiziario

PROVE COMPARATIVE DI COTTURA COL GAS E CON L'ELETTRICITÀ

I vari esperimenti ufficiali di cottura comparativa tra il gas e l'elettricità, finora fatti per stabilire la quantità dei due mezzi necessari per la cottura degli alimenti, hanno pressochè confermato costantemente la cifra proporzionale che 1 m³ di gas uguaglia 3 kWh.

Ma nel mese di gennaio u. s. sono state eseguite a Burgdorf in Germania, sotto controllo ufficiale, dimostrazioni di cotture comparative tra il gas e l'elettricità, e tali esperimenti hanno avuto come risultato che la cottura degli alimenti fatta con l'elettricità è stata possibile con kWh 2,36 contro m³ 1 di gas.

Questo eccellente risultato in favore dell'elettricità non va attribuito a condizioni casuali favorevoli, ma ai recenti miglioramenti portati nella costruzione delle cucine elettriche, che hanno spostato la proporzionale in favore dell'elettricità.

La cucina elettrica usata per gli esperimenti comparativi di Burgdorf era della Società Therma di Schwanden la quale ha presentato una cucina con forno di nuova costruzione che permette di realizzare una economia di corrente del 50% sui forni similari e su quelli di costruzione precedente della Società stessa.

Il risultato avrebbe potuto essere ancora più favorevole per il sistema di cottura con l'elettricità se la persona incaricata della cottura al forno elettrico avesse avuto quella pratica necessaria facile ad acquistarsi con un continuo impiego di una cucina elettrica.

I risultati ottenuti a Burgdorf hanno certamente una grande importanza, non tanto per l'economia di elettricità che è possibile realizzare con le più moderne cucine elettriche, ma per le speranze che è lecito nutrire circa il miglioramento della proporzione in favore dell'elettricità, che renderà l'impiego di questa, per uso di cucina, assolutamente più conveniente di qualsiasi altra forma di riscaldamento.

IL MERCATO DEI FRIGORIFERI PER USO DOMESTICO IN ARGENTINA

Negli ultimi anni vi è stato in Argentina un notevole cambiamento da parte del pubblico nell'uso dei frigoriferi per installazioni domestiche, secondo quanto riporta il « Bollettino di Informazioni Commerciali » dell'Istituto Nazionale di Esportazione, nel n. 13 del 28 marzo c. a.

Mentre fino a poco tempo fa era molto diffuso e preferito nelle abitazioni private l'uso del ghiaccio, attualmente invece l'installazione di un frigorifero è considerato come un complemento necessario nelle case delle classi agiate e di quelle medie.

Questa nuova tendenza, unita all'alto costo del ghiaccio, ha fatto rapidamente crescere le vendite dei frigoriferi per uso domestico, specialmente del tipo a compressore con motore elettrico, fornito in maggior parte dall'industria nord-americana, poichè in Argentina non esiste per ora una produzione di tali macchinari.

È difficile calcolare il totale delle vendite dei frigoriferi per uso domestico, poichè le statistiche argentine non li menzionano specificatamente. I dati riportati in merito dalle statistiche di esportazione degli Stati Uniti possono dare un'idea dell'importanza del mercato: nel 1928 le esportazioni di frigoriferi elettrici verso l'Argentina raggiunsero un valore di L. 4 913 096, nel 1929 di L. 8 424 714 e nei primi undici mesi del 1930 di L. 7 192 944, dei quali 310 691 apparecchi erano del tipo per installazioni domestiche.

CONCORSO A PREMI BANDITO DALL'A.N.F. FRA GLI INDUSTRIALI METALLURGICI ITALIANI

L'Associazione Nazionale Fascista fra gli Industriali Metallurgici Italiani, allo scopo di incrementare gli studi e le ricerche di metallurgia e metallografia in Italia, bandisce un Concorso a premi per le tre migliori memorie inedite che cittadini italiani invieranno alla Redazione de *La Metallurgia Italiana* entro il 31 dicembre 1931-X.

I premi istituiti sono i seguenti:

1° - L. 5.000 per la migliore memoria di metallografia o resistenza di materiali.

2° - L. 5.000 per la migliore memoria di tecnologia siderurgica.

3° - L. 5.000 per la migliore memoria di chimica metallurgica.

I manoscritti non dovranno essere firmati, ma dovranno essere contraddistinti da un motto, che verrà anche trascritto su di una scheda insieme con il nome e l'indirizzo dell'Autore.

La scheda dovrà essere chiusa in busta suggellata ed inviata con il manoscritto alla Redazione de *La Metallurgia Italiana*, via Cappellari 2 - Milano.

Delle buste suggellate pervenute alla Redazione, verranno aperte soltanto quelle delle memorie premiate e le altre resteranno a disposizione dei concorrenti.

La Commissione giudicatrice è costituita dai Signori: Ing. F. Bondolfi, Ing. G. Falck, Prof. Dott. F. Giolitti, S. E. Parravano Prof. Nicola, Ing. A. Rocca, Comm. Ing. Dott. Prof. G. Sirovich.

La Commissione avrà il diritto di proporre anche altre memorie, giudicate meritevoli, per ulteriori premi in denaro o per altre eventuali distinzioni.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* — ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO — Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO — ING. ETTORE CESÀRI, *Redattore-Capo Responsabile*

MILANO
Maggio 1931 - Anno IX

Fascicolo V
Volume VIII

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

ING. LUIGI GHERARDELLI
SERVIZIO IDROGRAFICO CENTRALE

Capacità e regolazione dei serbatoi alpini

PREMESSE.

I serbatoi artificiali della regione alpina sono, in generale, situati ad alta quota, e sono chiamati a regolare non soltanto la portata, e la conseguente potenza, delle acque che affluiscono al serbatoio, ma anche la potenza prodotta da altri bacini non regolati.

Il tipo più frequente di sfruttamento idroelettrico di una vallata alpina è infatti il seguente: una prima presa, che domina un bacino S_1 con un salto h_1, a valle del quale una seconda derivazione utilizza un bacino S_2 e un salto h_2 e di seguito una terza derivazione con bacino S_3 e salto h_3 e così via. Esistono o sono previsti di tali tipi di sfruttamento anche per quattro o cinque salti successivi. Sul primo bacino S_1 o su qualche bacino affluente viene prevista una capacità d'invaso, la quale regola le acque di S_1 (o anche di una sola parte di S_1). Questo bacino parziale è chiamato a regolare tutto il complesso degli impianti. La regolazione va allora studiata prendendo in considerazione le potenze e le energie che entrano in bilancio. Supposto, per semplicità che il contributo q (l/sec × kmq) a un qualsiasi istante t sia eguale per tutti i bacini, il problema si porrà così:

la potenza totale P ad un determinato tempo t è, in HP

$$P = \frac{1}{75}\, q\, (S_1 h_1 + S_2 h_2 + S_3 h_3 + \dots)$$

dove h è espresso in metri, S in kmq e q in l/sec × kmq (o meglio kg/sec × kmq perchè il peso specifico è 1 kg/l).

Di questa potenza P una parte P_1, e precisamente

$$P_1 = \frac{1}{75}\, q\, S_1\, h_1$$

è soggetta alla regolazione del serbatoio, che supporremo di capacità C (in mc), e un'altra parte P_2

$$P_2 = P - P_1 = \frac{1}{75}\, q\, (S_2\, h_2 + S_3\, h_3 + \dots)$$

non è soggetta alla regolazione.

La capacità C, poichè il serbatoio domina tutti i successivi salti, equivale a un'energia E data da

$$E = \frac{1000\, C}{3600}\, \frac{1}{75}\, (h_1 + h_2 + h_3 + \dots), \text{ in HP-ora.}$$

I dati del problema dunque sono questi: della potenza P, variabile col tempo t, solo una parte P_1 può fruire della regolazione di un *accumulatore*, nel quale può venire accumulata, al massimo, un'energia E. Se anche i laghi artificiali fossero più di uno, e per quanto il tipo di sfruttamento possa essere complesso, il problema della regolazione dei serbatoi può assai spesso (e quasi sempre in linea di massima) ridursi a quello schema. Noi quindi ci riferiremo, per semplicità e perspicuità di esposizione ad un tipo semplicissimo: un'unica derivazione che utilizza, su un salto h, un bacino S del quale solo una parte S_1 è sottesa da un serbatoio di capacità C.

La potenza proveniente dal bacino totale S si chiami P, quella proveniente da S_1 si chiami P_1 e sia E l'energia della capacità C del serbatoio. Si vede subito che il problema è ridotto allo stesso schema di prima, con questo però, che essendo il salto unico le potenze sono proporzionali alle portate e le energie ai volumi d'acqua. Cosicchè, nella trattazione che segue, parleremo di portate, deflussi, capacità d'invaso ecc., useremo cioè la stessa nomenclatura che si usa ordinariamente in questi problemi, per quanto, ripetesi, queste note vogliono riferirsi, sopratutto, al caso di schemi di sfruttamento più complessi, quali sono quelli che si riscontrano nelle nostre vallate alpine.

Infine supporremo, sempre per ragioni di semplicità, che il contributo chilometrico sia uniforme per tutto il bacino, di modo che le portate siano proporzionali ai bacini imbriferi. Se ciò non fosse le correzioni da apportarsi alla trattazione sarebbero ovvie.

DIPENDENZA DELLA REGOLAZIONE DALLA CAPACITÀ C E DAL RAPPORTO $\frac{S_1}{S}$.

Se tutto il bacino S è sotteso dal serbatoio, la regolazione può essere completa o parziale a seconda che la capacità C del serbatoio è eguale o inferiore a quella C_m necessaria per assicurare un'erogazione costante ed eguale alla portata media del periodo T (1).

Anche nel caso che del bacino S solo una parte S_1 sia sottesa dal serbatoio, si presenta un problema analogo. Anche allora,

(1) Vedasi FROSINI: «Sulle capacità da assegnare ai serbatoi stagionali». *Annali dei Lavori Pubblici*. Anno 1928.

col crescere della capacità C del serbatoio aumenterà il potere di regolazione, ma esisterà un *massimo* C_m oltre al quale la regolazione non cambia più.

Dato perciò il rapporto $\frac{S_1}{S}$ vogliamo determinare:

1°) il valore di C_m e la relativa successione delle portate regolate la quale sarà la migliore possibile compatibilmente col valore del rapporto $\frac{S_1}{S}$. Per brevità diremo *regolazione massima* quella relativa alla capacità C_m.

2°) la successione delle portate *più convenienti* nel caso che la capacità C sia minore di C_m.

Per risolvere questi problemi occorre prima di tutto definire che cosa si deve intendere per *migliore regolazione*, perchè è intuitivo che le regolazioni, mediante il giuoco del serbatoio C, possono essere teoricamente infinite.

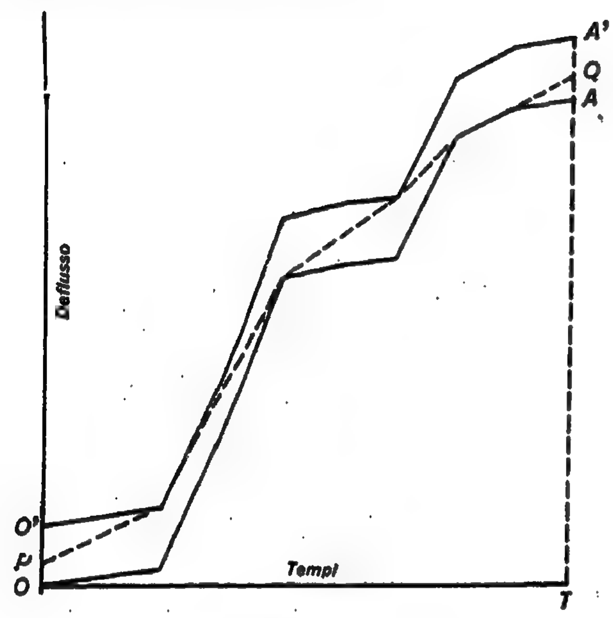


Fig. 1.

Questa definizione e la soluzione del problema 1° ora accennato, sono già state date. Qui le esporremo in breve.

Nel caso che il bacino S sia tutto regolato, e supposto che la capacità a disposizione sia C, la regolazione è determinata dal noto metodo Conti. Si traccia la spezzata OA degli afflussi naturali e la sua parallela (1) $O'A'$ in modo che il segmento OO' (distanza fra le due linee parallele) rappresenti la capacità C (fig. 1). Se dentro la striscia $OO'A'A$ si suppone di tendere un filo, in modo da non uscire dalla striscia stessa, e con la condizione che la differenza fra le ordinate dei punti estremi PQ sia eguale al deflusso totale AT e che le inclinazioni in P e in Q siano le stesse, la configurazione di quel filo teso definisce la successione dei deflussi più convenienti. Supponiamo ora di spostare in senso verticale e parallelamente a sè stessa la spezzata $O'A'$ ossia supponiamo di aumentare la capacità OO' d'invaso. La spezzata PQ si rettifica per così dire; tutti i suoi lati tendono ad assumere un'inclinazione unica finchè per un certo valore $OO' = C_m$ la spezzata PQ diventa una retta (fig. 2). La regolazione è allora completa, la portata derivata è costante ed è eguale alla media portata del periodo T. Detta q_r la portata regolata, è stato dimostrato che la regolazione Conti soddisfa alla condizione

$$\int_0^T q_r^2 \, dt = \textit{minimo}$$

essendo

$$\frac{1}{T}\int_0^T q_r \, dt = Q$$

(1) Per brevità diremo che due spezzate (o curve) OA e $O'A'$ sono *parallele* quando sono sovrapponibili l'una sull'altra mediante una *traslazione* (senza rotazione).

Questa condizione si può enunciare nel seguente modo: Fra tutte le regolazioni possibili, compatibili con la capacità del serbatoio, la migliore è quella per la quale è minimo lo scarto quadratico medio delle portate regolate q_r dalla media Q (1).

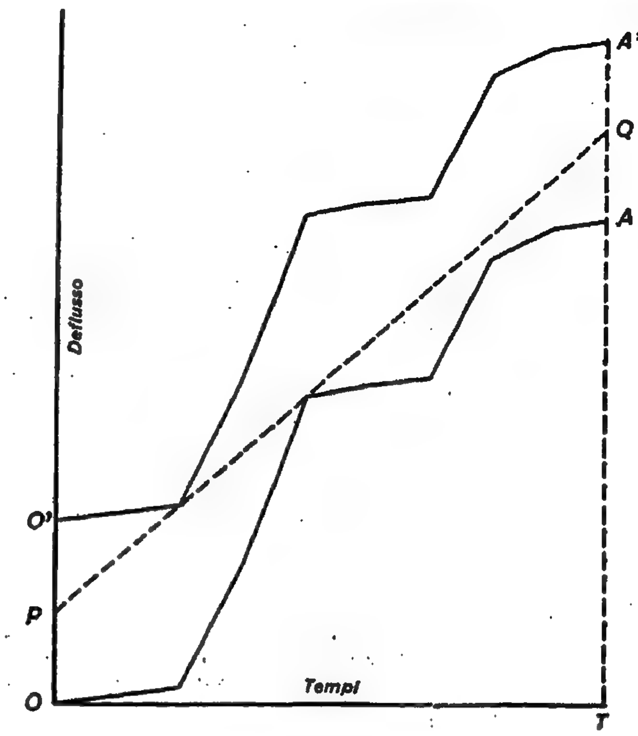


Fig. 2.

La stessa condizione si può enunciare dicendo che fra tutte le spezzate PQ che si possono tracciare entro le striscie $OAA'O'$ (con la condizione di $TQ - OP = AT$) quella che corrisponde alla migliore regolazione ha, fra tutte, la *minima lunghezza*.

La stessa regola può essere adottata anche nel caso $S_1 < S$, ossia quando il serbatoio sottende soltanto una parte del bacino S utilizzato. Sia al solito OA il diagramma degli afflussi, OO' la capacità del serbatoio e $O'A'$ una spezzata parallela a OA (fig. 3). Sia poi OA_2 la spezzata dei deflussi non regolabili, cioè i deflussi del bacino $S_2 = S - S_1$ che non è sotteso dal serbatoio. Come al solito la spezzata PQ dei deflussi regolati dovrà essere contenuta nella striscia $OAA'O'$ ma deve, di più, soddisfare alla condizione di non avere in nessun punto

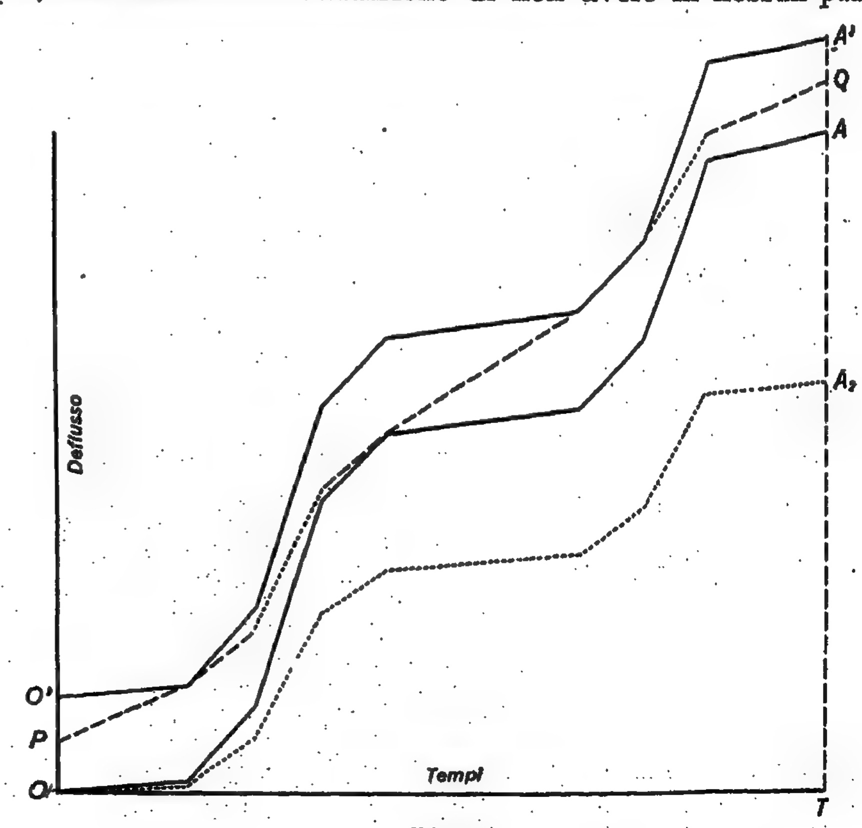


Fig. 3.

un'inclinazione minore della spezzata OA_2. Poichè le portate q_r derivate non possono mai essere minori delle portate q_2 del bacino S_2 non regolato, in quanto il serbatoio non ha alcuna

(1) Vedasi la mia nota: « Criteri per la regolazione parziale dei bacini imbriferi ». *Annali dei Lavori pubblici*. Anno 1929, fasc. 7.

influenza su q_2, così l'inclinazione di $P\,Q$ non può in nessun punto di ascissa generica t, essere inferiore a quella, nel punto corrispondente all'ascissa t, del diagramma $O\,A_2$. Dunque la spezzata $P\,Q$ dei deflussi derivati $\int_0^t q_r\,d\,t$ si ottiene con la regola del filo teso, osservando però che la sua configurazione deve essere tale da soddisfare alle seguenti condizioni:

1°) La differenza delle ordinate estreme $(T\,Q - O\,P)$ deve essere eguale al deflusso totale del tempo T (cioè a $T\,A$).

2°) La spezzata non deve uscire dalla striscia $O\,A\,A'\,O'$.

3°) In ciascun punto l'inclinazione della spezzata deve essere eguale o superiore a quella del punto corrispondente del diagramma $O\,A_2$ e ciò perchè deve essere $q_r \geq q_2$.

L'estensione del procedimento Conti al caso $S_1 < S$ è quindi immediata. Vediamo qual'è la regolazione massima e a quale capacità $O\,O'$ essa corrisponde.

Immaginiamo di spostare parallelamente a sè stessa la $O'\,A'$, in modo che la distanza $O\,O'$ vada gradatamente crescendo. La spezzata $P\,Q$, sempre tracciata con le dette regole, si deformerà in guisa da rettificarsi sempre di più. Vi sarà infine una posizione di $O'\,A'$ per la quale la spezzata $P\,Q$, nei tratti nei quali non è obbligata a mantenersi parallela a $O\,A$, sarà composta di segmenti tutti paralleli fra loro (v. fig. 4). *Da questo momento in poi la spezzata $P\,Q$ non può ulteriormente rettificarsi.* Infatti i tratti come $R_1\,R_2$ (fig. 4) paralleli a $O\,A_2$ non possono assumere un'inclinazione minore, e per conseguenza dovendo essere $T\,Q - O\,P = T\,A$, anche gli altri tratti come $P\,R_1$, $R_2\,R_3$, $R_4\,Q$, fra loro paralleli non possono assumerne una maggiore. La capacità C_m corrispondente alla distanza $O\,O'$ è dunque la *capacità massima* che si può dare al serbatoio: la regolazione definita da $P\,Q$ è la *regolazione massima*.

La distribuzione delle portate q_r si può determinare, oltre che per derivazione del diagramma $P\,Q$, anche nel modo seguente.

Sia $A\,B\,C\,D\,E$ il diagramma delle q_2. Si tracci una retta $P'\,Q'$ (fig. 5) in modo che le aree (tratteggiate in figura) comprese fra questa retta e i tratti del diagramma delle q_2 che stanno al disotto di $P'\,Q'$ rappresentino, complessivamente, il deflusso totale $\int_0^T q_1\,d\,t$ della parte regolata S_1. Il diagramma complessivo $P'\,R_1'\,B\,R'_2\,R'_3\,D\,R'_4\,Q'$ è il diagramma delle q_r (1).

È facile riconoscere che esso è il diagramma derivato di $P\,Q$ (fig. 4).

Si vede dunque che il tipo della regolazione varia non solo con la capacità disponibile C, ma anche col rapporto $\frac{S_1}{S}$ fra superficie regolata e superficie totale.

Si vede altresì che, dato il tipo del deflusso naturale $O\,A$ (fig. 4), la capacità *massima* $C_m = OO'$ è funzione soltanto di $\frac{S_1}{S}$, ossia del rapporto $\frac{A\,A_2}{A\,T}$ (fig. 4) fra i deflussi di S_1 e quelli di S.

(1) Vedasi la mia citata nota.

APPLICAZIONE AI BACINI DELLA SESIA E DELLA DORA BALTEA.

Vogliamo ora esporre appunto i risultati di un'indagine svolta, con i procedimenti sopraesposti, sul bacino della Sesia e su quello della Dora Baltea, utilizzando le effemeridi idrometriche della stazione di Campertogno sulla Sesia e di quella di Ponte Baio sulla Dora Baltea per il periodo 1925-28 (1).

Il bacino della Sesia a Campertogno è di 170 kmq, ha un'altitudine media di 2120 m s.m., un'altitudine massima di 4559 m

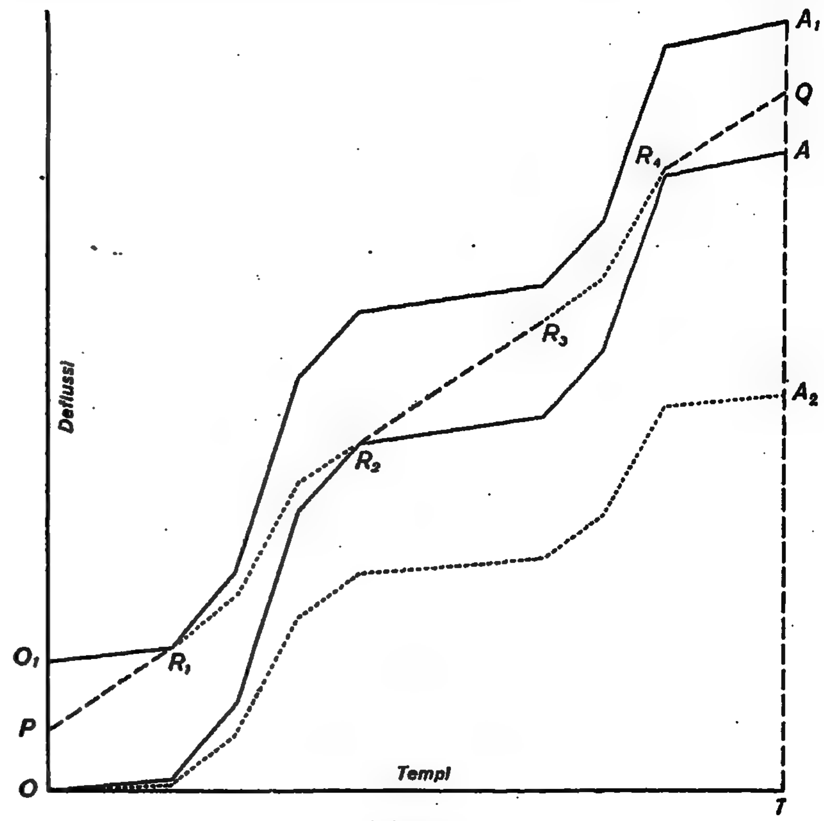


Fig. 4.

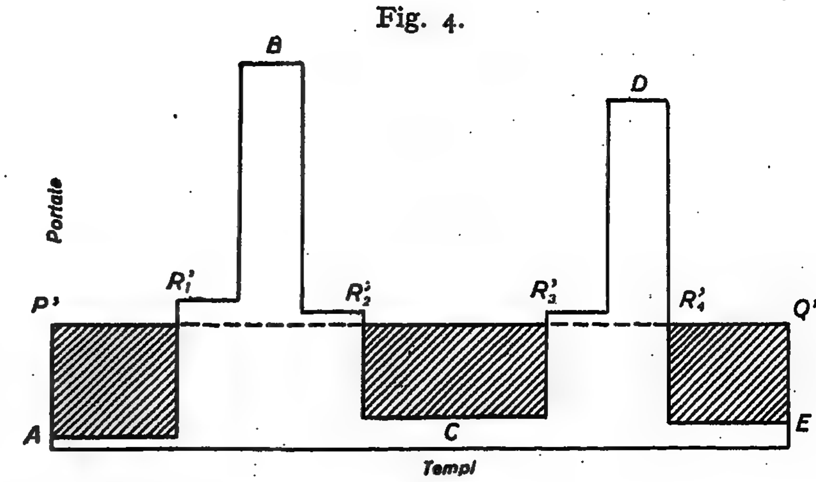


Fig. 5.

(punta Gnifetti del M. Rosa) e una superficie glaciale di circa 7 kmq. La sezione di misura si trova a quota 802.24 (zero idrometrico).

Le portate mensili, sulle quali si sono costruiti i diagrammi, sono le seguenti (in l/sec × kmq).

Senza riportare i lunghi calcoli e tutti i grafici che hanno servito alle determinazioni, ci limitiamo ad esporre i risultati finali.

(1) Ufficio Idrografico del Po - Annali Idrologici.

TAB. I.

PORTATE DELLA SESIA A CAMPERTOGNO (in l/sec × kmq).

MESE / ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	ANNO
1925	6.9	7.1	7.9	32.0	74.8	105.0	66.0	39.6	40.4	20.1	11.0	6.6	34.9
1926	6.6	8.5	11.8	35.4	131.0	90.0	86.0	35.1	19.6	13.6	76.0	15.5	44.4
1927	7.8	6.2	11.9	45.0	97.0	107.0	76.0	52.7	41.7	16.0	13.1	16.7	40.6
1928	6.7	9.0	10.4	60.0	77.0	137.0	65.0	34.4	22.5	59.0	67.0	10.6	46.5
Medie	6.9	6.8	8.9	43.1	93.5	109.0	73.0	40.3	31.0	26.9	46.8	12.3	41.5

Nel seguente specchietto sono riportate le capacità massime per la regolazione di 1 kmq di superficie nei casi che il rapporto fra superficie totale S (= 1 km) e superficie sottesa al serbatoio S_1 sia 1, 3/4, 1/2, 1/4, 1/5 e 1/10 (1).

TAB. II.

CAPACITÀ C_m NECESSARIA PER LA REGOLAZIONE MASSIMA DI 1 km² DI BACINO

C_m \ $\frac{S_1}{S}$ =	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$
in mc	560 000	560 000	505 000	306 000	258 000	148 000
in % del deflusso medio annuo .	44	44	39	23.5	20	11.4
Portate minime in l/sec × kmq ..	41,5	41.5	39.3	30.2	26.4	18.9
in % del modulo.	100	100	95	73	61	48

Per i casi $\frac{S_1}{S} = 1, \frac{3}{4}, \frac{1}{2}$ e $\frac{1}{5}$ si sono anche studiate, col metodo Conti opportunamente modificato, come si è visto, le regolazioni possibili, a seconda che la capacità disponibile C era eguale a $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ di quella massima competente a ciascun caso. Si sono ottenute le relative successioni delle portate delle quali si sono poi calcolate le curve delle durate e le portate caratteristiche massime e medie per 3, 6 e 9 mesi di durata.

Nella Tab. 1 si riassumono i risultati. Le portate sono espresse in rapporto al modulo cioè facendo il modulo uguale a 1. Le capacità sono espresse in funzione del deflusso D medio annuo, che nel nostro caso è di 1 300 000 mc per kmq.

Fissata una determinata durata, per es. 3 mesi, per ogni coppia di valori $\frac{S_1}{S}$ e C esiste un valore della portata media $\overline{q_r}$ e della portata massima q_r caratteristica di quella durata.

Con i dati della tabella precedente si sono costruiti i grafici della fig. 6 *a*), *b*), *c*), nei quali sono rappresentate le cosiddette *caratteristiche idrologiche*, cioè quelle curve che danno la legge di dipendenza fra le portate massime q_r (ascisse) e le portate medie $\overline{q_r}$ (ordinate).

Con gli stessi dati della Tab. III si sono costruiti i grafici della fig. 7, i quali danno il legame fra C, $\frac{S_1}{S}$ e $\overline{q_r}$. Per una determinata durata, ad esempio tre mesi, quelle tre grandezze sono fra loro interdipendenti, cioè, date due di esse, la terza rimane determinata. Per ogni valore della durata esisterà dunque un'equazione del tipo

$$f\left(C, \frac{S_1}{S}, \overline{q_r}\right) = 0$$

che potremo anche porre sotto la forma

$$\overline{q_r} = \varphi\left(C, \frac{S_1}{S}\right)$$

Fissato $\overline{q_r}$ si avrà una relazione fra C e $\frac{S_1}{S}$, ossia per ogni valore $\overline{q_r}$ = costante si potrà determinare una curva

$$\frac{S_1}{S} = \psi\,(C)$$

Nelle figg. 7 *a*), *b*), *c*) sono appunto tracciate queste curve per valori diversi del parametro $\overline{q_r}$. Esse possono chiamarsi curve *equipotenziali* perchè su ciascuna di esse la portata $\overline{q_r}$, e quindi la potenza media prodotta, si mantiene costante. Il tracciamento delle curve è stato effettuato per le durate di 3, 6 e 9 mesi, come resulta dalle dette figure. *La curva A M B è la curva delle capacità massime* C_m.

TAB. III.

PORTATE CARATTERISTICHE (unità = modulo)
SESIA A CAMPERTOGNO
(Deflusso medio annuo: D = 1.300.000 mc).

C = \ $\frac{S_1}{S}$ =	1		$\frac{3}{4}$		$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{5}$		0	
C_m =	0.44 D		0.44 D		0.39 D		0.20 D		0	
	q_r (max)	$\overline{q_r}$ (medie)	q_r (max)	$\overline{q_r}$ (medie)	q_r (max)	$\overline{q_r}$ (medie)	q_r (max)	$\overline{q_r}$ (medie)	q_r (max)	$\overline{q_r}$ (medie)
3 mesi	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.24	0.87	1.34	0.70
6 mesi	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.65	0.64	0.57	0.42
9 mesi	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.63	0.63	0.25	0.23
$\frac{3}{4}C_m$ =	0.33 D		0.33 D		0.295 D		0.15 D			
	(max)	(medie)	(max)	(medie)	(max)	(medie)	(max)	(medie)		
3 mesi	1.04	0.98	1.04	0.98	1.19	0.95	1.24	0.87		
6 mesi	0.98	0.97	0.98	0.97	0.89	0.88	0.66	0.63		
9 mesi	0.90	0.90	0.90	0.90	0.87	0.87	0.57	0.57		
$\frac{1}{2}C_m$ =	0.22 D		0.22 D		0.195 D		0.10 D			
	(max)	(medie)	(max)	(medie)	(max)	(medie)	(max)	(medie)		
3 mesi	1.08	0.93	1.08	0.90	1.25	0.94	1.32	0.87		
6 mesi	0.89	0.84	0.89	0.84	0.85	0.79	0.77	0.66		
9 mesi	0.84	0.81	0.94	0.81	0.77	0.74	0.50	0.50		
$\frac{1}{4}C_m$ =	0.11 D		0.11 D		0.10 D		0.05 D			
	(max)	(medie)	(max)	(medie)	(max)	(medie)	(max)	(medie)		
3 mesi	1.45	0.92	1.45	0.92	1.58	0.91	1.56	0.87		
6 mesi	0.84	0.71	0.84	0.71	0.78	0.70	0.84	0.64		
9 mesi	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.33	0.33		

(1) Le capacità espresse in % del deflusso medio annuo si intendono *sempre* riferite al deflusso annuo di S e *non* di S_1.

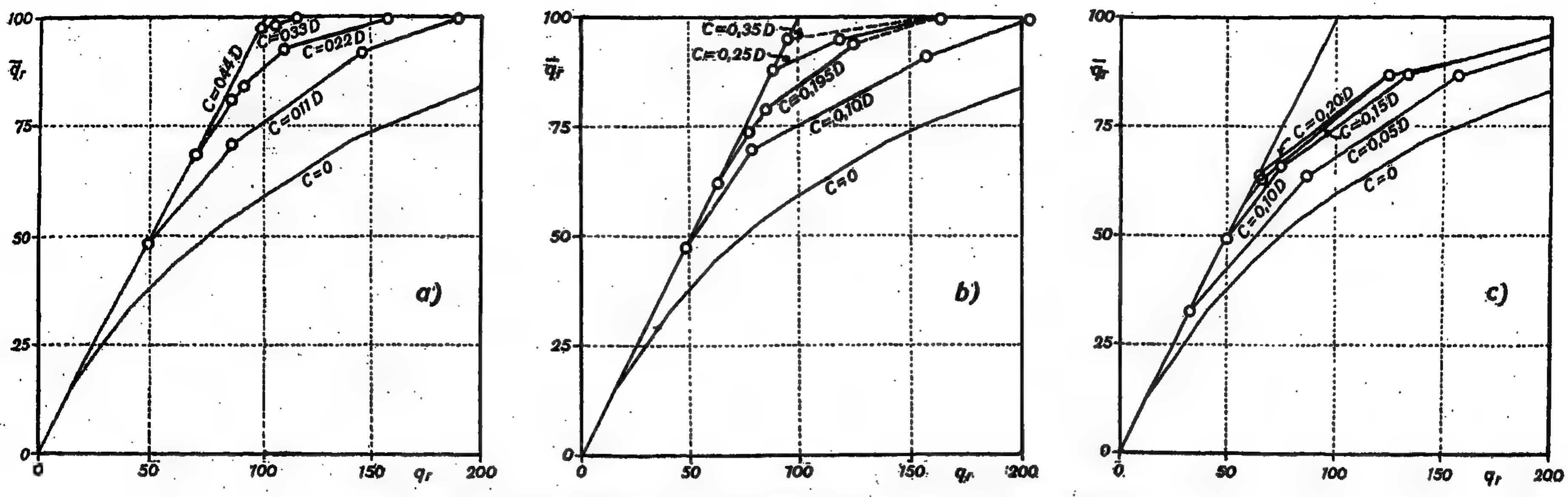


Fig. 6. - Caratteristiche idrologiche della Sesia a Campertogno:

a) per $\frac{S_1}{S} = \frac{3}{4}$; b) per $\frac{S_1}{S} = \frac{1}{2}$; c) per $\frac{S_1}{S} = \frac{1}{5}$.

C = capacità del serbatoio; D = deflusso annuo; q_r = portate max (in % del modulo); $\overline{q}_r$ = portate medie (in % del modulo).

Supposto p. es. $\frac{S_1}{S} = BB' = 0{,}20$ (fig. 7 *a*)), la capacità massima da darsi al serbatoio non dovrà superare il valore $B'M$ perchè la regolazione non se ne avvantaggerebbe più. La regolazione massima è già raggiunta con questa capacità d'invaso e le portate medie di 3, 6, 9 mesi non possono mai superare quelle corrispondenti a questo caso.

Le curve $\overline{q}_r$ = cost a destra della linea AMD diventano dunque rette orizzontali. Si osserva che le portate $\overline{q}_r$ crescono col crescere di C, e non variano col variare di $\frac{S_1}{S}$ finchè $\frac{S_1}{S}$ è maggiore di 0.75: infatti le $\overline{q}_r$ sono, per $\frac{S_1}{S} > 0.75$ delle rette verticali; poi cominciano a inflettersi accusando l'influenza di $\frac{S_1}{S}$. A destra della linea AMD le $\overline{q}_r$ diventano anzi funzioni solo di $\frac{S_1}{S}$ come si è visto, giacchè le linee $\overline{q}_r$ = cost sono rette orizzontali.

Si sono costruite anche le analoghe curve per il bacino della Dora Baltea e per lo stesso periodo quadriennale 1925-1928 (fig. 8). Il bacino della Dora Baltea chiuso a Ponte Baio presso Borgofranco misura 3334 kmq, ha un'altezza media di 2088 m ed un bacino glaciale di circa 237 kmq. La sezione di chiusura si trova a m 250 s. m. Le portate, in l/sec, sono le seguenti (vedi Tabella IV).

Per questo bacino si sono solo determinate le portate caratteristiche per un numero più ristretto di casi che non per la Sesia.

TAB. IV.

PORTATE DELLA DORA BALTEA A PONTE BAIO (in l/sec × kmq)

ANNO \ MESE	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	ANNO
1925	9.2	10.0	9.6	15.0	46.8	80.2	49.7	44.4	33.0	18.1	10.2	9.4	28.0
1926	8.3	8.6	10.1	24.4	53.4	76.5	91.3	59.2	46.0	21.2	43.8	17.6	39.3
1927	12.1	9.1	10.5	19.7	51.3	81.0	69.4	54.0	37.8	20.6	15.1	12.2	32.9
1928	8.6	8.4	8.3	26.0	37.0	83.0	65.0	48.0	31.0	32.0	36.0	15.3	33.0
Medie	9.5	9.0	9.6	21.1	49.8	80.4	68.4	51.3	36.9	22.8	26.3	13.6	33.2

Deflusso medio annuo: D = 1 050 000 mc/kmq

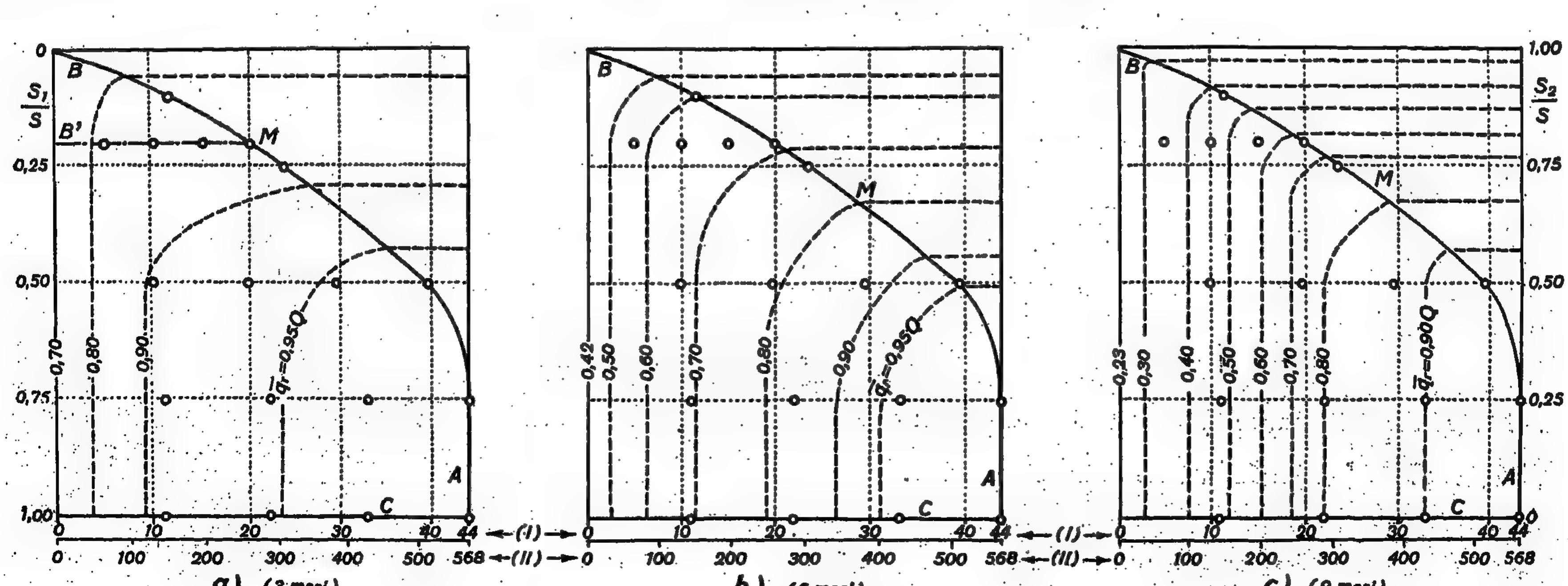


Fig. 7. - Sesia a Campertogno.

Curve $\overline{q}_r$ = cost e curva delle capacità massime C_m.

($\overline{q}_r$ = portata media regolata; Q = modulo annuo; (I) = scala delle capacità in % del deflusso annuale; (II) = scala in migliaia di m³/km²).

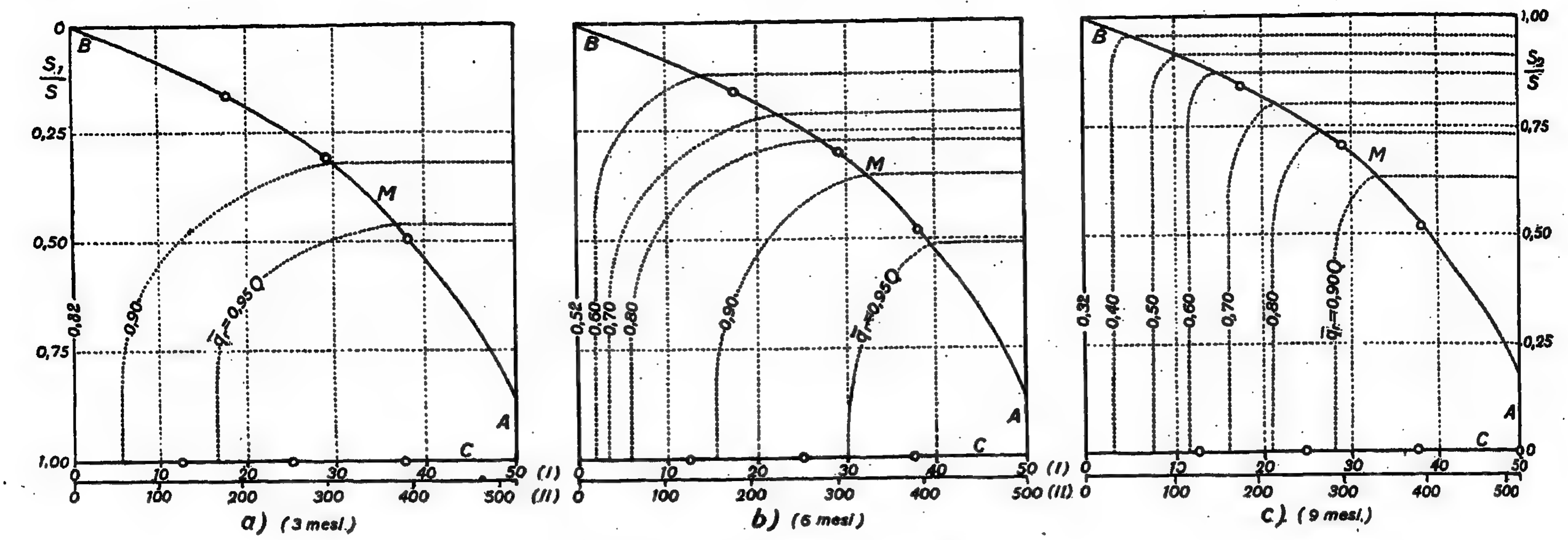


Fig. 8. - Dora Baltea a Ponte Baio.

Curve $\overline{q_r}$ = cost e curva delle capacità massime.

($\overline{q_r}$ = portata media regolata; Q = modulo annuo; (I) = scala in % del modulo; (II) = scala in migliaia di m³/km²).

Si riportano qui sotto i risultati:

TAB. V.

PORTATE CARATTERISTICHE PER $S_1 = S$ (modulo = 1)

Capacità	3 mesi (max)	3 mesi (medie)	6 mesi (max)	6 mesi (medie)	9 mesi (max)	9 mesi (medie)
$C_m = 0.5\, D$ .... (regolazione completa)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$3/4\, C_m = 0.375\, D$ . . .	1.08	0.99	1.02	0.97	1.02	0.97
$1/2\, C_m = 0.25\, D$ . . .	1.01	0.95	0.99	0.93	0.88	0.87
$1/4\, C_m = 0.125\, D$ . . .	1.39	0.95	0.96	0.88	0.66	0.61
0	1.55	0.82	0.66	0.52	0.34	0.32

Si sono poi determinate le capacità e le regolazioni massime per alcuni casi in cui $\frac{S_1}{S} < 1$ (Tab. VI).

TAB. VI.

$\frac{S_1}{S}$	Portate riferite al modulo: 3 mesi (max)	3 mesi (medie)	6 mesi (max)	6 mesi (medie)	9 mesi (max)	9 mesi (medie)	Capacità max C_m: in mc/kmq	in % del deflusso
0.158	1.26	0.84	0.63	0.63	0.63	0.63	178 000	17
0.305	1.05	0.89	0.84	0.84	0.84	0.84	303 000	29
0.48	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	392 000	37.5

Con questi elementi, e per confronto con le curve relative al Sesia, si sono tracciate nelle figg. 8 *a*), *b*), *c*) le curve $\overline{q_r}$ = cost e la curva *AMB* delle capacità massime relative alla Dora.

Si vede che a parità di C e di $\frac{S_1}{S}$ le portate $\overline{q_r}$ sono un po' più elevate per la Dora che per la Sesia, ma il divario è assai piccolo, se si pensa all'enorme differenza dei bacini: 170 kmq per la Sesia e 3334 per la Dora.

Crediamo che i risultati contenuti nei grafici siano assai interessanti perchè permettono di giudicare immediatamente l'entità dell'effetto di una data regolazione lacuale.

Si osserva come, in generale, l'incremento delle portate $\overline{q_r}$ sia più rapido per i valori più piccoli di C che per i valori maggiori. Il *gradiente* delle curve $\overline{q_r}$ = cost diminuisce col crescere di C, ossia la $\frac{d\,\overline{q_r}}{d\,C}$ è una funzione decrescente di C.

L'aumentare di C rende però possibile una maggiore uniformità delle portate come si riconosce anche dall'esame delle curve della fig. 7. Per es. per $S_1 = S$ la portata media $\overline{q_r}$ per 3 mesi non varia sensibilmente, se la capacità C passa da $\frac{1}{4} C_m$ a $\frac{1}{2} C_m$. Ma è grande il divario fra portata massima e media (v. Tabella III): per $C = \frac{1}{4} C_m$ la portata massima è di 1.45 e la media di 0.92; per $C = \frac{1}{2} C_m$ la media rimane di 0.93 e la massima è solo di 1.08. Sono le portate minime che aumentano rapidamente con l'aumentare di C: nei casi citati e per 9 mesi (per la qual durata la portata media è assai prossima alla minima derivabile) per $C = \frac{1}{4} C_m$ la portata media è di 0.48, mentre per $C = \frac{1}{2} C_m$ è di 0.81.

I diagrammi delle figure 6, 7 e 8 dànno quindi il modo di stimare rapidamente, e con una certa precisione, le caratteristiche essenziali di una determinata regolazione lacuale.

CONCLUSIONI.

1° Per ogni determinato rapporto di $\frac{S_1}{S}$ esiste una capacità massima del serbatoio che è inutile superare. L'influenza di $\frac{S_1}{S}$ è pressochè nulla quando il rapporto varia fra 0.75 e 1, assai poco sensibile fra 0.50 e 0.75; diventa invece molto più sentita per valori inferiori a 0.50.

2° Per i casi considerati (bacini a regime eminentemente alpino, col $(4 \div 7)$% di superficie glaciale) le capacità massime C_m arrivano, per $\frac{S_1}{S} = 1$, al $(45 \div 50)$% del deflusso annuo del bacino totale S, ossia a poco più di 500 000 mc per kmq (1). Per $\frac{S_1}{S}$ eguale a 0.25 e 0.50 si ha rispettivamente C_m eguale al 25% e al 35% circa del deflusso annuo.

3° Con l'aumentare progressivo di C l'efficienza della regolazione aumenta dapprima rapidamente, poi sempre più debolmente. Se la superficie regolata è superiore alla metà della superficie totale, la regolazione che si ottiene con una capacità d'invaso eguale alla metà della capacità massima C_m permette, con la portata di 6 mesi, uno sfruttamento non inferiore in genere all'85% delle risorse disponibili, e, con la portata di 9 mesi, dell'80%.

Infine, richiamando quanto si è detto da principio, i risultati numerici ottenuti valgono anche se si tratta di un complesso d'impianti: basta introdurre al Posto della capacità C la corrispondente energia E, e al posto del rapporto $\frac{S}{S_1}$ il rapporto $\frac{P}{P_1}$ dove P_1 e P hanno il significato esposto nelle Premesse (2).

ING. LUIGI GHERARDELLI.

(1) S'intende riferendoci sempre al bacino totale S.

(2) Sulla quistione dei serbatoi alpini vedasi anche: Ing. ANGELO TESTA: « Sull'effetto di regolazione dei serbatoi a scopo industriale nei bacini alpini ». - *L'Energia Elettrica*, aprile 1930.

ING. GAIO MARCELLO
ASSISTENTE PRESSO IL R. POLITECNICO DI MILANO

Il nuovo laboratorio di idraulica del Politecnico di Zurigo

GENERALITÀ.

L'importanza che le ricerche sperimentali su modelli in piccola scala hanno assunto nel campo della pratica delle costruzioni idrauliche, è stata ripetutamente affermata in questi ultimi tempi da autorevoli voci sorte a richiamare l'attenzione degli studiosi e dei tecnici sul valore del nuovo metodo di indagine, ed a mostrare qual prezioso contributo esso può apportare, ed in molti casi ha apportato, alla risoluzione di problemi pratici.

Ci sia qui permesso di ripetere ciò che il Prof. De Marchi ebbe occasione di dire recentemente, che cioè « nel vasto campo dell'architettura delle acque, come nell'ambito più ristretto dell'idraulica fluviale, il secolo ventesimo ha portato una radicale innovazione, perchè l'indagine sperimentale, cioè la ricerca di laboratorio, si è aggiunta ai mezzi di calcolo e di progetto insufficienti ed incompleti », indicando la soluzione di problemi che sarebbe stato « pericoloso dover risolvere alla luce dell'intuizione e col solo sussidio del senso comune » (1).

I laboratori di idraulica europei sono oggi numerosi e riccamente dotati, si da consentire lo studio di un complesso vastissimo di fenomeni (2). Le ricerche svolte, nella maggior parte dei casi hanno di mira l'effettiva progettazione di opere; ben più di rado esse rivestono interesse preminentemente scientifico.

Il nuovo metodo di indagine ha trovato ben presto largo consenso anche da parte dei tecnici, la cui attività è più remota dal campo scientifico. L'appoggio finanziario generosamente concesso dall'industria ha permesso di perfezionare ed ingrandire le installazioni sperimentali. I primi impianti di carattere provvisorio, di dimensioni esigue, insufficienti, alimentati con portate di pochi litri per secondo, han ceduto il posto alle grandiose installazioni permanenti, erette in edifici per tal fine progettati ed eseguiti, ove sono disponibili portate di qualche centinaio di litri per secondo; i primi grossolani mezzi di osservazione sono stati sostituiti da accurati apparecchi di rilevamento e di riproduzione foto o cinematografica, che permettono di seguire e fissare agevolmente i caratteri più salienti di un determinato fenomeno.

Il più moderno ed il più largamente attrezzato sia nei riguardi delle installazioni sperimentali che dei mezzi di osservazione, è l'Istituto di Idraulica del Politecnico di Zurigo (Versuchsanstalt für Wasserbau an der Eidgenössischen Technischen Hochschule), entrato in funzione da poco più di un anno (alla fine del 1929) e venuto a colmare una lacuna da lungo tempo avvertita e deprecata dai tecnici svizzeri.

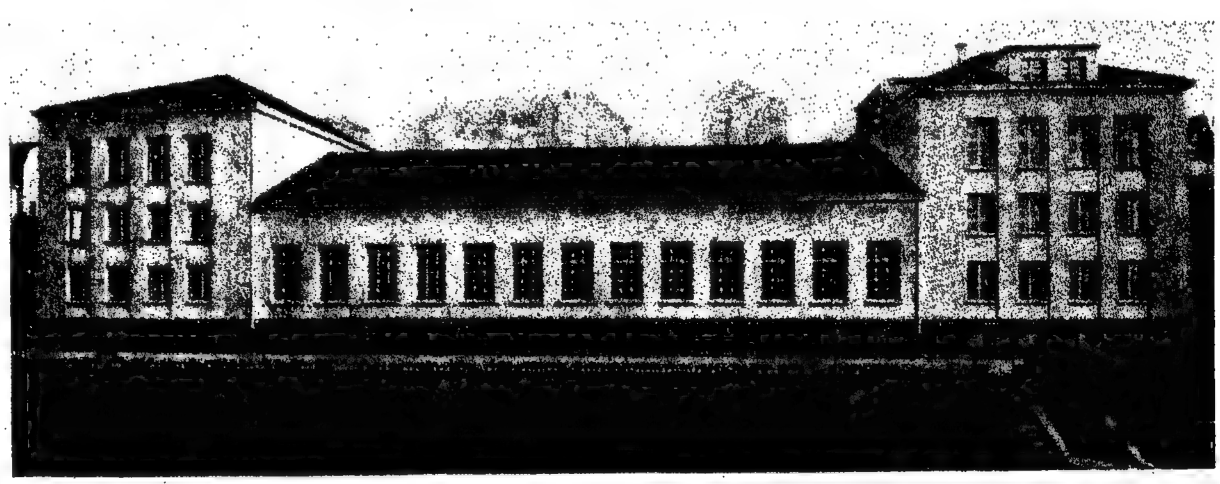


Fig. 1. - Fronte sud-ovest dell'edificio.

Traendo profitto da tutti gli ammaestramenti che la pratica di altri laboratori, ormai in funzione da un numero notevole di anni, poteva suggerire, il Prof. Meyer Peter ed i suoi collaboratori progettarono ed eseguirono con cura veramente mirabile, nelle linee d'insieme ed in ogni più piccolo dettaglio, il nuovo istituto, che oggi può dirsi costituisca un modello del genere.

Del progetto di massima (che risale al 1924) il Prof. Meyer Peter dava notizia in una prima memoria (1) destinata a porre in luce la necessità di dotare il Politecnico di un istituto sperimentale di idraulica.

L'iniziativa veniva accolta con molto favore dalle Autorità Federali, dalle Associazioni Tecniche e dai rappresentanti dell'industria privata. La larghezza dei sussidi (circa 1 750 000 lire), con cui questi ultimi contribuirono alla costituzione del fondo necessario, dimostrò come fosse da tutti riconosciuto l'alto interesse che presentava la costruzione di un laboratorio di

(1) PROF. ING. GIULIO DE MARCHI: *Il Problema attuale dell'idraulica tecnica ed agraria.* « L'Energia Elettrica », dicembre 1930. — Vedi inoltre dello stesso Autore: *Recenti progressi dell'idraulica sperimentale.* « Atti del Sindacato Provinciale Fascista Ingegneri di Milano », luglio 1930.

(2) Vedi in proposito *Hydraulic Laboratory Practice.* JOHN R. FREEMANN. « Am. Soc. of. Mech. E. », New-Jork, 1929 e la recensione relativa ne « L'Energia Elettrica », giugno 1930, pag. 550.

(1) *Schweizerische Bauzeitung*, luglio 1925.

idraulica, e rese insieme possibile la sollecita realizzazione dell'opera, in quanto stimolò le Autorità Federali ad autorizzare, con apposito decreto, il prelevamento di L. 2 800 000 prima, e di L. 150 000 poi dai fondi del Politecnico. La spesa totale per la ultimazione dell'istituto ammontò quindi a 4 700 000 lire.

Il primitivo progetto di massima del 1924 fu sottoposto ad una completa revisione per introdurvi quelle numerose varianti che ulteriori studi avevano dimostrato necessarie. La redazione del progetto esecutivo è dovuta al Prof. Meyer Peter e ai suoi collaboratori Dr. Ing. H. Favre ed Ing. Staudacher per la parte concernente la disposizione generale dell'edificio e gli impianti sperimentali; ad altri eminenti tecnici fu affidato lo studio delle opere di competenza particolare di ciascuno di essi (strutture in cemento armato, apparecchiature metalliche, macchinari, ecc.).

La difficoltà di prevedere e conciliare le contrastanti esigenze cui danno luogo indagini relative a fenomeni diversi rese particolarmente laboriosa l'assegnazione dei dati fondamentali di progetto sia per il dimensionamento delle sale sperimentali e delle installazioni, che per la determinazione delle portate e dei carichi necessari.

Le installazioni sprimentali furono progettate in modo da rendere possibile l'esecuzione di ricerche in diversi rami delle costruzioni idrauliche propriamente dette: e in particolare di quelle relative allo studio della disposizione generale e della forma idraulicamente migliore di opere per utilizzazioni idroelettriche o per la sistemazione di corsi d'acqua.

Numerose sono, specialmente nel campo dei fenomeni di erosione, trasporto e deposito di materiali, le ricerche per le quali non è dato di affermare che i risultati forniti dai modelli siano quantitativamente applicabili all'opera effettiva. Tuttavia anche dalla semplice osservazione qualitativa dei caratteri, che accompagnano un determinato processo idraulico, si possono ricavare utilissime indicazioni sulla forma più opportuna da assegnare a determinate opere. A facilitare in tal caso l'osservazione del fenomeno (e, secondo una opinione molto accreditata, a conferire maggiore attendibilità ai risultati) giova l'uso dei modelli in scala sufficientemente grande; e poichè capita di dover riprodurre lunghi tratti di corsi d'acqua, o gruppi complessi di opere tra loro collegate, di cui debbasi studiare il simultaneo funzionamento, l'impiego di rapporti di riduzione grandi è subordinato all'esistenza di vasti spazi liberi a disposizione.

I. - DESCRIZIONE DEL LABORATORIO.

Una delle caratteristiche principali del Laboratorio di Zurigo è rappresentata dalla mancanza di ogni installazione di carattere permanente che costituisca parte integrante dei modelli (al contrario di quanto era stato fatto per l'innanzi nei maggiori laboratori). Tale innovazione rappresenta un pregio notevole in quanto conferisce al laboratorio la massima adattabilità a ricerche diverse.

L'edificio ha in pianta le dimensioni di circa 70 × 20 m e consta di un corpo centrale ad un sol piano della lunghezza di 40 m e di due corpi estremi rialzati, della lunghezza di 15 m ciascuno (fig. 3).

Le installazioni sperimentali vengono a costituire nel loro insieme tre distinti impianti, i quali permettono di operare con portate e carichi notevolmente diversi.

Impianto per prove con bassi carichi. — Il primo impianto per portate rilevanti e piccole cadute, destinato principalmente all'esecuzione di ricerche sul trasporto dei materiali solidi, e sulla ripartizione della velocità in una sezione rettangolare, trova posto nel grande sotterraneo, prospiciente il lato ovest dell'edificio. Esso consta essenzialmente dei gruppi di alimentazione, della grande vasca sperimentale e del canale di ritorno. All'alimentazione provvedono due pompe ad elica fornite dalla Casa Escher Wyss di Zurigo, della portata complessiva massima di 4 m^3/sec accoppiate a motori elettrici Brown-Boveri della potenza di 130 HP (fig. 4). Uno speciale dispositivo di accoppiamento, comandato elettricamente a distanza, permette di variare con continuità il numero dei giri delle pompe tra 5 e 240 per minuto: in condizioni di regime, la costanza nel numero dei giri è controllata a mezzo di un tachimetro. In vista della notevole entità della portata e del piccolo dislivello disponibile di m 1,20, nessun organo di regolazione idraulica è stato previsto. Subito a valle delle pompe trovansi le paratoie di regolazione e i dispositivi destinati ad ottenere una uniforme distribuzione della velocità della corrente (costituiti in generale da reti metalliche, o da un cassettonato di tavole il cui profilo ricorda grossolanamente quello di un'ala d'aeroplano).

La grande vasca sperimentale è in cemento armato, lunga m 55, a sezione rettangolare, con profondità di m 1,90 e larghezza di m 2; la lunghezza utile per l'esecuzione di esperienze è di circa 40 m. Lateralmente alla vasca è stato ricavato un corridoio largo poco più di un metro, al fine di permettere l'osservazione dei caratteri del moto nell'interno della corrente, attraverso sei finestre ricavate nella parete di separazione (1) (fig. 2).

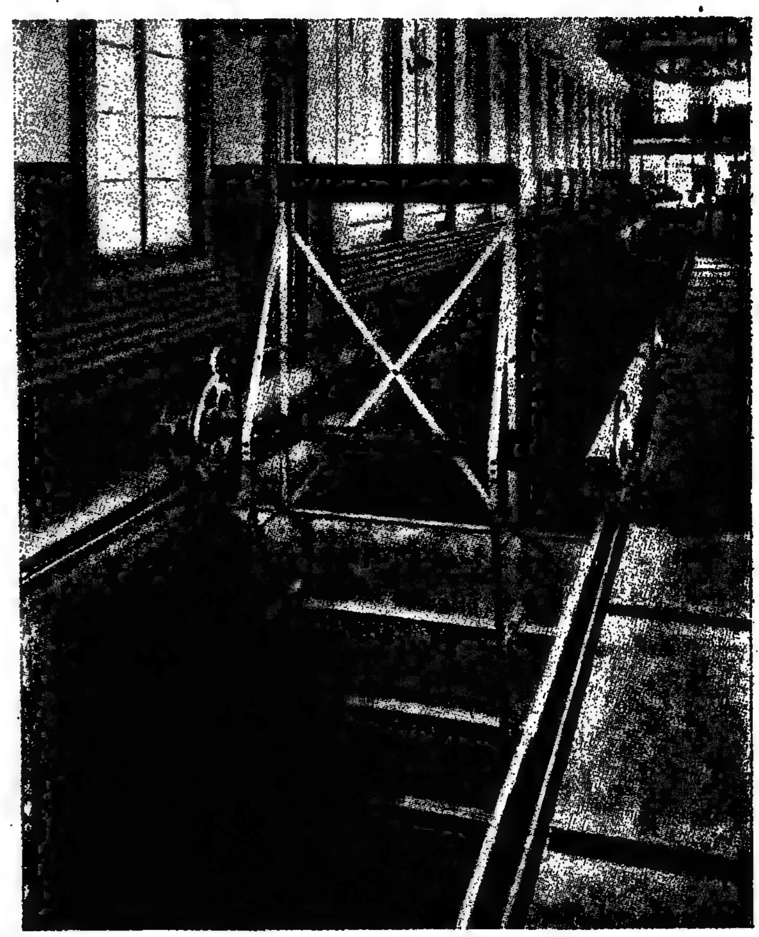


Fig. 2. - Grande vasca sperimentale e schermo di misura.

Il ritorno dell'acqua alla vasca delle pompe avviene attraverso un breve tratto di canale in cemento armato, cui fa seguito una condotta metallica del diametro di m 1,50: in essa è inserito un venturimetro della Casa Bopp e Reuther (fig. 5).

Nella costruzione del laboratorio è stato tenuto conto di un eventuale prolungamento della vasca sperimentale (e conseguentemente del canale di ritorno) per altri 55 m, sì da raggiungere una lunghezza torale di 110 m.

Fin dai primi tempi dell'esercizio del laboratorio la forma del gomito di raccordo tra il canale sperimentale e la vasca di ritorno si dimostrò difettosa; specialmente per i valori più alti della portata, la notevole inclinazione della superficie liquida era causa di irregolarità di funzionamento. Per mezzo di esperienze su modelli fu studiato un dispositivo atto a provocare

(1) Notevoli difficoltà si sono presentate per assicurare la tenuta lungo i bordi delle lastre di vetro, che chiudono le finestre; l'uso del cemento ha dato risultati più soddisfacenti che non l'uso di particolari mastici.

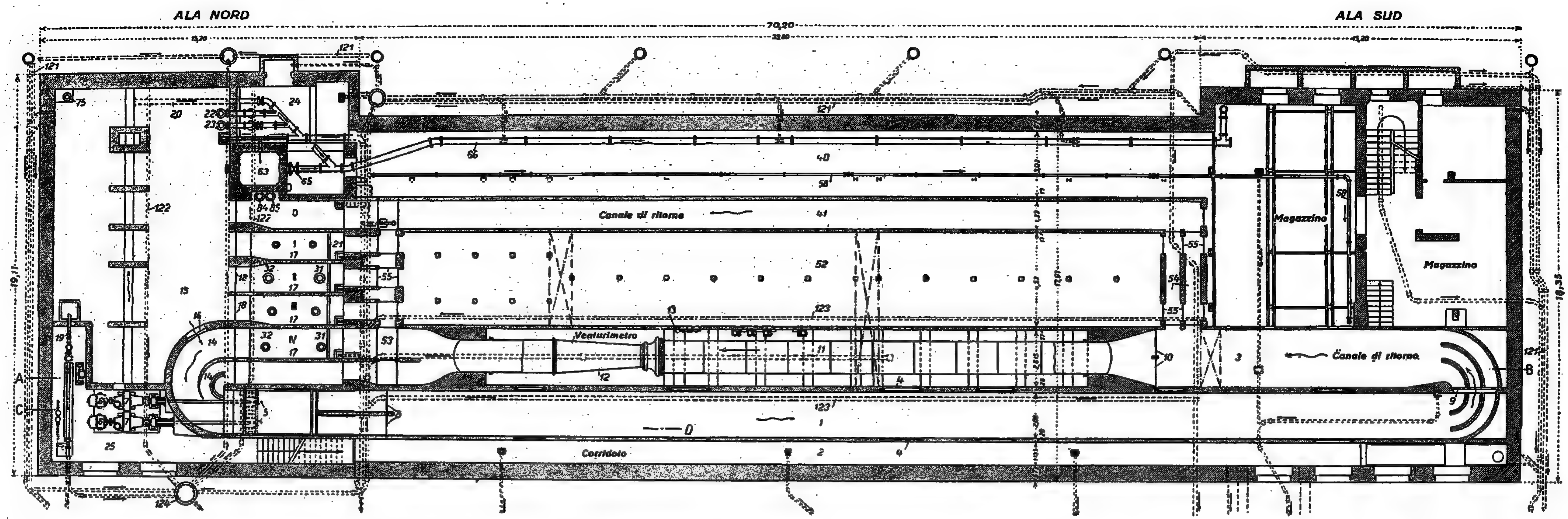


Fig. 3. - Pianta del sotterraneo.

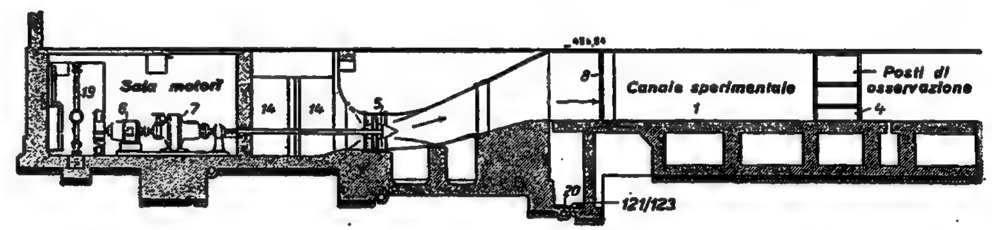


Fig. 4. - Sezione longitudinale CD del sotterraneo.

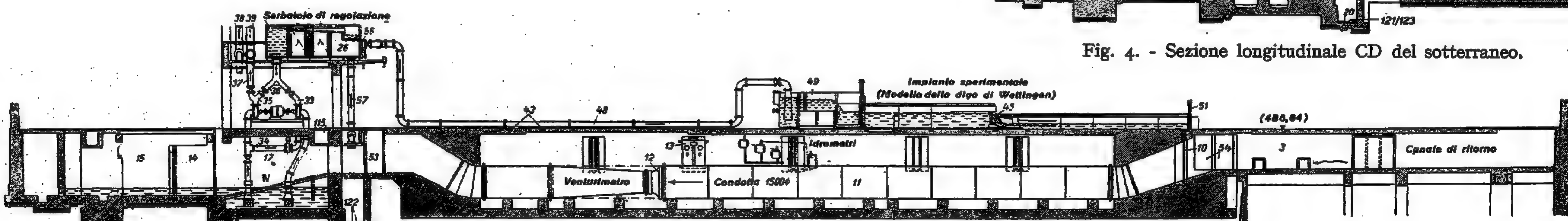


Fig. 5. - Schema longitudinale A-B del sotterraneo.

Leggenda per le figure 3, 4, 5, 6 e 7.

1) Grande vasca sperimentale; 2) Corridoio; 3) Canale di ritorno; 4) Finestra di osservazione; 5) Pompe ad elica; 6) Motori elettrici; 7) Dispositivo di accoppiamento; 8) 9) 10) Paratoie di regolazione; 11) Condotta metallica; 12) Venturimetro; 13) Quadro; 14) Gomito di raccordo; 15) Bacino principale; 16) 18) Paratoie; 17) Vasche delle pompe; 19) Tubazione derivata dall'acquedotto municipale; 20) 21) Scarichi di fondo; 22) 23) Sfioratori; 24) Locale delle saracinesche; 25) Locale dei motori; 26) Serbatoio per prove con medii carichi; 27) idem con alti carichi; 28) 29) Pompe; 30) Motore elettrico; 31) 32) Tubi di aspirazione; 34) Tubo di collegamento; 35) Tubo di mandata; 33) 36) idem ai serbatoi medi; 37) 38) 39) idem ai serbatoi alti; 40) Corridoio; 41) Canale di ritorno; 42) Solaio in cemento armato; 43) Scanalature; 44) Mensoloni in ferro; 45) Modello dello sbarramento di Wettingen; 46) 47) Installazioni sperimentali; 48) Condotta di alimentazione; 49) 50) Vasche di misura; 51) Paratoie; 52) Grande vasca tarata; 53) 54) Canali trasversali del sotterraneo; 55) Paratoie; 56) Derivazione dal serbatoio; 57) Condotte di scarico; 58) Condotte per il riempimento da valle dei canali sperimentali; 59) Sala principale per esperienze con alti carichi nell'ala Nord; 60) idem nell'ala sud; 61) Pavimento in tavoloni; 62) Pozzo in lamiera; 63) idem in cemento armato; 64) 65) Derivazioni dal pozzo; 66) Condotta di alimentazione degli impianti nell'ala Sud; 68) idem dei serbatoi mobili; 69) 70) 71) idem per le sale del 1° e del 2° piano nell'ala Nord; 72) 73) 74) Sale per esperienze nell'ala Nord; 75) Condotta di scarico; 76) Serbatoi mobili; 77) Telaio mobile; 78) Cerniere di guida; 79) Apparati di sollevamento dei serbatoi mobili; 80) Motori elettrici; 81) Finestre per derivazioni dal pozzo in lamiera; 82) Vasca di misura; 83) T di derivazione; 84) 85) Scarichi delle tubazioni di mandata ai serbatoi alti; 86) Serbatoio di regolazione; 87) Canale con pareti in vetro; 88) Aula;

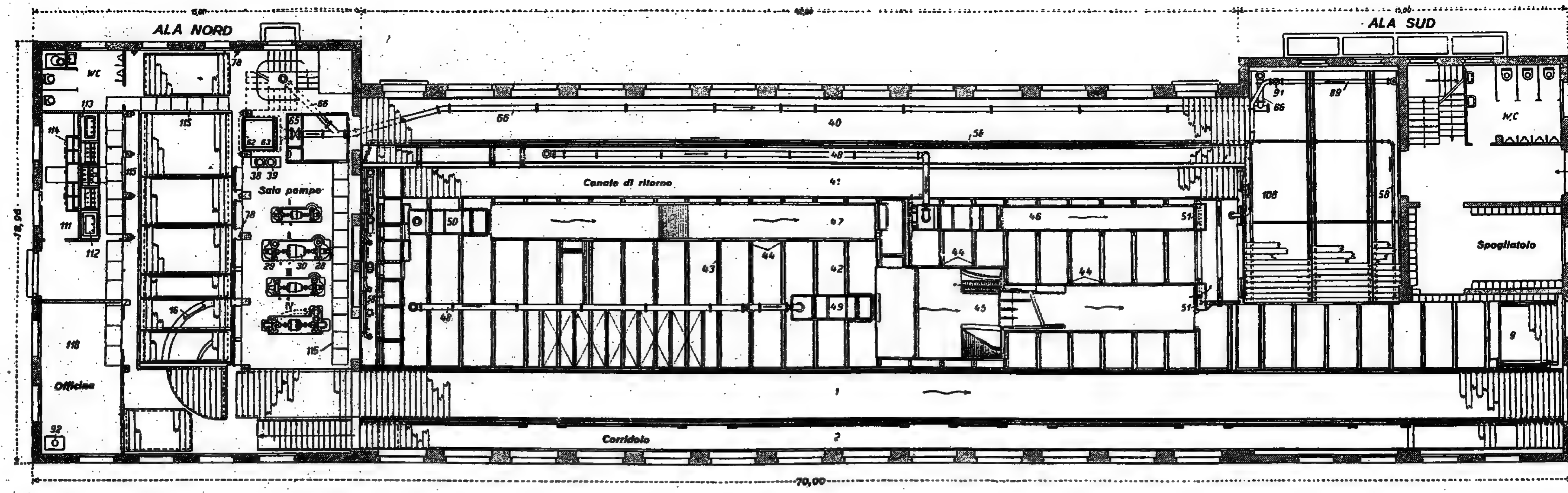


Fig. 6. - Pianta del pianterreno.

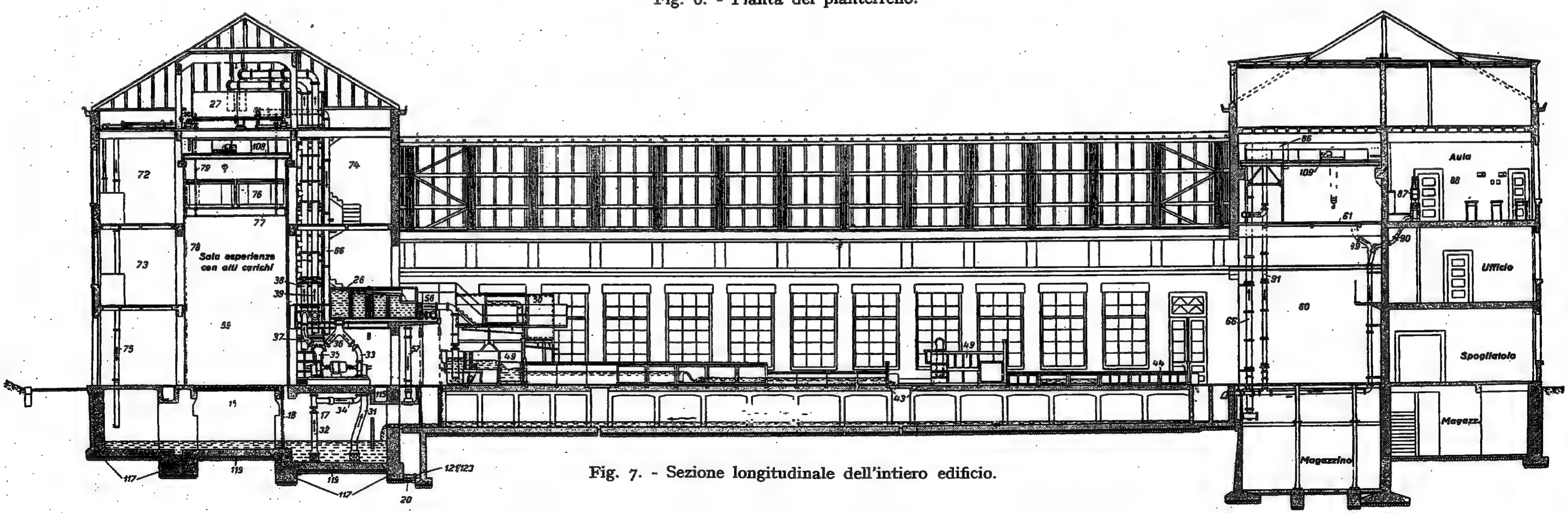


Fig. 7. - Sezione longitudinale dell'intiero edificio.

39) 90) Condotte di ritorno degli impianti sperimentali; 91) Condotta di scarico del serbatoio di regolazione; 92) Condotta di scarico; 93) Sala per proiezioni; 94) Condotta di alimentazione del canale situato nell'aula; 95) Vasca di misura; 96) Sostegno a bilico; 97) Vite di elevazione; 98) Paratoie; 99) Apparecchio di proiezione; 100) Gruppo convertitore; 101) Schermo per proiezioni; 102) Ponte a sbalzo in cemento armato; 103) Grue da 3 tonn; 104) Passaggio; 105) Piazzale; 106) Pavimento in tavoloni; 107) Grue a ponte da 3 tonn; 108) idem nell'ala Nord; 109) idem nell'ala Sud; 110) Paranco; 111) Cabina di trasformazione; 112) 113) Trasformatori; 114) Quadro della bassa tensione; 115) Canaletto dei cavi; 116) Officina; 117) Travi di fondazione longitudinali; 118) idem trasversali; 119) Platea di fondazone; 120) Pilastri; 121) 122) 123) Tubi di drenaggio; 124) Pozzetto d'ispezione.

un più regolare movimento in corrispondenza del gomito: l'uso di tramezzi convenientemente distanziati e profilati ha dato risultati soddisfacenti. Al fine di effettuare da uno stesso punto sia la regolazione che la misura della portata, furono riportati su di un unico quadro i comandi per il cambio del numero dei giri delle pompe, le indicazioni del relativo tachimetro e quelle del manometro differenziale del venturimetro: ora i livelli nelle due branche del manometro (a tetrabromuro di acetilene) vengono letti direttamente a mezzo di un catetometro. In vicinanza del quadro trovansi alcune finestre di osservazione ricavate nella parete del canale sperimentale.

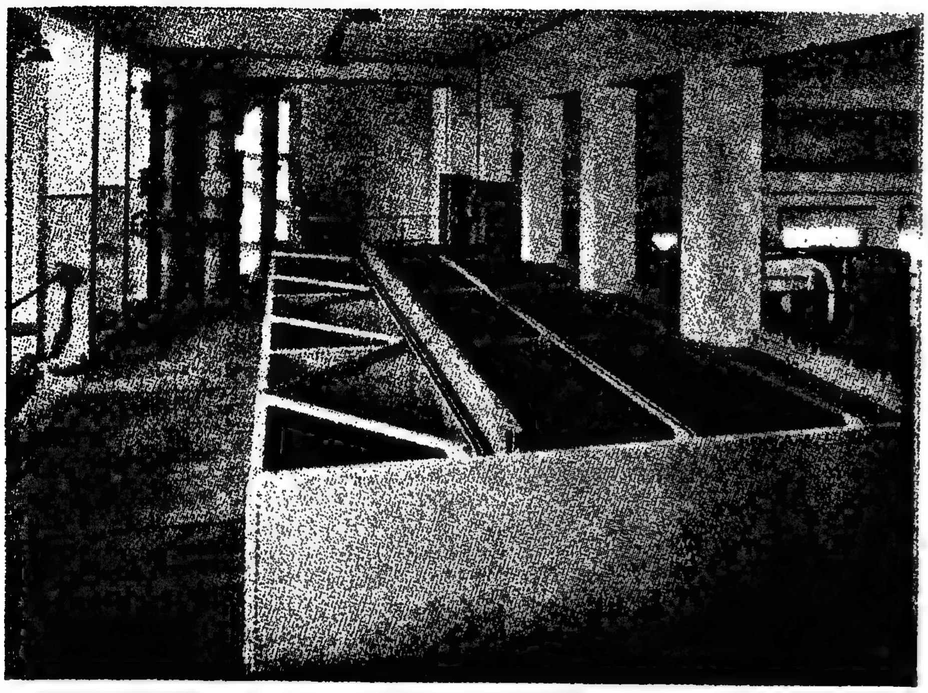


Fig. 8. - Serbatoio di regolazione per le prove con medii carichi.

La determinazione delle costanti del venturimetro è stata effettuata misurando la velocità media della corrente con uno schermo di dimensioni esattamente eguali a quelle della sezione interna della vasca sperimentale, e montato su di un leggero carrello mobile su rotaie, che corrono lungo i bordi (figura 2).

I tubi di aspirazione delle pompe pescano in una piccola vasca del sotterraneo la quale comunica, attraverso luci munite di paratoie, col bacino principale, destinato al rifornimento di tutti gli impianti sperimentali (fig. 3). Detto bacino ha una capacità massima di 347 m^3 ed un'area di 154,7 m^2; è provvisto di sfioratori e scarichi di fondo e viene riempito a mezzo di una tubazione derivata dall'acquedotto municipale. La notevole superficie del bacino permette di ridurre le oscillazioni di livello, e corrispondentemente le variazioni di carico sulle pompe, determinate da variazioni della portata utilizzata.

Impianti per le prove con medi ed alti carichi. – Gli impianti per medi ed alti carichi constano dei gruppi di alimentazione, degli organi di regolazione idraulica (serbatoi) e delle vasche di calma e di misura. L'alimentazione è effettuata con quattro gruppi di elettro-pompe, ciascuno dei quali composto di due pompe calettate sul medesimo asse (figg. 6 e 7). Una delle pompe di ciascun gruppo è munita di due tubi di mandata, dei quali uno fa capo ai serbatoi di regolazione dell'impianto a medio carico, l'altro al tubo di aspirazione della pompa accoppiata. Manovrando quindi opportunamente le saracinesche, le due pompe di un gruppo possono essere collegate tra loro in parallelo o in serie.

Questa interessante disposizione permette di utilizzare gli stessi gruppi per l'alimentazione dei serbatoi per medî ed alti carichi.

Infatti col collegamento in parallelo si possono ottenere portate variabili, di 25 in 25 l/sec, da 50 a 500 l/sec con prevalenza di m 8,50; col collegamento in serie, portate da 25 a 250 l/sec, con prevalenza di m 17.

Le vasche ove pescano i tubi di aspirazione delle pompe possono essere separate tra loro, e dal bacino principale, a mezzo di paratoie.

L'organo di regolazione dell'impianto per medii carichi, previsto, come di consueto, allo scopo di ridurre le oscillazioni del livello, conseguenti ad una variazione della portata, ad una frazione trascurabile del carico, è costituito da un serbatoio alle pareti del quale sono fissati dei canaletti ad U sfioranti (fig. 8). La lunghezza del ciglio sfiorante è stata determinata in relazione alla massima oscillazione ammessa; la quota è stata fissata in m 4,50 sul pavimento del pianterreno.

I canaletti sono ricavati per fusione e possono essere disposti perfettamente a livello dopo il montaggio, a mezzo di viti di elevazione.

L'acqua sfiorata ritorna attraverso condotti di scarico nella vasca del sotterraneo.

Il serbatoio di regolazione è suddiviso in quattro parti, tra loro separate da paratoie, in modo da permettere l'alimentazione contemporanea di diversi impianti sperimentali: nella parete volta verso la sala sono ricavate le aperture per la derivazione di 8 condotte da 250 mm, provviste ciascuna di saracinesca di regolazione.

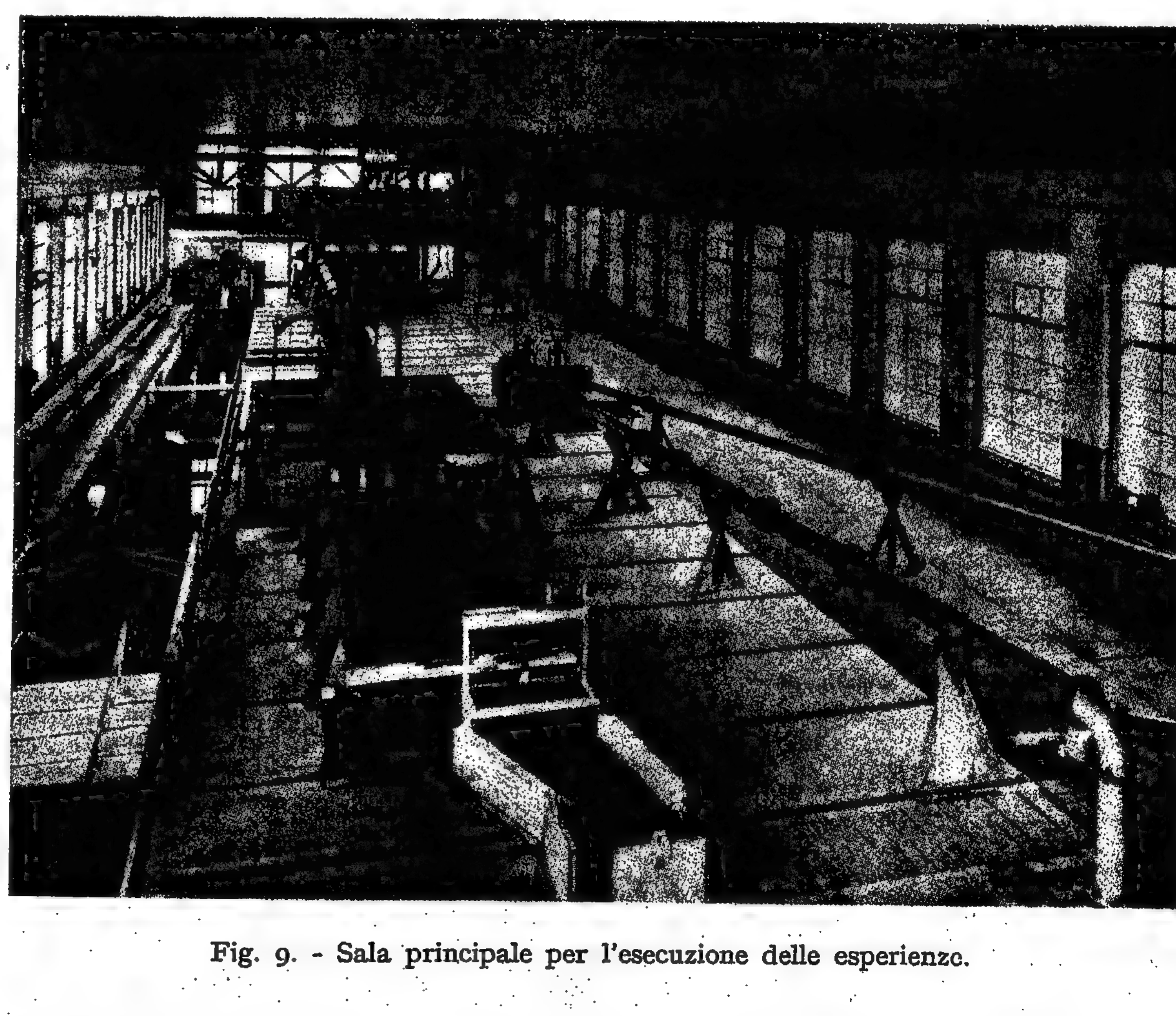


Fig. 9. - Sala principale per l'esecuzione delle esperienze.

Le condotte immettono nelle vasche di calma e di misura, costruite in lamiera di ferro e facilmente rimovibili.

I dispositivi di calma sono costituiti dalle reti metalliche (o

dai cassettonati già descritti) e da tavolette sospese che lambiscono la superficie; si ottiene in tal modo una ripartizione uniforme della velocità e l'eliminazione di eventuali ondulazioni della superficie. Gli stramazzi sono del tipo Bazin; la lettura del carico sulla soglia viene effettuata con grande precisione in due recipienti laterali di vetro, a mezzo dei consueti idrometri a punta ricurva.

Per l'esecuzione di esperienze che richiedono dislivelli dell'ordine di tre metri tra i peli d'acqua nella vasca di alimentazione e allo scarico (come ad es. quelle sui sifoni autolivellatori) è stata predisposta una particolare installazione fissa.

La grande sala a pianterreno, della lunghezza utile di m 54,60 e larghezza di m 15,80, è destinata principalmente alle esperienze con medio carico.

La parte centrale del pavimento, per una striscia larga m 7,80 è in cemento armato e presenta delle scanalature egualmente distanziate e costituite da profilati annegati nel calcestruzzo (fig. 9). Nelle scanalature vengono ancorati dei mensoloni in ferro destinati a formare i montanti delle pareti laterali delle diverse installazioni sperimentali e a sostenere le rotaie di guida degli apparecchi di rilevamento (in particolare dei coordinatografi). Si consegue in tal modo, insieme con la maggiore libertà di disposizione, una notevole rapidità nella costruzione dei modelli. Nella rimanente parte della sala, sovrapposta ai diversi canali del sotterraneo, si può, all'occorrenza, formare un pavimento di tavoloni accostati.

Il ritorno dell'acqua, che ha percorso gli impianti sperimentali nelle singole vasche delle pompe, o direttamente nel bacino principale, avviene attraverso un canale del sotterraneo.

Per impedire che, durante la fase di avviamento di una esperienza, le parti dei modelli costruite con materiali incorerenti (ad es. con sabbia) vengano danneggiate, il riempimento del canale sperimentale può farsi da valle con condotte a tal fine installate. Come abbiamo già accennato il rilevamento delle sezioni dei modelli è eseguito a mezzo di un coordinatografo portato da un carrello a scartamento variabile.

Le due ali dell'edificio sono riservate alle installazioni per l'esecuzione di esperienze con alti carichi. La sala dell'ala nord si estende dal pavimento del piano terreno a quello del solaio, ove è collocato un doppio serbatoio di regolazione del tipo già descritto: l'altezza libera è di circa 12 metri (fig. 7).

Per potere effettuare esperienze con carichi variabili sono state inoltre disposti due serbatoi di regolazione, della superficie di m^2 4,10 × 6,52 (ciascuno dei quali a sua volta diviso in due parti) spostabili lungo corniere di guida verticali (fig. 10). I serbatoi sono mossi da verricelli comandati da motore elettrico e possono essere fissati alle guide in successive posizioni distanti m 1,20. L'alimentazione è effettuata direttamente dalle tubazioni di mandata delle pompe (le quali recano dei T ad intervalli di m 1,20) o dal serbatoio superiore, attraverso vasche di calma e di misura.

Lungo tutta l'altezza della sala corre un pozzo a sezione rettangolare di m^2 1,23 × 1,34, costruito in lamiera di ferro nella parte sovrastante al pavimento del pianterreno, in cemento armato al di sotto. Il pozzo può essere messo in comunicazione sia col serbatoio fisso superiore che con quelli mobili per mezzo di 5 finestre di 0,95 × 0,95, munite di paratoie.

Il complesso delle installazioni ora descritte è indubbiamente, per larghezza di mezzi ed accuratezza di esecuzione, tra i migliori fino ad oggi attuati in laboratori del genere, e consente di estendere notevomente il campo delle esperienze con alti carichi. Secondo gli intendimenti dei progettisti, dovrebbe essere dato particolare sviluppo alle prove sulle condotte forzate e sulle vasche di oscillazione.

All'esecuzione delle esperienze relative sono destinate: la sala stessa dove si trovano i serbatoi; tre locali delle dimensioni di 18 × 4 circa, ricavati al 1° e al 2° piano ed adibiti particolarmente a ricerche di carattere scientifico; la vasca sperimentale del sotterraneo lungo la fronte ovest dell'edificio; la sala principale dell'ala sud. Questa è divisa in due locali sovrapposti, di cui l'inferiore si spinge fino all'altezza del piano d'imposta della copertura della parte centrale: il solaio di divisione è formato per la maggior parte con tavoloni accostati e può essere rapidamente smontato in modo da ottenere un'unica sala, alta quanto l'intiero edificio, a simiglianza di quella principale dell'ala nord. Al piano superiore trovasi un piccolo serbatoio di regolazione destinato, tra l'altro, ad alimentare l'impianto sperimentale della vicina aula di lezione (fig. 7).

Con scopo essenzialmente didattico, al fine cioè di abituare gli allievi all'osservazione diretta dei caratteri dei principali fenomeni idraulici, è stato installato ivi un piccolo canale con pareti in vetro e ad inclinazione variabile.

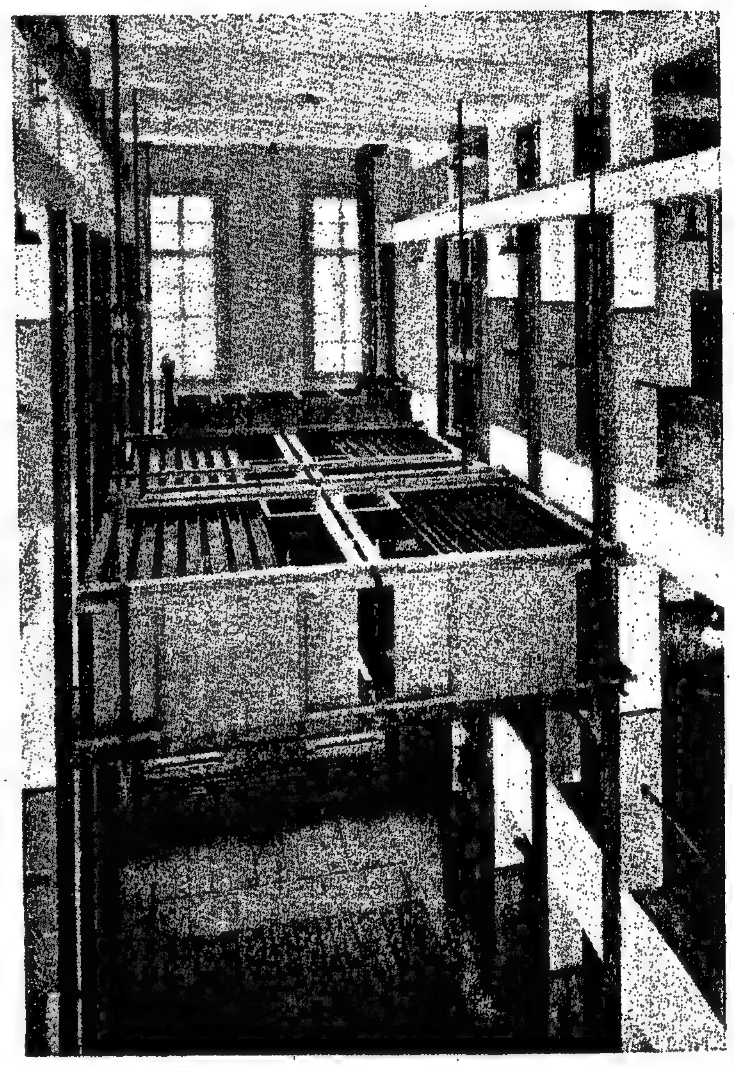


Fig. 10. - Serbatoi di regolazione mobili.

Di altri processi di movimento non facilmente realizzabili nel canale dimostrativo è fornita agli allievi una riproduzione cinematografica.

Il laboratorio dispone di un apparecchio di presa e di un apparecchio di proiezione installato in una cabina adiacente all'aula. All'apparecchio di proiezione è unito uno speciale riduttore del numero di giri il quale permette di variare con continuità entro determinati limiti, il rapporto tra la velocità (o durata) di proiezione del fenomeno in esame e la velocità (o durata) di presa (o, in altre parole, tra i corrispondenti numeri di immagini girate in un determinato intervallo di tempo). Questo rapporto viene dedotto, sulla base delle leggi di similitudine, da quello che intercede tra le dimensioni lineari del modello e le corrispondenti delle immagini proiettate sullo schermo. Si consegue in tal modo un'esatta rappresentazione delle principali caratteristiche del fenomeno nelle proporzioni più acconcie per l'osservazione e per lo studio. Per molte ricerche il sistema di riproduzione cinematografica si è dimostrato di un'utilità veramente notevole.

Con molta cura sono stati studiati i dispositivi per la misura delle portate e per il rilevamento delle quote.

Per le prove di taratura (in particolare per la taratura degli stramazzi) è stata ricavata nel sotterraneo una vasta camera con pareti in cemento armato. La capacità di essa è stata determinata riempiendola a mezzo di un recipiente metallico, preventivamente tarato con esatte pesature, e tenendo debito conto dell'effetto della temperatura. Gli idrometri per la lettura del livello nella vasca sono disposti nel canale laterale, in vicinanza del venturimetro (fig. 5).

Uno speciale dispositivo venne studiato per permettere, durante le prove di taratura, la pronta immissione della corrente nella vasca tarata, una volta raggiunte le condizioni di regime, e la rapida diversione in un canale laterale, al termine della prova. Notiamo incidentalmente che la difficoltà di ottenere un pronto smorzamento delle oscillazioni che si determinano nel livello della vasca, all'atto dell'immissione in essa della corrente, può rendere particolarmente laboriosa l'esecuzione delle prove, in quanto anche lievi inesattezze nella lettura del livello, attesa la grande superficie della vasca, indurrebbero errori non trascurabili nelle misure.

Impianti di servizio e locali accessori. – Con larghezza sono stati provveduti gli apparecchi per il sollevamento ed il trasporto dei pezzi pesanti.

Nella grande sala sperimentale del piano terreno corre una grue a ponte della portata di tre tonnellate e della luce di metri 15,50 (fig. 9); nelle due sale estreme trovansi due grue rispettivamente di 6,55 e 5 m di luce con una portata di due tonnellate. Un'altra piccola grue trovasi infine nel solaio sopra l'ala nord dell'edificio, destinato a magazzino.

I magazzini principali sono ricavati nei sotterranei e comunicano con l'esterno per mezzo di un tunnel che sottopassando i canali, viene a giorno sulla scarpata al piede dell'edificio (fig. 1), a una quota superiore di circa 5 m a quella della strada. Al sollevamento dei materiali dai carri della strada e al caricamento sui vagonetti della linea di servizio, che corre entro il tunnel, provvede una grue elettrica collocata su di un ponte a sbalzo in cemento armato appositamente costruito.

Nell'ala nord dell'edificio trovasi una officina attrezzata per gli ordinari lavori di riparazione e per la costruzione di piccoli pezzi richiesti da eventuali variazioni dei modelli in prova. Le parti principali delle installazioni fisse e tutti i pezzi ottenuti per fusione vengono lavorati, su ordinazione, da altre officine.

Le installazioni sperimentali sono costruite volta per volta usando per le parti metalliche principalmente ferro (in profilati o in lamiere, da fissare, nelle pareti esterne, ai già ricordati mensoloni) e alluminio (per i grandi pezzi di fusione); le pareti in muratura sono di preferenza costruite con mattoni in cemento e malta pure cementizia.

Cenni sull'organizzazione. – La vita del laboratorio risale, come già dicemmo, a poco più di un anno; per quanto la sua organizzazione presumibilmente non abbia ancora raggiunto uno sviluppo che possa dirsi definitivo, tuttavia già numeroso è il personale tecnico e subalterno addetto al laboratorio.

Sotto la direzione del Prof. Meyer Peter, assistito dal Dr. Ing. Favre, Vice Direttore, le esperienze vengono allestite ed eseguite per lo più da giovani ingegneri, cui è affidata in parte anche la elaborazione del materiale sperimentale.

L'attività del personale tecnico viene per intero assorbita dalle prestazioni per il laboratorio ed è direttamente retribuita con stipendio fisso.

Attualmente fan parte del personale subalterno, il capo officina, i meccanici, i muratori, ma si prevede di assumere entro breve termine operai specializzati nella confezione dei modelli.

I proventi delle ricerche eseguite per conto dei vari enti o privati (e comprendenti sia il rimborso delle spese vive sostenute, che i compensi per le prestazioni del personale dirigente) vengono versati per intero nelle casse governative.

L'Amministrazione Federale provvede al pagamento delle fatture relative agli acquisti compiuti per conto del laboratorio, e allo stanziamento dei fondi necessari per la vita di esso; l'ammontare di questi ultimi viene stabilito anno per anno sulla base del bilancio preventivo presentato dal direttore.

Già in questo primo periodo di attività si presume che i sussidi governativi potranno essere coperti dai proventi delle ricerche: e lo sviluppo sempre maggiore che queste ultime vanno assumendo, costituisce fondato motivo per sperare in un bilancio sicuramente attivo dell'esercizio del laboratorio negli anni futuri.

II. - RICERCHE SPERIMENTALI PER IL PROGETTO DELLE OPERE RELATIVE ALL' IMPIANTO IDROELETTRICO DI WETTINGEN SUL LIMMAT.

Già prima della costruzione del nuovo Istituto, il Prof. Meyer Peter ed i suoi collaboratori avevano compiuto ricerche di carattere sia scientifico che pratico (ad es. sul funzionamento dei sifoni autolivellatori e sulla forma da assegnare ad una traversa tracimata sul Limmat), in un piccolo laboratorio annesso alla Scuola di macchine del Politecnico; malgrado la ristrettezza dei mezzi di indagine i risultati erano stati sotto ogni riguardo notevoli.

Le ricerche sperimentali per lo studio delle opere relative all'impianto di Wettingen sul Limmat furono poi proseguite nel nuovo laboratorio.

Detta utilizzazione sottende un'ansa del fiume Limmat tra Dietikon e Wettingen (fig. 11). Con un bacino imbrifero di dominio di circa kmq 2400, la portata media disponibile nella sezione ammonta a mc/sec 107; la portata massima cui l'impianto è stato commisurato è di mc/sec. 120.

Lo sbarramento avente un'altezza di ritenuta di circa 20 m. crea un serbatoio della capacità di mc $6{,}17 \times 10^6$; capacità non utilizzata tuttavia agli effetti della regolazione, per la necessità di mantenere pressochè costante il livello del lago. Relativamente piccole sono quindi le variazioni del salto (tra m 19,90 e m 23) e in diretta connessione con le vicende naturali delle portate.

1) Studio delle opere di ritenuta e di scarico.

La centrale trovasi immediatamente a valle dello sbarramento e la restituzione avviene attraverso una galleria a pelo libero, larga m 8,5 e lunga circa 420 metri.

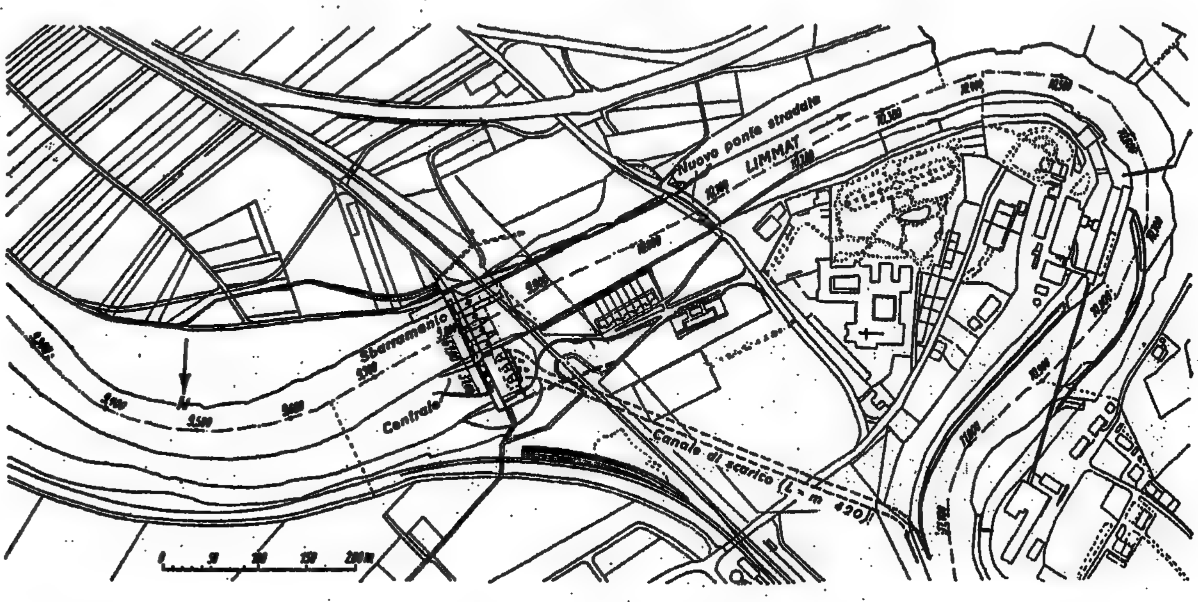


Fig. 11. - Planimetria schematica delle opere dell'impianto di Wettingen.

Ad integrare il diagramma di carico fornito dall'impianto di Wettingen (l'energia totale da questo producibile in un anno supera i 130 milioni di kWh), provvedono le centrali di Heidsee e Wäggital servite da serbatoi stagionali, e quella di Albula munita di vasca per regolazione giornaliera.

La necessità sopra menzionata di mantenere l'invaso alla massima quota ammissibile (383,00 m s. m.) e di rinunziare quindi ad ogni regolazione delle portate del Limmat, rendeva particolarmente grave il problema dello smaltimento delle masse piene, le quali potevano raggiungere (sulla base delle osservazioni di 18 anni) i 750 m^3/sec. Nell'ipotesi più sfavorevole di piena massima e di centrale fuori servizio la potenza della corrente a valle dello sbarramento ammonta a ben 160.000 HP.

La gola sbarrata dalla traversa si presentava come una profonda incisione degli antichi depositi alluvionali glaciali. Nella sezione scelta per l'impostazione dello sbarramento, immediatamente a valle del ponte ferroviario (1), i banchi di molasse costituenti il fondo apparivano ricoperti di uno strato di ghiaia di spessore variabile da 2 a 3 metri.

Sarebbe stato impossibile determinare a priori in qual misura lo smorzamento della potenza della corrente avrebbe dato luogo ad erosioni a valle della traversa ed indicare i provvedimenti più atti a ridurne l'entità. È perciò che quando, nel 1926, fu bandito un concorso per il progetto delle opere di derivazione, la commissione incaricata della revisione dei progetti decise di subordinarne la definitiva approvazione all'esame dei risultati forniti da ricerche sperimentali su modelli in piccola scala dello sbarramento.

Lo studio dei fenomeni di erosione, che hanno luogo in un corso d'acqua, o per cause naturali, o in seguito ad alterazione indotta nel regime naturale dalla costruzione di particolari opere, non essendo suscettibile di trattazioni teoriche, aveva già dato origine a numerose serie di ricerche, tra le quali particolarmente interessanti quelle compiute dal Prof. Rehbock nel laboratorio di Karlsruhe. Ben si comprende che i risultati forniti da siffatte indagini non sono quantitativamente estensibili alle opere effettive se non in via di approssimazione.

a) Esperienze compiute nel Laboratorio di macchine del Politecnico. – Le prime esperienze su modelli dello sbarramento di Wettingen, furono eseguite, come già accennammo, nel laboratorio di macchine del Politecnico, utilizzando all'uopo un canale della lunghezza di 19 m largo m 1,00 e profondo m 1,30.

Per riprodurre, quindi, col modello l'intiera traversa, della lunghezza di circa 50 m, si sarebbe dovuto adottare un rapporto di riduzione delle dimensioni lineari eccessivamente piccolo, circa 1/50; poichè l'analogia di struttura e forma tra una parte soltanto dell'opera e l'opera intiera dava sufficiente garanzia di una analogia di comportamento nei riguardi idraulici, si convenne di eseguire le prove su modelli parziali riproducenti alcune delle luci (fig. 12), adottando rapporti di riduzione compresi tra $\frac{1}{28,6}$ e $\frac{1}{36}$.

Per la costruzione della parte del modello a valle della traversa fu impiegata sabbia di lago, passata al vaglio di 3 mm e accuratamente lavata per asportarne le particelle argillose. Tale qualità di sabbia fu adottata in vista della maggiore comodità di esecuzione delle esperienze, senza tener conto alcuno della costituzione naturale dell'alveo nella località dello sbarramento: si ritenne infatti che la struttura geolitologica del fondo non potesse esercitare alcuna sensibile influenza sull'entità e sulla conformazione finale delle erosioni e[1] che queste dipendessero unicamente dalle caratteristiche del fenomeno idraulico (1).

La durata delle singole prove fu fissata in 5 ore, potendosi considerare raggiunta una stabile configurazione del modello al termine di detto periodo.

Indagini di carattere generale sui modelli delle opere proposte nei varii progetti. – I progetti concorrenti presentavano notevoli differenze nei riguardi sia del tipo delle opere di scarico adottate (sfioratori, sifoni autolivellatori, scarichi profondi), che della forma e delle dimensioni loro assegnate.

Una serie di ricerche preliminari dimostrò che, com'era prevedibile, lo smorzamento dell'energia della corrente avveniva nel modo migliore allorchè allo scarico delle piene si provvedeva facendo funzionare simultaneamente gli sfioratori di superficie e gli scarichi di fondo in quanto l'incontro delle due correnti provocava un'intensa agitazione per breve tratto a valle dello sbarramento. Sulla base di tali risultati si potè eseguire una prima cernita dei vari progetti presentati, scartando quelli che prevedevano un solo dispositivo di scarico; il numero dei modelli sui quali dovevano essere condotte ulteriori esperienze, fu in tal modo ridotto a cinque (fig. 12).

I primi tre modelli non presentano sostanziali differenze nelle linee generali; la forma della platea a valle della traversa è quella (di frequente proposta e adottata in casi analoghi), di una conca di limitata profondità (bacino di smorzamento) destinata a provocare la formazione in posizione determinata di vortici superficiali ad asse orizzontale (*Deckwalze*) che assorbono una notevole quantità di energia; la lama tracimante al di sopra della diga investe e spezza i vortici stessi, dando luogo ad una più violenta agitazione e quindi ad una più energica dissipazione. Osserviamo che se nel terzo modello la platea è alquanto più profonda, tuttavia limitata è l'altezza della corrente interessata dal vortice di superficie.

I modelli quarto e quinto si differenziano invece notevolmente dai precedenti in quanto ricorrono, per provocare lo smorzamento della potenza della corrente, a disposizioni assai più complesse. Nel quarto modello lo sfioratore di superficie è sostituito da una batteria di sifoni, aventi il tratto terminale della canna in direzione all'incirca normale a quella della superficie libera del getto che attraversa gli scarichi di fondo, e la platea è munita di pilastri sfalsati destinati a frangere la corrente. Caratteristica del quinto modello è la disposizione nel corpo della diga di cunicoli di scarico diretti normalmente al paramento a monte nel primo tratto, e piegati poi bruscamente ad angolo retto, in modo da volgere le loro bocche l'una contro l'altra in prossimità del paramento a valle. L'urto delle correnti dà luogo dalla formazione di un getto verticale che viene infranto dalla lama stramazzante: i violenti movimenti vorticosi, che in tal modo si provocano, dissipano una quantità notevole di energia.

Per lo studio del funzionamento dei vari modelli si ritenne sufficiente eseguire due serie di esperienze con portate corrispondenti nell'opera effettiva a 750 m^3/sec (portata di massima piena) e a 300 m^3/sec rispettivamente. La ripartizione della portata attraverso gli scarichi di fondo e lo sfioratore di superficie risultava determinata dalle quote e dimensioni, assegnate in progetto alle singole parti dell'opera: in particolare, con la portata minore, nei primi quattro modelli funzionava soltanto lo scarico di fondo.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle due citate serie di esperienze (fig. 12) fu decisa la scelta dell'opera. Il progetto rela-

(1) La sezione fu poi cambiata in seguito a opposizione delle Ferrovie Federali.

(1) Diversa è in proposito l'opinione di altri sperimentatori; ricordiamo tra questi il Rehbock il quale, studiando i fenomeni di erosione e deposito che avevan luogo in un tronco del Reno ottenne risultati assai differenti a seconda della sabbia usata nella costruzione dei modelli. Quindi, pur riconoscendo l'impossibilità di porre a base della scelta regole generali aventi sicuro fondamento detti sperimentatori ritengono che si debba tener conto della grossezza dei grani e che si possa, a tal fine, nei singoli casi, ricavare qualche criterio di orientamento da esperienze preliminari.

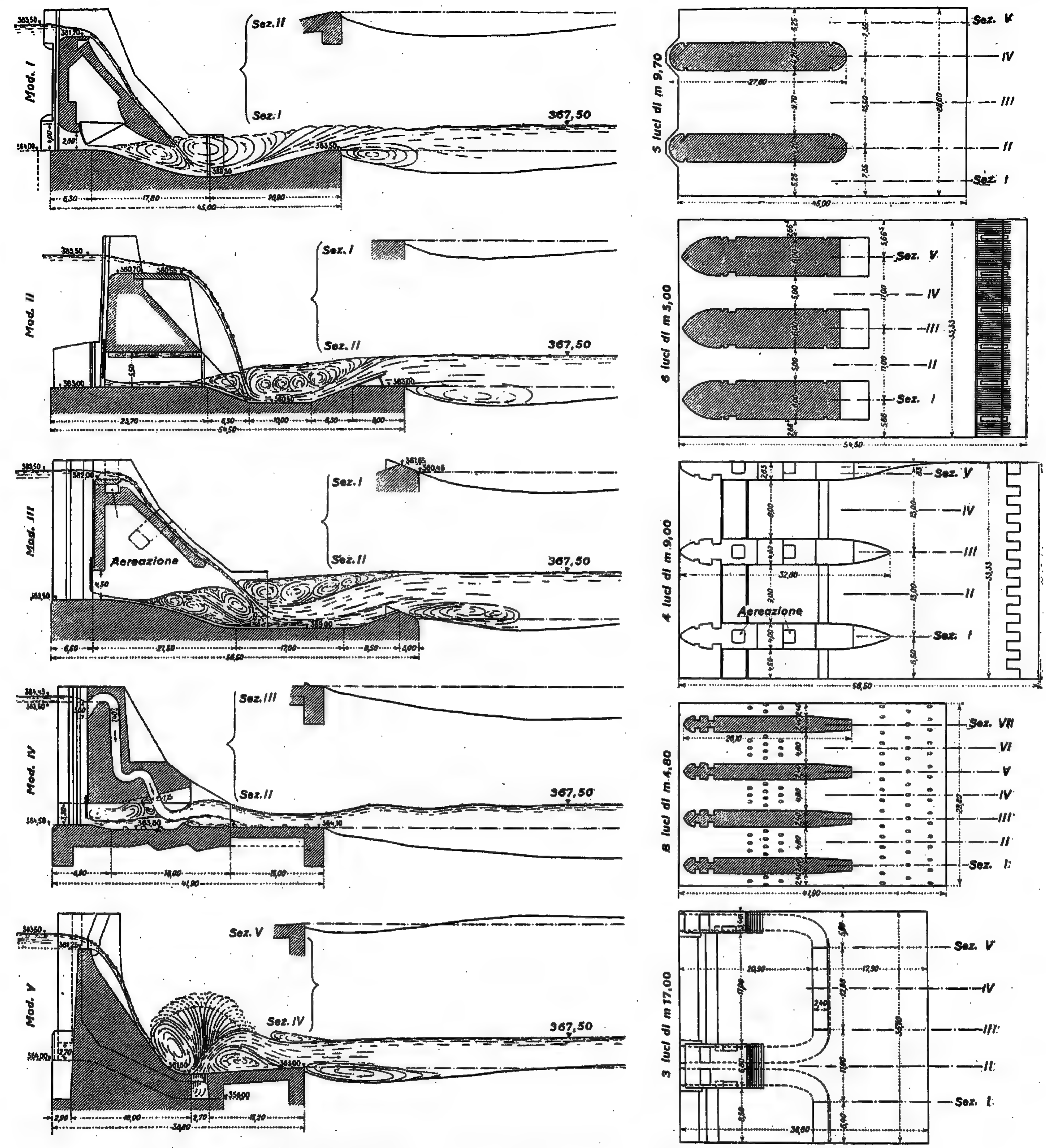


Fig. 12. - Sezioni tipo dei modelli di traversa (Caratteristiche del funzionamento per una portata corrispondente a 750 m³/sec).

tivo al quarto modello fu giudicato non rispondente allo scopo, poichè si constatò che i movimenti vorticosi, che si generavano a valle della traversa, erano insufficienti a provocare un'adeguata dissipazione di energia, e l'entità delle erosioni si manteneva di conseguenza notevole. Il quinto modello, che aveva dato risultati soddisfacenti dal punto di vista del funzionamento idraulico fu scartato per ragioni di ordine costruttivo; e per i particolari timori, che destavano i gomiti dei cunicoli di scarico nei riguardi dell'esercizio.

In relazione con la simiglianza di forma, le caratteristiche di funzionamento dei primi tre modelli non presentavano sensibili differenze: le erosioni a valle della platea erano di limitata entità e dello stesso ordine di grandezza. La scelta fu quindi basata prevalentemente su criteri di ordine costruttivo ed economico e fu data la preferenza al primo progetto in considerazione del minor costo che la costruzione dell'opera relativa avrebbe richiesto, in causa dell'alta quota della platea rispetto a quella fissata nel terzo progetto, e della disposizione preferibile costruttivamente a quella presentata dal secondo modello.

Indagini particolari. – Insieme con le ricerche sopra citate di carattere generale, altre ne furono compiute aventi per oggetto particolari fenomeni connessi col processo in esame.

Una prima serie di esperienze fu destfnata a stabilire quale influenza il livello dell'acqua a valle della traversa esercitasse sulla stabilità del vortice superficiale ad asse orizzontale (*Deckwalze*), in quanto questo costituiva, per così dire, il regolatore dell'energia della corrente, ed era necessario prevedere in corrispondenza di esso opportune opere di protezione. Per uno dei modelli e per diversi valori della portata, furono determinati i limiti entro i quali detto livello poteva variare senza che si avesse a temere l'asportazione del vortice.

Anche il funzionamento dei sifoni del quarto modello fu oggetto di alcune sommarie determinazioni sperimentali. Ad dimostrata da ulteriori esperienze, nelle quali riducendo gra dualmente a mezzo di un opportuno ingrossamento delle pil la larghezza della lama stramazzante, si otteneva simultanea mente un'inversione delle zone di calma o di agitazione super ficiali e di quelle di maggiore erosione sul fondo (figura 14). Le esperienze misero in luce la convenienza di adottare, ai fin di una maggiore uniformità delle erosioni, la disposizione indi cata nella figura 15 con un pilastro a forma di cuneo sul para mento a monte, in corrispondenza della mezzeria di ciascun luce. Il getto effluente di scarichi di fondo veniva allora suddi viso dalla vena tracimante in tre correnti, delle quali le estern

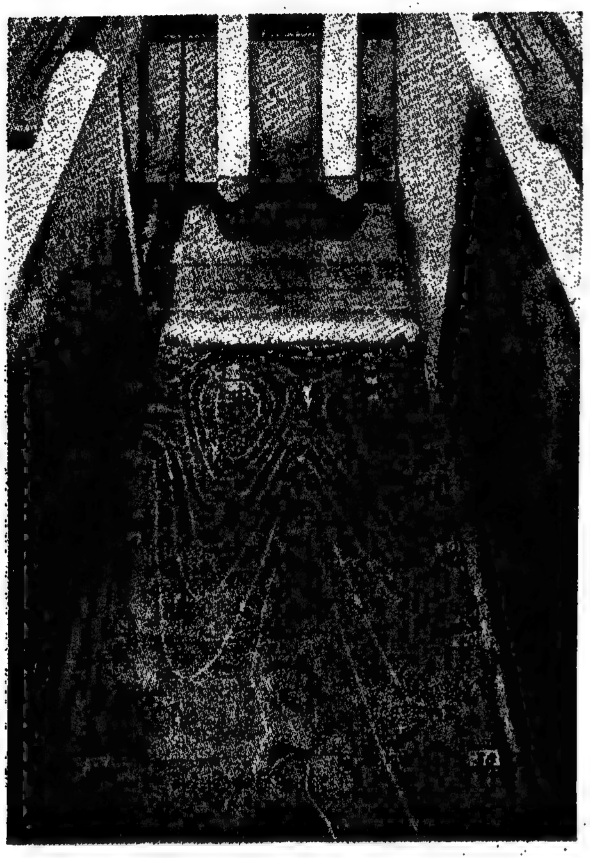


Fig. 13.

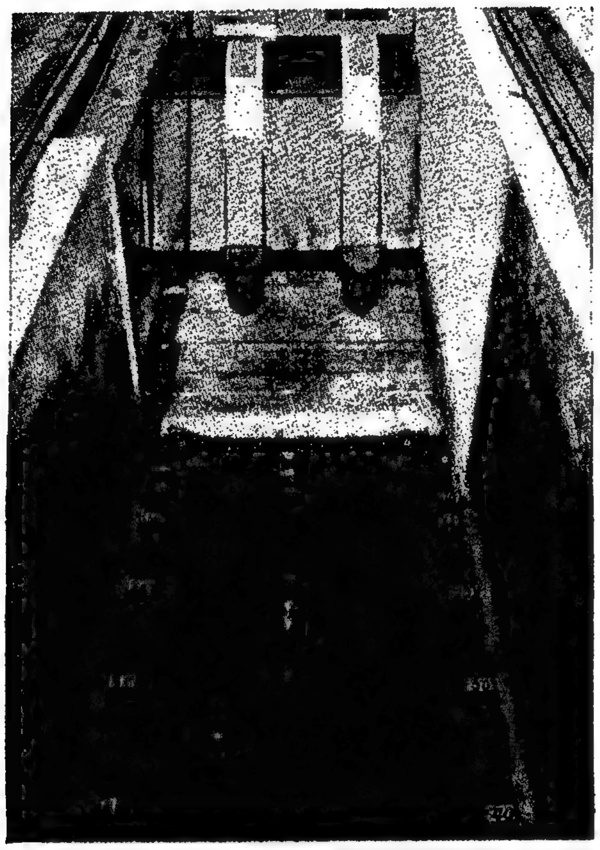


Fig. 14.

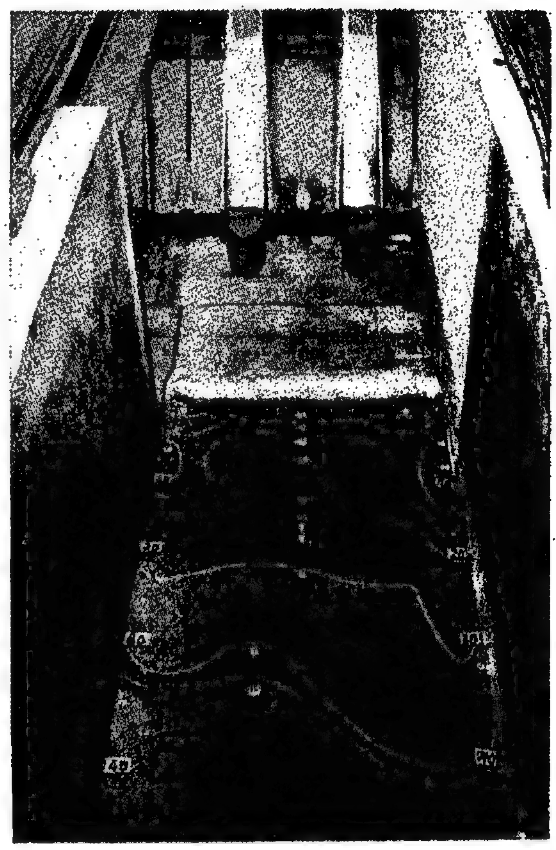


Fig. 15.

Configurazione delle erosioni a valle della traversa.

una lunga ed accurata serie di esperienze dettero origine invece le indagini sulla dipendenza delle erosioni, che avevano luogo a monte delle pile, dalla forma delle testate (più o meno arrotondata), e dalla posizione delle pile stesse rispetto all'orlo della platea generale di fondazione. Colorando parte della corrente con permanganato di potassio e introducendo polvere di alluminio nella rimanente parte si giunse a dare particolare risalto all'andamento dei filetti liquidi, rispettivamente alla superficie e al fondo della corrente, ed a facilitare grandemente l'osservazione dei caratteri del fenomeno. L'influenza della forma delle testate si dimostrò scarsa; risultati del tutto soddisfacenti si ottennero prolungando la platea per breve tratto a monte.

Sulla base delle ricerche fin qui descritte risultavano fissate, in modo definitivo, le caratteristiche fondamentali dell'opera (sostanzialmente quelle previste dal primo progetto): rimaneva ancora da studiare la forma più opportuna da assegnare alle singole parti, al fine di rendere minime le erosioni a valle della traversa.

Le esperienze compiute sul modello del tipo di opera approvato, avevano dimostrato che al particolare aspetto della superficie libera cui esso dava luogo, con zone in intensa agitazione a valle delle luci e di relativa calma a valle delle pile, corrispondeva una determinata configurazione delle erosioni, con le maggiori profondità sul prolungamento delle pile stesse (fig. 13). Ciò si spiegava con la presenza di correnti profonde di direzione contraria a quelle superficiali ed operanti il trasporto delle sabbie sia in senso longitudinale che trasversale, rispetto alla direzione del movimento.

L'esistenza di una relazione ben determinata fra l'aspetto della superficie libera e la configurazione finale del fondo fu si propagavano lateralmente determinando un'intensa agit zione anche a valle delle pile. L'entità delle erosioni, pur con un configurazione assai più uniforme, appariva però ancora note volissima. Mentre un prolungamento a valle della platea d mostrò di non arrecare alcun sensibile miglioramento, a risu tati veramente soddisfacenti portò un'aumento dell'inclina zione della parete a valle del bacino, fino al valore di 1:2; l profondità delle erosioni venne in tal modo ridotta a circa met La forma dell'opera, quale fu definitivamente fissata, appa dalla fig. 16, ove sono indicate separatamente le due varian proposte per il caso di adozione di paratoie a settore o di par toie piane con rulli.

b) *Esperienze compiute nel nuovo laboratorio.* – L'ultim zione delle esperienze sopra descritte risale al 1926; il progett redatto sulla base dei risultati ottenuti, fu allora prese tato alla competente Autorità per l'approvazione. L'oppo zione principale provenne da parte dell'Amministrazio delle Ferrovie Federali e fu motivata dal timore che le nuo opere avrebbero determinato una situazione pericolosa per l stabilità del vecchio ponte ferroviario, situato immediatamen a monte della sezione dello sbarramento. Le pile del ponte erar state costruite con malta di calce idraulica e su fondazioni no del tutto sicure. Tra le due soluzioni che si imponevano, o d una ricostruzione delle pile, o di una impostazione della tr versa in altra sezione riconosciuta adatta a monte del pont fu scelta quest'ultima come economicamente più convenient

Studio delle varianti da apportare alle opere di ritenuta e di sc rico. – Il numero delle luci della traversa fu diminuito da cinque

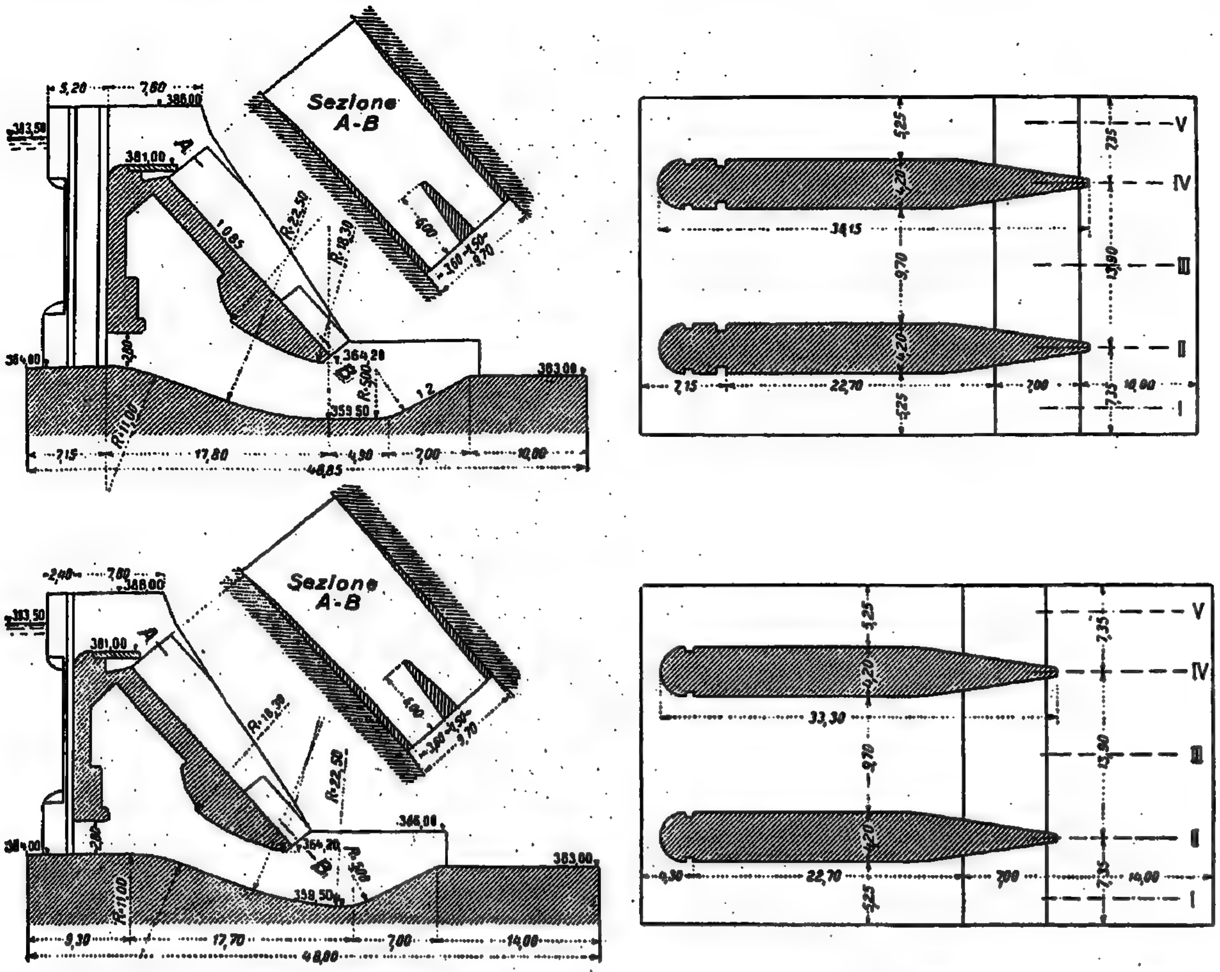


Fig. 16. - Pianta e sezione del tipo di traversa adottato in base alla prima serie di esperienze.

quattro e si previde di prolungare lo sperone a valle della pila di sinistra con un muro di guida, in modo da effettuare un collegamento con il pilastro corrispondente del ponte. Per la redazione del nuovo progetto cui fu posto mano soltanto nel 1930,

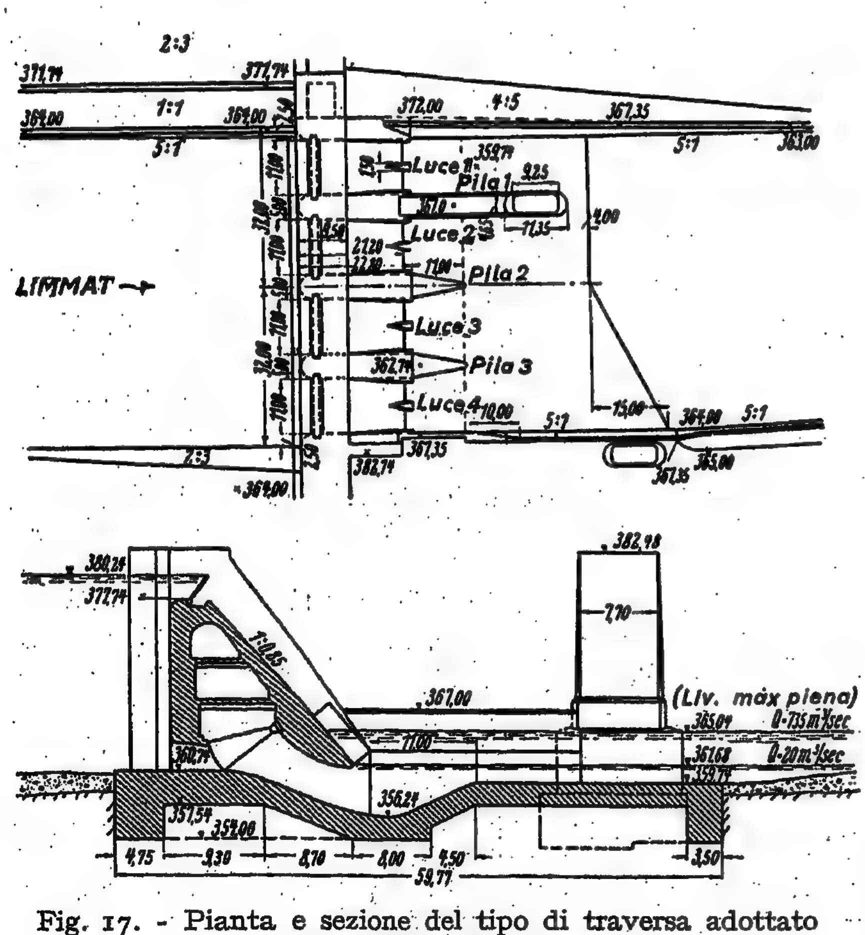


Fig. 17. - Pianta e sezione del tipo di traversa adottato definitivamente.

fu deciso di compiere delle ricerche sperimentali nel grande laboratorio da poco entrato in funzione, al fine di determinare le alterazioni che le modifiche apportate alle opere ed in particolare la dissimmetria creata dal muro di collegamento e dal pilastro, potevano indurre nel funzionamento idraulico, quale era stato determinato nelle esperienze del 1926. Le caratteristiche del nuovo modello appaiono nelle figure 17 e 18; in relazione coll'abbassamento sia della quota di massima ritenuta da m 383,00 a m 380,24 (circa m 1,25 sotto la sommità delle pile) sia di quella della superficie libera a valle, anche le quote delle singole parti dell'opera subirono delle variazioni. Inoltre la platea (che secondo il progetto doveva essere rivestita con bolognini di granito), fu prolungata fino a valle dei pilastri del ponte (per una lunghezza corrispondente, nell'opera effettiva, a circa 10 m).

Le esperienze furono eseguite con portate corrispondenti a 700 e 500 m³/sec, apportando al modello successive variazioni, in modo del tutto analogo a quello già descritto a proposito delle prime esperienze. Anche i risultati ottenuti furono perfettamente concordanti: l'entità delle erosioni appariva minore, e la distribuzione relativa più uniforme, allorchè la vena tracimante veniva ridotta gradualmente in larghezza e spezzata a mezzo del cuneo centrale.

Nei riguardi della forma e delle dimensioni della platea a valle si rese palese la convenienza di adottare, in causa della dissimmetria dell'opera, la disposizione indicata in fig. 17, cioè con bordo normale alla direzione della corrente nella metà sinistra, obliquo nella rimanente parte.

Indagini sul funzionamento delle opere da eseguire nella prima fase della costruzione. – Determinate così, in modo sotto ogni riguardo soddisfacente, le caratteristiche del progetto fu prospettata l'opportunità di studiare sperimentalmente le condizioni di funzionamento delle opere quali si sarebbero presentate nella seconda fase dei lavori. Il programma relativo prevedeva la costruzione in un primo tempo della pila centrale e della metà sinistra della traversa. Durante la seconda fase dei lavori, il Limmat doveva essere deviato attraverso le due luci costruite, a mezzo di ture oblique alla corrente e formanti insieme con la pila centrale una chiusa intorno alla zona dei lavori (Vedi fig. 19). La riduzione determinata, in tal modo, nella sezione libera di deflusso, giustificava il timore che piene di entità anche inferiore a quella massima osservata (trattandosi di condizioni transitorie la considerazione della massima piena fu giudicata eccessivamente cautelativa) potessero riuscire pericolose nei riguardi delle erosioni. Le esperienze dovevano fornire inoltre gli elementi necessari per fissare la quota della sommità delle ture.

Già con portate di ordine corrispondente a 300 m³/sec effluenti dagli scarichi di fondo, si determinavano a valle i ca-

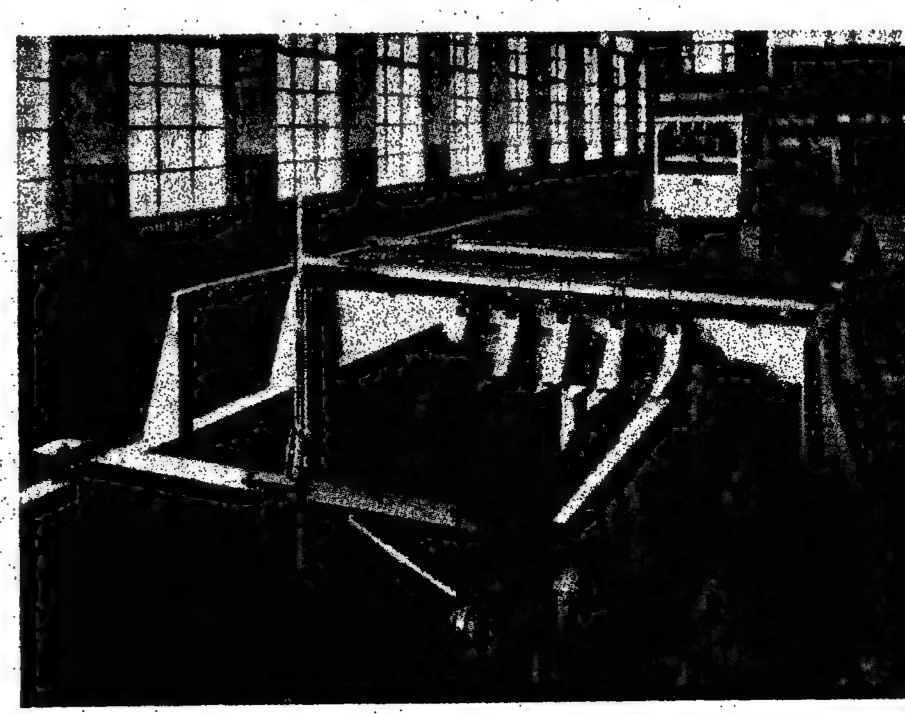


Fig. 18. - Modello definitivo della traversa.

ratteri di corrente veloce, con conseguenti gravi erosioni (la profondità di queste nell'opera effettiva, supposta lecita la riduzione in scala, sarebbe stata di circa 9 m). Si cercò di ovviare a tali inconvenienti e di abbassare insieme la quota della su-

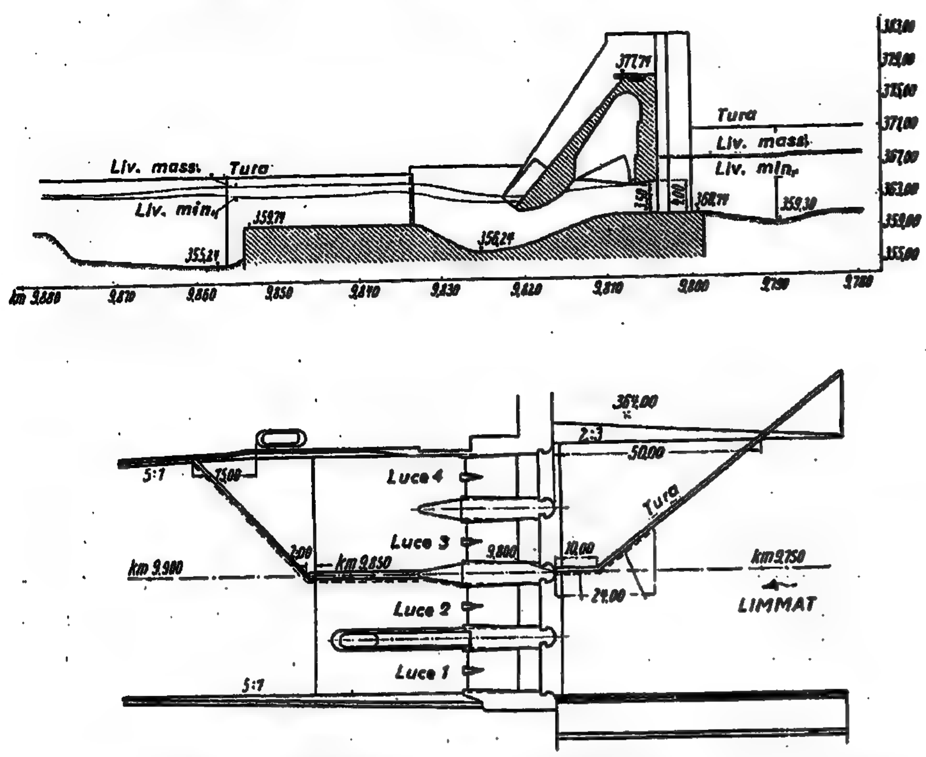


Fig. 19. - Pianta e sezione delle opere da eseguire nella prima fase dei lavori.

perficie libera a monte, con l'ampliare la sezione dei cunicoli di scarico, svasandola all'imbocco, e col costruire a valle della platea nella metà sinistra uno zatterone lungo 20 m.

L'entità delle erosioni appariva tuttavia ancora notevole (dell'ordine di oltre 5 m): poichè però esse erano tali al termine di prove relativamente lunghe, parve lecito ritenere estremamente improbabile che nel breve periodo richiesto dalla seconda fase della costruzione (un'estate circa) si verificassero eventi paragonabili, per gravità, a quelli assunti a base delle esperienze.

Norme da seguire nell'esercizio delle opere di scarico. – Nuove sotto molti aspetti e di notevole interesse appaiono le ricerche sperimentali compiute per determinare un'insieme di norme atte a disciplinare, in modo semplice, la manovra degli organi di scarico della traversa. Si prevedeva, infatti, che un'opportuna regolazione degli organi di scarico durante l'esercizio dello sbarramento, avrebbe potuto influire grandemente sulla limitazione delle erosioni.

Le ricerche furono estese sia al caso di funzionamento simultaneo dello sfioratore e dei quattro scarichi di fondo, sia al caso di impedito funzionamento di tre degli scarichi profondi, per guasti agli organi di manovra delle paratoie. La portata dello sfioratore era sempre quella corrispondente alla quota di massimo invaso, cioè m³/sec 266.

Rilevando, per ogni valore dell'altezza delle luci, i livelli a valle e le profondità delle erosioni, si constatò che, nell'ipotesi di eguale apertura delle paratoie dei quattro scarichi di fondo, la dissimmetria dell'opera induceva gravi disuniformità nell'azione della corrente a valle, e che inoltre, con valori elevati della portata, verso i 700 m³/sec, già cominciavano a delinearsi i caratteri di corrente veloce. Le condizioni di funzionamento apparivano invece soddisfacenti, allorchè si aumentava la portata scaricata da una delle luci intermedie (precisamente da quella a destra della pila centrale) del 30%, rispetto al valore che si aveva nell'ipotesi di ripartizione uniforme, diminuendo corrispondentemente (del 10%) le portate degli altri tre scarichi.

Siccome, poi, le esperienze compiute nelle condizioni di contemporaneo funzionamento dello sfioratore e di uno scarico di fondo avevano dimostrato che, per ottenere la stabilità del vortice a valle, la portata smaltita attraverso una sola luce non doveva superare circa 84 m³/sec, il confronto delle due serie dei risultati ottenuti permise di determinare le norme da seguire nell'esercizio, quali sono sinteticamente espresse dalla tabella I e dai grafici della fig. 20.

Entità delle depressioni nei condotti di scarico. – Un'ultima serie di ricerche trasse origine da timori circa l'entità delle depressioni che, in caso di insufficiente aereazione, avrebbero potuto determinarsi nei condotti di scarico della diga, e delle

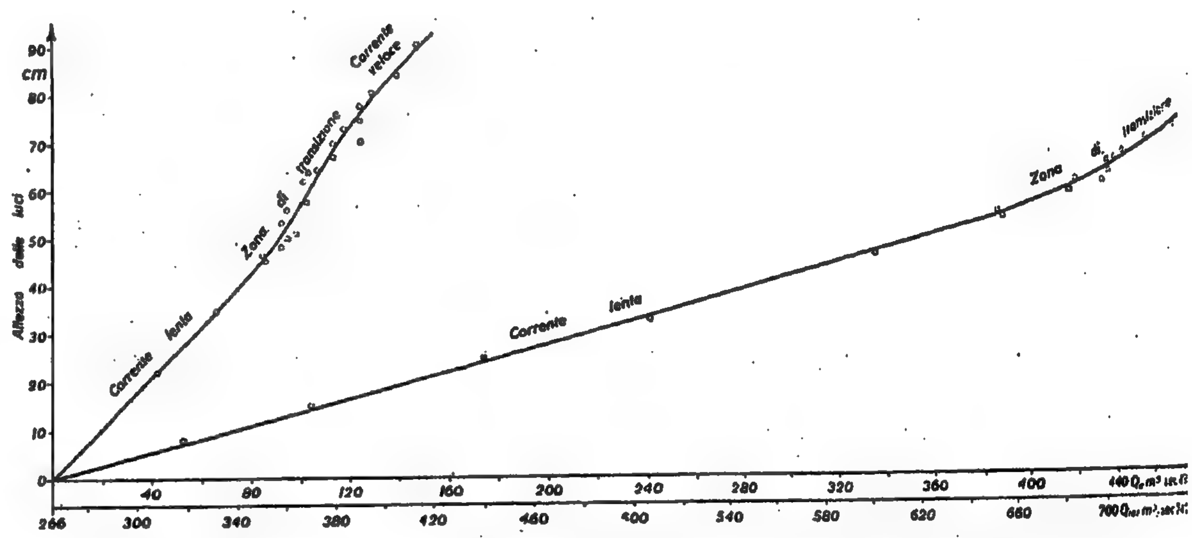


Fig. 20. - Diagrammi I (a sinistra) e II delle altezze delle luci in funzione delle portate da scaricare.

conseguenti soprapressioni sulle pareti dei condotti stessi. Le esperienze mostrarono che, nell'ipotesi più sfavorevole di mancata aereazione, le soprapressioni potevano raggiungere 1,5 tonnellate per metro quadrato, e che quindi conveniva assegnare un valore prudenzialmente elevato alla sezione delle canne d'aereazione.

TABELLA I.

Portata totale Q m³/sec	Portata dello sfioratore m³/sec	Portata in m³/sec degli scarichi di fondo		Altezza in metri delle luci degli scarichi di fondo	
		3	1+2+4	3	1, 2 e 4
0–266	0–266	—	—	—	—
266–350	266	0–84	—	Dedotta dal diagramma I	—
350–524	266	84	$\frac{Q-350}{3}$	0,458	$\frac{4\,h_{medio}-0{,}458}{3}$
524–700	266	$\frac{Q-266}{4}+30\%$	$\frac{Q-266}{4}-10\%$	$h_{medio}+30\%$ (V. Diagr. II)	$h_{medio}-10\%$

La precedente esposizione pone in rilievo l'importanza del contributo portato dall'indagine sperimentale alla progettazione dell'opera di sbarramento sul Limmat, nei riguardi sia della definizione della forma e dello studio del funzionamento idraulico, sia della determinazione delle norme da osservare

durante l'esercizio. I vari quesiti, risolti col metodo delle esperienze su piccoli modelli, difficilmente avrebbero potuto ricevere per altra via una soddisfacente soluzione.

2) Ricerche sulla forma da assegnare al canale di scarico.

Notevole interesse presentano le esperienze condotte nel laboratorio di Zurigo (verso la fine dell'anno passato) su di un modello di impianto a bassa caduta, per determinare la forma del canale di scarico più conveniente ai fini dell'economia dell'esercizio, intesa come quella che dava luogo alle minime perdite di carico.

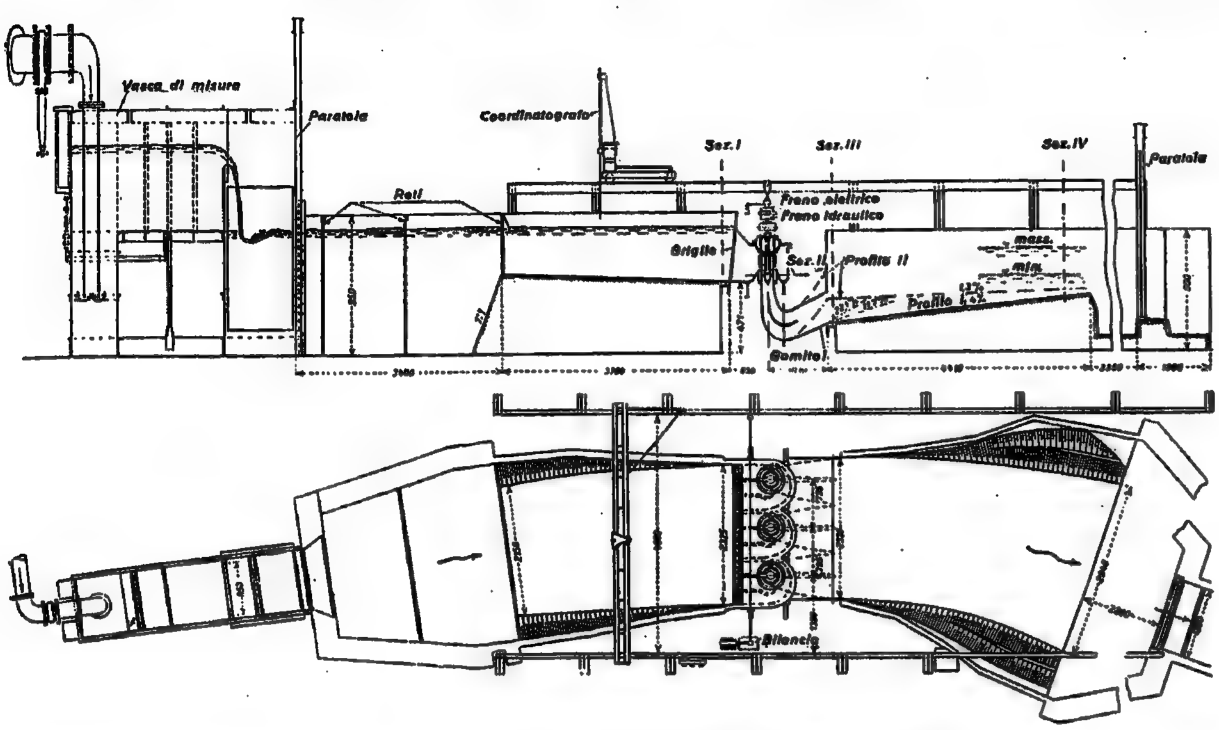


Fig. 21. - Schema dell'installazione sperimentale.

I risultati finali delle ricerche non sono stati ancora resi noti, ma riteniamo non inutile accennare qui brevemente alle caratteristiche delle installazioni sperimentali (nuove sotto alcuni aspetti) e ai metodi adottati per l'esecuzione delle prove e l'elaborazione dei risultati relativi.

L'impianto sperimentale comprendeva, insieme con i dispositivi di misura e di calma, un tronco del canale di alimentazione, le griglie d'imbocco, le tre turbine (ad elica a passo variabile del tipo Kaplan) con il relativo diffusore, ed infine l'opera di scarico la cui forma era oggetto principale delle ricerche, composta di un primo tratto in pressione fortemente inclinato e del canale di scarico propriamente detto (figg. 21 e 22).

La costruzione del modello della turbina era stata riconosciuta necessaria in vista della distribuzione particolare della velocità che la presenza di tale organo determina nelle sezioni a valle, diversa da quella che si sarebbe avuta nel caso di efflusso da una semplice luce a battente, quale era stata prevista originariamente.

I modelli delle turbine, costruiti dalla Casa Escher Wyss, constano delle seguenti parti essenziali: camera a spirale, diffusore (ambedue in alluminio fuso) distributore e girante; la posizione di questi ultimi due organi può essere comandata dall'esterno a mezzo di una corona dentata. Particolari dispositivi frenanti furono previsti, inoltre, per la misura della potenza sviluppata. Essi constavano di un freno idraulico capace di assorbire una potenza costante e di un freno elettrico destinato a compensare le piccole variazioni. Le leve dei freni erano collegate da un filo di acciaio, mantenuto in tensione da differenti pesi attaccati agli estremi; la differenza tra i pesi era misurata da una bilancia a lettura diretta: il momento frenante e quindi la potenza sviluppata (essendo il numero di giri dell'albero registrato da apposito tachimetro) venivano dedotti facilmente dalla differenza tra le indicazioni della bilancia in condizioni di quiete e di funzionamento.

Le sezioni del modello, nelle quali durante le esperienze venivano eseguite le misure, sono indicate nella figura 21 con i numeri I, III, e IV; nella sezione I il livello dell'acqua era mantenuto costante.

Per un determinato valore della portata, letto allo stramazzo di misura, le pale del distributore e della girante venivano fissate nella posizione indicata dalla casa costruttrice come corrispondente al massimo rendimento; l'altezza della superficie libera del canale di scarico (sezione III) veniva allora stabilita in modo da realizzare, con il particolare valore della potenza sviluppata dalle macchine (e misurata ai freni sopra citati), il numero di giri fornito dalla caratteristica.

Ciò premesso, per la determinazione delle perdite di carico del canale, si potevano seguire due procedimenti diversi.

Col primo si determinava il rendimento globale delle opere idrauliche e del macchinario come rapporto tra la potenza lorda (espressa in funzione del dislivello tra la superficie libera dell'acqua nelle sezioni I e IV e della differenza tra le altezze cinetiche relative) e la potenza netta, quale risultava dalla misura della coppia frenante e del numero dei giri (1). Ricavata sperimentalmente una relazione tra il

(1) L'aver trascurato l'azione della viscosità (usando per le esperienze lo stesso fluido che si ha nella realtà) porta a considerare perdite proporzionalmente maggiori nel modello.

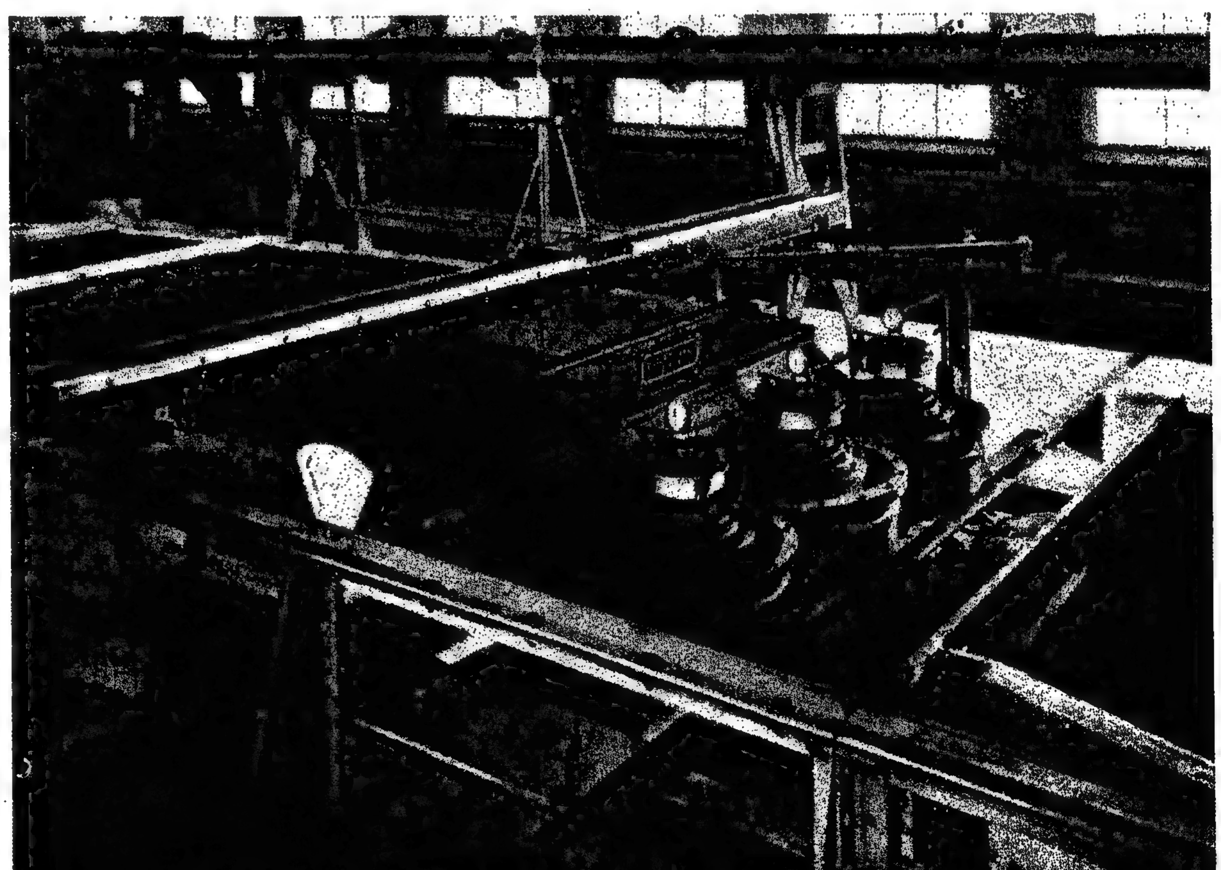


Fig. 22. - Vista del modello da valle.

rendimento globale e la quota del livello d'acqua a valle, la curva media delle durate delle portate utilizzate relative al corso di acqua in esame permetteva di calcolare l'energia totale producibile in un anno. Ripetendo tale determinazione per ogni particolare forma sperimentata del canale di scarico, il confronto dei valori dell'energia prodotta in un anno costituiva un elemento discriminante per il giudizio della convenienza economica dell'opera; un altro elemento era fornito, ben s'intende, dall'esame del costo di costruzione. Il procedimento ora descritto presupponeva, che le perdite attraverso le turbine dipendessero unicamente dal valore della portata; l'arbitrarierà di tale ipotesi poteva infirmare, in misura certamente non grave, l'esattezza dei risultati.

Col secondo procedimento, le perdite del tronco del canale di scarico compreso tra le sezioni III e IV erano dedotte dall'abbassamento corrispondente della linea dei carichi totali. In causa della distribuzione non uniforme della velocità, era necessario determinare per ciascuna sezione il valore del coefficiente di maggiorazione dell'altezza cinetica corrispondente alla velocità media (1). A tal fine venivano eseguite delle misure di velocità in un numero conveniente di punti di ciascuna sezione, a mezzo di un tubo di Pitot preventivamente tarato con grande cura. Alla maggiore esattezza di questo secondo metodo fanno tuttavia riscontro maggiori difficoltà sperimentali, le quali possono essere causa di errori non trascurabili.

Le prove sopra accennate sono ormai state ultimate e ci auguriamo che i risultati relativi possano essere portati a conoscenza dei tecnici.

Esperienze attualmente in corso. – Altre ricerche di interesse non meno elevato sono attualmente in corso. Alcune hanno per iscopo lo studio della propagazione, nella galleria di scarico a pelo libero dell'impianto di Wettingen, di perturbazioni conseguenti ad una variazione della portata assorbita dalle macchine, e dei dispositivi più acconci per limitarne gli effetti; altre riguardano la determinazione delle erosioni a valle di un'alta diga tracimata e la progettazione della forma più conveniente.

La presente sommaria rassegna delle ricerche compiute nel laboratorio di costruzioni idrauliche di Zurigo vale, riteniamo, a dare un'idea sufficientemente chiara della notevolissima attività in esso svolta durante il breve periodo della sua vita, e dell'alto valore del contributo portato dalle ricerche sperimentali alla risoluzione di problemi pratici di varia natura; ci auguriamo che essa possa contribuire a porre ancora una volta in luce di quali preziosi risultati possa essere feconda l'applicazione dei metodi scientifici di laboratorio alla progettazione delle opere che interessano la pratica costruttiva.

Milano, Aprile 1931.

ING. GAIO MARCELLO

IST. DI IDRAULICA DEL R. POLITECNICO

---

(1) In una sezione qualsiasi la distanza verticale tra la linea dei carichi totali e la superficie libera della corrente è data, indicando con V_m la velocità media, da $\frac{\alpha \, V_m^2}{2\,g}$, ove α indica quindi il rapporto tra la potenza cinetica della corrente effettiva e la potenza di una corrente fittizia che, con velocità in ogni punto eguale a V_m, convoglia la stessa portata. Come è noto, indicando con σ l'area della sezione si ha $\alpha = \frac{\int \sigma \, V^3 \, d\sigma}{V_m^3 \, \sigma}$; il valore numerico di α in generale, per le correnti uniformi, e per gli ordinari valori della velocità, non si discosta molto da 1,1 (vedi De Marchi - Idraulica - Hoepli 1930 - Cap. I, § IV, 2 e 3 e Cap. IV, § 1, 4).

NOTA. – Le notizie intorno al Laboratorio di Zurigo e alle ricerche in esso svolte sono state, per lo più, desunte da relazioni pubblicate dal Prof. Meyer Peter e in appresso citate: in parte esse poterono essere attinte direttamente, in occasione di una visita al laboratorio, compiuta dall'Ing. Mario Marchetti e dallo scrivente, per incarico del R. Politecnico di Milano.

Ci è grato esprimere qui al Prof. Meyer - Peter e al Dott. Ing. Favre i ringraziamenti più vivi per la cortesia dimostrata durante detta visita, e per gli utilissimi chiarimenti forniti.

Relazioni del Prof. E. MEYER PETER:

1) « Die Versuchsanstalt für Wasserbau an der Eidgenössichen Technischen Hochschule Zürich ». - *Schweizerische Bauzeitung*, 1926, Aprile 1930.

2) « Die Hydraulischen Modellversuche für das Stauwehr des Limmatwerkes Wettingen der Stadt Zürich ». - *Schweizerische Bauzeitung*, maggio 1927.

3) « Le Laboratoire de recherches hydrauliques annexé à l'École Polytechnique fédérale de Zurich ». - *Génie Civil*, 13 settembre 1930.

4) « Modellversuche zur Ermittlung der günstigen Langenprofils in Unterwasserkanal einer Niederdruckanlagen ». - *Schweizerische Bauzeitung*, 10 novembre 1930.

5) « Hydraulische Modellversuche für das Stauwehr des Limmatwerkes Wettingen ». - *Die Bautechnik*, 7 novembre 1930.

Gli impianti idroelettrici del Municipio di Torino nell'alta valle dell'Orco (1)

I – GENERALITÀ.

L'alta valle dell'Orco, detta anche val di Locana, intermedia fra le valli di Lanzo e la valle d'Aosta, è limitata a nord dal massiccio del Gran Paradiso (4061 m) e a sud dal gruppo delle Levanne (massima quota 3619), rapidamente degradanti verso est. Le condizioni particolarmente favorevoli alla creazione di important iopere di derivazione offerte da questa valle e, specialmente, dal suo versante settentrionale, solcato da ripidi torrenti e cosparso di numerosi laghetti d'origine glaciale, non potevano sfuggire all'attenzione dei progettisti di impianti idroelettrici. E infatti, i primi studi per lo sfruttamento dell'alto bacino dell'Orco risalgono al 1900. Nel 1906 erano già state presentate, al Ministero dei Lavori Pubblici, tre domande di concessione, che si riferivano però ad impianti slegati fra loro e utilizzanti solo in minima parte le disponibilità dell'Orco superiore. Nel 1910, la Provincia di Torino presentò a sua volta un progetto di utilizzazione sistematica della stessa valle, nel quale erano previsti le seguenti opere:

1º) Sbarramento dei laghi Serrù e Agnel.

2º) Sbarramento dell'Orco in località Pis per la creazione di un serbatoio diurno.

3º) Derivazione dall'Orco a valle di questo serbatoio, in località S. Mainer, con restituzione a monte di Rosone, sotto un salto di 727 m.

4º) Sbarramento del Piantonetto (affluente di sinistra) in località Pian Telessio.

5º) Galleria di allacciamento fra il Pian Telessio, il lago Balma e il lago Eugio, con derivazione intermedia fra il Balma e l'Eugio e restituzione presso S. Lorenzo sotto un salto di m 820.50.

6º) Derivazione delle acque di scarico della centrale di S. Lorenzo con restituzione nella centrale di Rosone sotto un salto di m 323.30.

7º) Bacino di compensazione a valle della centrale di Rosone e derivazione successiva facente capo alla centrale di Bardonetto, sotto un salto di m 129.65.

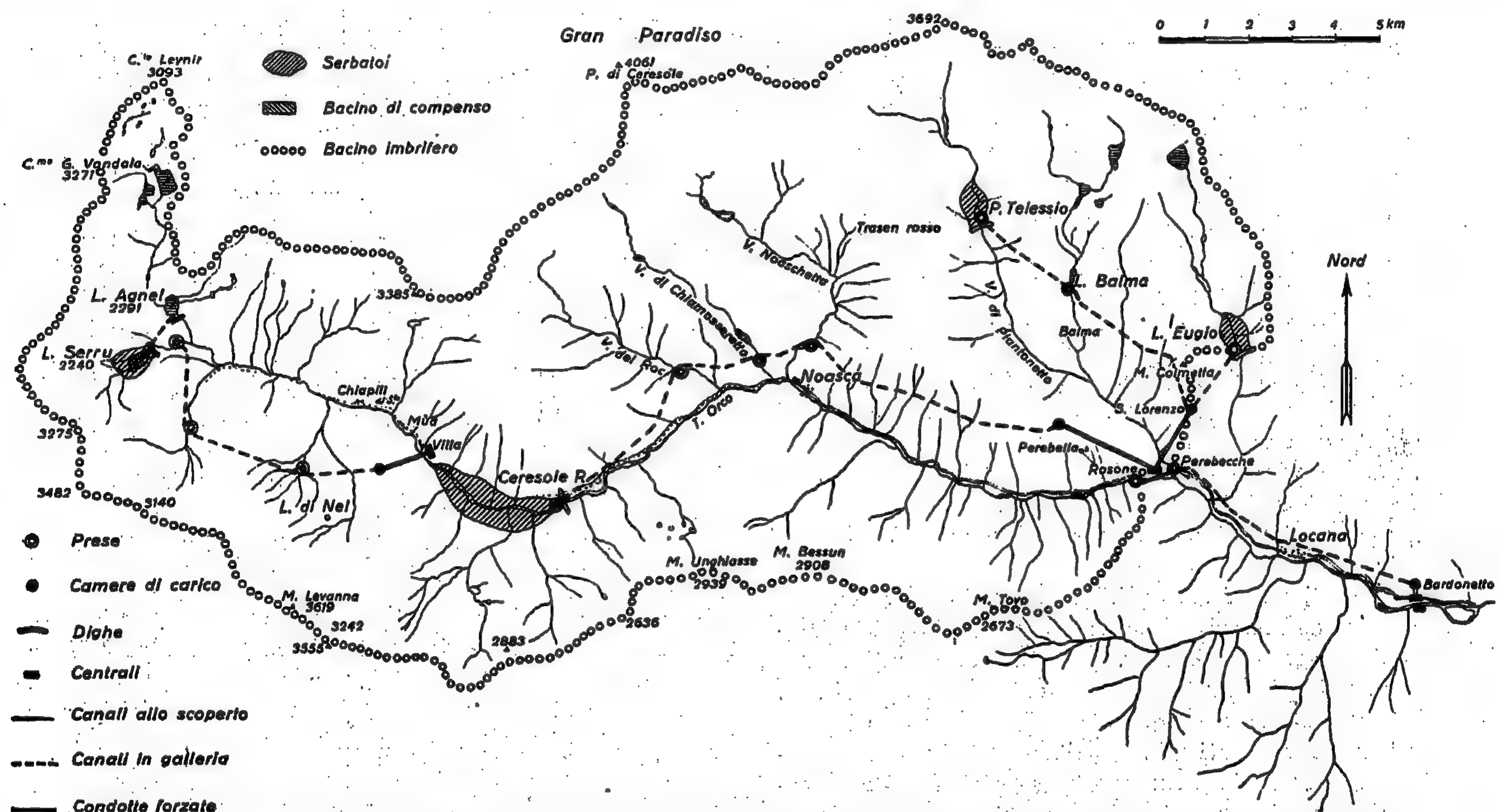


Fig. 1. - Corografia generale (definitiva) degli impianti progettati dal Municipio di Torino nell'alta valle dell'Orco.

All'ammissione in istruttoria dell'istanza provinciale, incompatibile con quelle precedenti, succedette un lungo periodo di controversie e di trattative, durante il quale il Municipio di Torino, che intendeva subentrare alla Provincia nella concessione da essa richiesta, presentò pure (nel 1918) un progetto di utilizzazione dell'alta valle dell'Orco, ancor più vasto ed organico di quello redatto dall'Ufficio tecnico provinciale.

Tale progetto, ispirato al concetto di realizzare la migliore e più completa utilizzazione della valle, con il minor frazionamento possibile degli impianti, prevedeva le quattro derivazioni seguenti:

(1) Descrizione desunta da una pubblicazione speciale edita a cura del Municipio di Torino e compilata dall'ing. Clemente Bornati, progettista degli impianti in oggetto.

1°) Derivazione dal lago Serrù con restituzione in regione Mua a monte di Ceresole Reale (1);

2°) Derivazione superiore dall'Orco con presa sotto l'abitato di Ceresole Reale in località Pis e restituzione a Rosone;

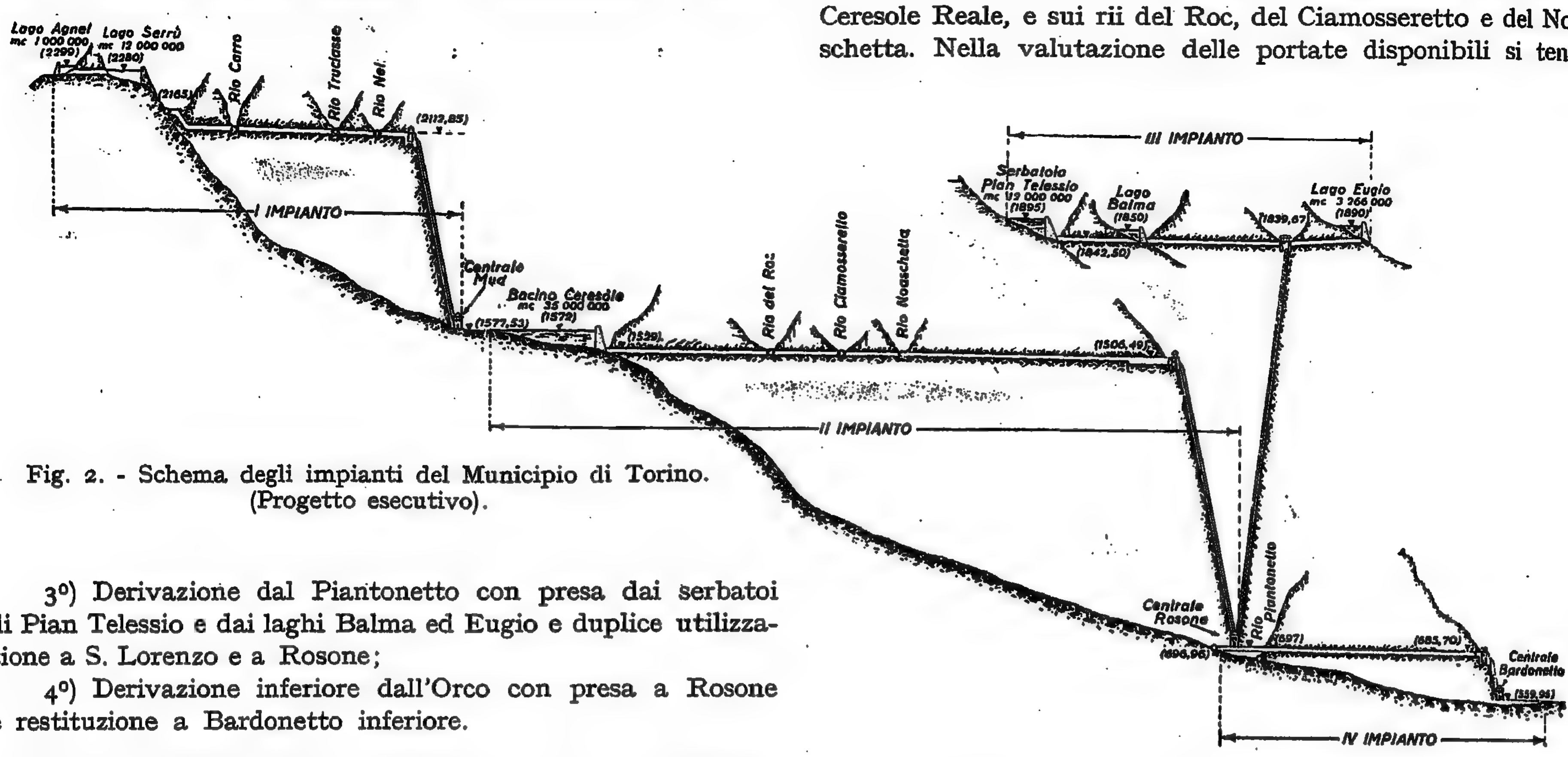


Fig. 2. - Schema degli impianti del Municipio di Torino. (Progetto esecutivo).

3°) Derivazione dal Piantonetto con presa dai serbatoi di Pian Telessio e dai laghi Balma ed Eugio e duplice utilizzazione a S. Lorenzo e a Rosone;

4°) Derivazione inferiore dall'Orco con presa a Rosone e restituzione a Bardonetto inferiore.

Queste derivazioni avrebbero utilizzato un salto complessivo di m 2780.76, consentendo lo sfruttamento di un potenza totale di kW 32000 riferiti a Torino, corrispondenti a una produzione media annua di 300.000.000 di kWh.

Il nuovo progetto venne presentato ad integrazione di quello provinciale. Esso infatti comprendeva tutte le derivazioni in quello già previste; ma oltre alla nuova derivazione dai laghi Serrù e Agnel e ad una diversa sistemazione di questi laghi, esso prevedeva anche un serbatoio della capacità di circa 6.000.000 di m³, in località Chiapili inferiore, a monte della centrale di Mua (1° salto) ed un altro grande serbatoio di 14 000 000 di m³ a Ceresole Reale.

La creazione di questi serbatoi, permettendo l'utilizzazione di un maggiore deflusso regolato, conferiva al progetto municipale, studiato e redatto dall'ing. Bornati, un'indiscutibile superiorità su quello precedentemente presentato dalla Provincia.

L'istruttoria delle domande concorrenti, le laboriose trattative fra gli Enti interessati e la compilazione del progetto esecutivo imposero tuttavia un nuovo lungo periodo di aspettativa che ebbe propriamente termine nell'aprile 1925, allorchè venne deliberata, da parte dell'Amministrazione comunale, l'esecuzione dell'impianto Ceresole Reale-Rosone in conformità del progetto definitivo già approvato nel febbraio dello stesso anno. Questo progetto, come si preciserà meglio nel paragrafo seguente, presentava diverse varianti rispetto a quello di massima, riguardanti sopratutto la 1ª e la 3ª derivazione e il numero e la capacità dei serbatoi di regolazione (v. figg. 1 e 2).

II – Cenni sul progetto esecutivo.

Caratteri idrografici dei bacini utilizzati.

In mancanza di dati idrometrici e di misure di portata sufficienti per stabilire il regime dell'Orco e dei suoi affluenti in corrispondenza delle divisate sezioni di presa e di sbarramento, la determinazione delle caratteristiche idrologiche relative alle diverse derivazioni venne condotta per via indiretta basandosi principalmente sui dati pluviometrici delle stazioni di Locana (m 615 s. l. m.), di Noasca (m 1200 s. l. m.) e di Ceresole Reale (m 1600 s. l. m.) nonchè su alcune misure di portata eseguite durante gli inverni 1909-10-11-12-13, e 1919-20-21 sull'Orco a Ceresole Reale, e sui rii del Roc, del Ciamosseretto e del Noaschetta. Nella valutazione delle portate disponibili si tenne conto, naturalmente, anche delle principali caratteristiche geografiche e morfologiche dei bacini considerati.

I risultati dell'indagine idrologica sono riassunti nel prospetto I.

In via esecutiva vennero progettati i seguenti serbatoi:

1°) laghi Serrù e Agnel posti in comunicazione fra di loro (Iª derivazione);

2°) serbatoio artificiale di Ceresole Reale in testa alla IIª derivazione;

3°) serbatoio di Pian Telessio e lago Eugio (IIIª derivazione).

Le capacità di invaso necessarie furono determinate partendo dal concetto di assicurare, a ciascuna delle tre derivazioni regolate dai predetti serbatoi, una portata continua pari a quella media di concessione, anche durante i periodi invernali (della durata di 150 ÷ 180 giorni).

Derivazione fra il lago Serrù e la borgata Mua.

Questa derivazione sarà l'ultima ad essere realizzata.

Secondo il progetto esecutivo attuale essa comprenderà un serbatoio stagionale di testa da crearsi mediante sbarramento del lago Serrù e collegamento di questo con il lago superiore Agnel a mezzo di apposita galleria.

La capacità utile del lago Serrù sarà di 12.000.000 di m³ circa; la diga di sbarramento avrà un'altezza massima di 36 m, compreso il franco.

Il lago Agnel sarà pure sbarrato con una modesta diga, dell'altezza di 10 m, allo scopo di creare una capacità di ritenuta di 1.100.000 m³, atta ad assicurare il battente necessario per la presa dell'acqua da versare nel Serrù e a consentire anche l'utilizzazione delle eventuali piene dovute a temporali o a rapidi scioglimenti di neve.

Il collegamento fra il lago Agnel e quello Serrù verrà stabilito mediante un canale in galleria della lunghezza di 740 m ed avente una sezione di 3,00 m² circa, con una pendenza del 2‰.

Gli organi di chiusura e di regolazione della presa dal lago Agnel saranno comandati a distanza dalla centrale.

Le acque del serbatoio Serrù, scaricate nell'alveo del torrente, verranno riprese e convogliate nel canale di derivazione

(1) L'utilizzazione dei contributi di questi laghi aveva formato oggetto anche di una concessione richiesta nel 1917 dalla Soc. Alta Italia (per lo sfruttamento di una portata media di 500 l/sec sotto un salto di 647 m).

PROSPETTO I.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI BACINI UTILIZZATI

DERIVAZIONE	Bacini imbriferi allacciati (e altitudine media in m s. l. m.)	SUPERFICIE (km²) parziale	SUPERFICIE (km²) progress.	ORIENTAMENTO OROGRAFICO	Estensione ghiacciai in % della superficie totale	Precipitazioni medie utilizzabili (mm)	Deflusso medio annuo probabile ($10^6 \cdot m^3$)	Deflusso medio disponibile per ogni derivazione ($10^6 \cdot m^3$)	Portata media disponibile (m^3/sec)	Portata media (in m^3/sec) concessa	Portata media (in m^3/sec) non utilizzata
I. Deriv. fra i laghi Serrù e Agnel e la borgata Villa (a valle di Mua)	L. Agnel (2600)	10,79	10,79	alte catene a Sud e a Ovest	6 %	1000	10,790				
	R. Serrù (2600)	5,52	16,31			1000	5,520				
	R. dei Basei (2600)	1,60	17,91			1000	1,600				
	R. del Carro (2500)	5,92	23,83	alte catene a Sud	38 %	1050	6,216				
	R. del Nel (2500)	8,76	32,59			1050	9,198	33,324	1,056	1,000	0,056
II. Deriv. dall'Orco fra Ceresole Reale e Rosone	T. Orco sino a P. Pis (1900)	87,86	87,86	alte catene a N, a S e a O	10 %	650	35.925				
	R. del Roc (2200)	12,27	100,13	alte catene a Nord; ad Ovest, pendii ripidi	13 %	900	11.043				
	R. Ciamosseretto (2200)	8,05	108,18			900	7,245				
	R. Noaschetta (2200)	25,17	133,35			900	22,653	110,190	3.494	3.000	0.49
III. Deriv. dal Piantonetto fra Pian Telessio, i laghi Balma ed Eugio e Rosone	Pian Telessio (2700)	15,85	15,85	alte catene a Nord; ad Est e a Ovest pendii ripidi	10 %	1050	16,642				
	L. Balma (2700)	11,38	27,23			1050	11,949				
	L. Eugio (2700)	10,48	37,71			1050	11,004	149,785	1,255	1,200	0,055
IV. Deriv. dall'Orco fra Rosone e Bardonetto inferiore	T. Orco sino a Rosone (1800)	198,17	198,17	alte catene a Sud	—	650	—				
	R. Piantonetto (2000)	60,61	258,78	alte catene a Nord	—	750	—	210,093	6,662	4,500	2,162

mediante una traversa di sbarramento e relative opere di presa, previste in località Prariond, a quota 2165 circa.

Il canale di derivazione, per la massima parte in galleria, si svolgerà in sponda destra e avrà una lunghezza di 6900 m circa. Lungo il suo percorso verrà alimentato anche dalle acque del rivo del Carro, del rivo Truciasse e del rivo del Nel, derivabili mediante modeste opere di presa di tipo normale. Il canale di derivazione terminerà in una piccola vasca di carico delle dimensioni medie di 8×6 m² di superficie con una profondità di circa 10 m, provvista di un sifone autolivellatore capace di smaltire la massima portata derivabile (2.5 m³/sec) e di una tubazione di scarico della lunghezza di 123 metri circa e del diametro variabile da 900 a 600 mm, oltre alle ordinarie opere accessorie di regolazione e di scarico di fondo. Da tale vasca avrà origine la condotta forzata, la quale sarà costituita da una tubazione ad andamento planimetrico rettilineo sino all'Orco, e da un ultimo tronco ad arco-ponte leggermente deviato rispetto alla direzione principale e sormontante il torrente, dopo il quale farà capo alla centrale, prevista in sponda sinistra. La condotta forzata avrà diametri variabili da 1150 a 750 mm, con tubi chiodati nella parte superiore e saldati nella inferiore e sarà lunga 1040 m circa (escluso il collettore).

La centrale è prevista per due gruppi con turbine Pelton della potenza di 8000 HP ciascuna e alternatori trifasi a 6700 V, 50 periodi, con eccitatrici coassiali.

È pure prevista l'installazione di due trasformatori elevatori da 6700/90000 V.

Il canale di scarico, della lunghezza di 160 m circa, sboccherà nell'Orco di fronte alla borgata Villa. Il salto medio utilizzabile con questa derivazione ammonterà a m 535,35 e la potenza media ritraibile sarà di 7138 HP nominali.

Derivazione dall'Orco fra Ceresole Reale e Rosone.

A questa derivazione, che è la principale di tutto il sistema e al tempo stesso la più conveniente dal lato economico, è stata data la precedenza in ordine di esecuzione ed è ormai praticamente ultimata. Mentre nel progetto di massima era stata prevista la costruzione di due serbatoi a monte della presa (quello di Chiapili della capacità di circa 6.000.000 di metri cubi e quello di Ceresole Reale con un invaso di 14.000.000 m³) studi più accurati misero in evidenza l'opportunità di rinunciare al serbatoio di Chiapili e di portare a 33 milioni di m³ circa l'in-

vaso del serbatoio di Ceresole Reale, realizzabile con una diga dell'altezza di 47 m, compreso il franco.

La derivazione si svolge in sponda sinistra fra la località Pis (alla presa dal serbatoio) e la borgata Rosone ove sorge la centrale. Lungo il percorso del canale di derivazione — a pelo libero e per la massima parte in galleria — vengono captate anche le acque dei rivi Roc, Ciamosseretto e Noaschetta, mediante opere di presa secondarie.

Il salto utilizzabile ammonta a m 809,50 e la potenza media continua ritraibile a 32.380 HP circa.

Le varie opere di questo impianto verranno partitamente descritte nel paragrafo III.

Derivazione dal Piantonetto fra Pian Telessio, i laghi Balma ed Eugio e la borgata Rosone.

Questa derivazione sarà sussidiata da due serbatoi stagionali. Il progetto di massima comprendeva l'esecuzione di tre serbatoi in luogo di due e precisamente: uno a Pian Telessio, di m^3 7.000.000 di capacità, uno al lago Balma per m^3 5.400.000 ed un terzo al lago Eugio per circa 3.000.000 di m^3. Ma durante la compilazione del progetto definitivo, i rilievi dettagliati del terreno ed un esame più accurato delle varie località mostrarono la convenienza di costruire una diga di maggior altezza (m 54,50) al Pian Telessio, per una capacità di ritenuta di 12.230.000 m^3, e di rinunciare alla creazione del serbatoio al lago Balma, il quale avrebbe richiesto una diga di altezza ragguardevole (50 m circa) affatto sproporzionata alla capacità conseguibile.

Al lago Eugio, la configurazione del terreno non consentiva uno sbarramento per un invaso superiore a 3.200.000 m^3, e perciò vennero mantenute per questo lago le condizioni previste nel progetto di massima.

La derivazione avrà inizio dal serbatoio del Pian Telessio (a quota 1895) con un canale in galleria che, attraversando la dorsale montuosa che separa il rio Piantonetto dall'emissario del Balma passerà a valle di questo e, ricevuto il suo contributo, proseguirà sino alla vasca di carico delle condotte forzate, in corrispondenza della centrale di Rosone.

Il primo tronco di canale, fra il Pian Telessio e il lago Balma, sarà lungo 2456 m circa; il lago Balma verrà sbarrato con una diga di piccola altezza atta a creare un invaso di 130.000 m^3. Il secondo tronco di galleria, fra il lago suddetto e la vasca di carico, in località La Colmetta, avrà uno sviluppo di 4230 m.

Alla stessa camera di carico giungeranno le acque derivate dal lago Eugio, sul torrente omonimo, il quale verrà pure sbarrato con una diga a gravità alta m 40,50 compreso il franco. Dalla vasca di carico della Colmetta avrà origine la condotta forzata, della lunghezza totale di m 2034, facente capo alla centrale di Rosone.

A partire dall'altezza di m 570 (a metà circa della sua lunghezza) la tubazione si biforcherà; il tronco superiore, costituito da tubi in parte chiodati e in parte saldati, avrà un diametro interno variabile da 1250 a 900 mm; le due tubazioni della metà inferiore della condotta sono previste del tipo saldato nella parte alta e del tipo cerchiato nella parte rimanente; i diametri esterni dei tubi cerchiati varieranno da mm 762 circa a 650.

La parte estrema della condotta attraverserà il rio Piantonetto mediante un ponte a due luci di 10 m ciascuna. Secondo il progetto attuale, la presente derivazione dovrà alimentare, sotto un salto medio di 1142,67 m, due turbine Pelton da 18 000 HP ciascuna, collegate a due alternatori trifasi a 6700 V, 50 periodi, installate nella centrale di Rosone.

Nel progetto di massima la centrale generatrice era progettata in località S. Lorenzo, ove si sarebbe utilizzato un primo salto di m 849.60; l'acqua di restituzione, con una presa sussidiaria dal Piantonetto, veniva condotta, mediante un breve tratto di canale in galleria, ad un'altra vasca di carico e di qui, utilizzando un nuovo salto di m 326,23 giungeva alla centrale di Rosone. Ma nell'ulteriore corso degli studi, il progetto venne modificato sopprimendo il salto intermedio di S. Lorenzo per manifeste ragioni di tornaconto economico.

Derivazione dall'Orco e dal Piantonetto fra Rosone e Bardonetto inferiore.

La derivazione non sarà direttamente provvista di serbatoi stagionali, ma verrà alimentata in massima parte dalle acque provenienti dalla centrale di Rosone, alla quale, come si è detto, faranno capo le due derivazioni superiori da Ceresole e dal Piantonetto, interamente regolate dai serbatoi sopra accennati.

Oltre alle acque restituite da detta centrale, la derivazione in oggetto utilizzerà anche i contributi dei bacini dell'Orco e del Piantonetto compresi fra le prese e lo scarico dell'impianto precedente.

La presa avrà inizio 400 m a monte di Rosone, a quota 697 circa, mediante un canale scoperto che, attraversata la strada a valle di questa borgata, passerà sotto la centrale omonima, attraverserà poi il rio Piantonetto su ponte-canale e si addentrerà successivamente nel fianco sinistro della valle dell'Orco, svolgendosi in galleria sino a breve distanza dalla vasca di carico.

La presa dall'Orco e dal Piantonetto verrà effettuata mediante piccole traverse tracimabili in conglomerato cementizio. Poichè le acque dei corsi d'acqua allacciati sono relativamente chiare e solo nei periodi di morbida tengono in sospensione piccole quantità di limo glaciale, peraltro difficilmente eliminabile, non sono state previste opere speciali di decantazione; l'acqua, nei periodi di maggiore portata solida, verrà immessa nel canale di derivazione attraverso appositi stramazzi con piccole lame tracimanti.

Il canale principale avrà uno sviluppo complessivo di 7622 m, dei quali 1165 circa all'aperto e i rimanenti 6457 in galleria. Esso è stato previsto per una portata massima di 11 m^3/sec. Dalla vasca di carico — delle modeste dimensioni di m $8 \times 6 \times 11$ circa e munita di un doppio sifone autolivellatore del tipo che verrà descritto al paragrafo seguente, oltre ai soliti organi di scarico profondo e di chiusura — avranno origine la condotta forzata, facente capo alla centrale di Bardonetto ed una condotta di scarico (per 11 m^3/sec) la quale sboccherà, attraverso un apposito dissipatore, nel canale di scarico della centrale stessa.

La condotta forzata avrà uno sviluppo di m 160 circa e sarà divisa in tre tronchi con diametri decrescenti da monte a valle (rispettivamente di 2200, 2000 e 1800 mm). I due tronchi superiori saranno in lamiera chiodata, e quello inferiore in lamiera saldata.

La tubazione di scarico sarà lunga m 154 circa ed avrà diametro variabile da 1600 a 1000 mm.

La centrale è prevista per due gruppi generatori da 8000 HP, costituiti, ognuno, da una turbina Francis a 600 giri per minuto e da un alternatore trifase a 6700 V, 50 periodi. Faranno pure parte del macchinario due turbine tipo Pelton, da 300 HP ciascuna, per l'azionamento delle eccitatrici a 125 V. Nella stessa centrale verranno installati anche due trasformatori elevatori 6700/90000 V. A valle della centrale di Bardonetto è prevista la costruzione di un serbatoio di compensazione, della capacità di 36000 m^3, avente lo scopo precipuo di assicurare all'Orco, dal 1° aprile a tutto settembre di ogni anno, una portata continua di 4,200 m^3/sec conformemente alle prescrizioni del disciplinare di concessione. Le portate restituite all'Orco verranno controllate mediante apposito stramazzo di misura, provvisto anche di apparecchio registratore.

La derivazione ora descritta utilizzerà un salto medio di m 125.75 producendo una potenza media di 7545 HP nominali.

III – Descrizione delle opere inerenti alla derivazione dall'Orco fra Ceresole Reale e Rosone.

Serbatoio di Ceresole Reale.

Il serbatoio di Ceresole Reale ha una capacità totale di circa 35 milioni di m³, di cui 32 utili. Con una lunghezza di 3 km e con una larghezza media di 600 m, ricoprirà a pieno invaso, un'area di 1,8 km² i quali, in precedenza, erano coltivati a pascolo e a bosco, eccettuata una piccola estensione occupata dal ghiaieto costituente il letto del torrente. Per la creazione di questo serbatoio è stata necessaria la costruzione di due dighe di dimensioni assai diverse: la maggiore, attraverso il letto dell'Orco in località Pis, e la minore in corrispondenza di una selletta laterale, sulla ponda sinistra della valle, un centinaio di metri circa a monte della stretta principale di sbarramento (v. figg. 3, 4).

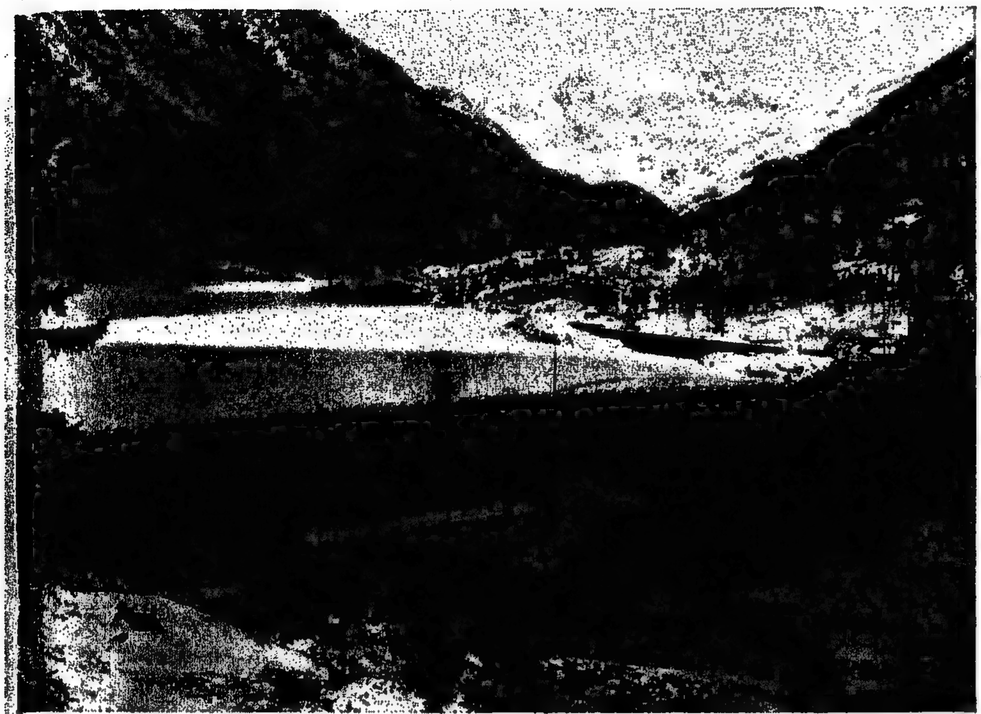


Fig. 3. - Veduta generale dei due sbarramenti di Ceresole Reale. (In primo piano, la diga maggiore; in fondo, a destra, quella minore; la fotografia mostra il serbatoio durante i forti geli invernali).

Nello specchietto seguente sono riportate le principali caratteristiche delle due dighe (v. anche figure 4, 5).

Elementi caratteristici	Diga maggiore	Diga minore
tipo dello sbarramento	a gravità in calcestruzzo colato con piccola percentuale di massi annegati; protezione del paramento a monte con manto Levy	a gravità in muratura di pietrame e malta cementizia, con drenaggio verso il paramento a monte
andamento planimetrico	arcuato (r = m 280)	rettilineo
massima altezza sulle fondazioni (m)	54	16
inclinazione del paramento a monte	0,04	0,04
inclinazione del paramento a valle	0,73 sino a q. 1552 0,843 nella p. inf.	0,666
larghezza alla base della sezione massima (m)	45	10,50
larghezza in sommità (m)	5	4
lunghezza del coronamento ....(m)	300 ~	180
quota dell'alveo primitivo a monte (m s.l.m.)	1524 ~	—
quota del ciglio (m s.l.m.)	1574	1574
quota del massimo livello d'acqua (m s.l.m.)	(1572.95)	(1572.95)
quota normale di invaso (m s.l.m.)	1572	1572
massima sollecitazione a compressione (Kg/cm²)	11,26 (par. a valle con serbatoio pieno)	*
volume complessivo della muratura.... (m³)	188.000	6.600

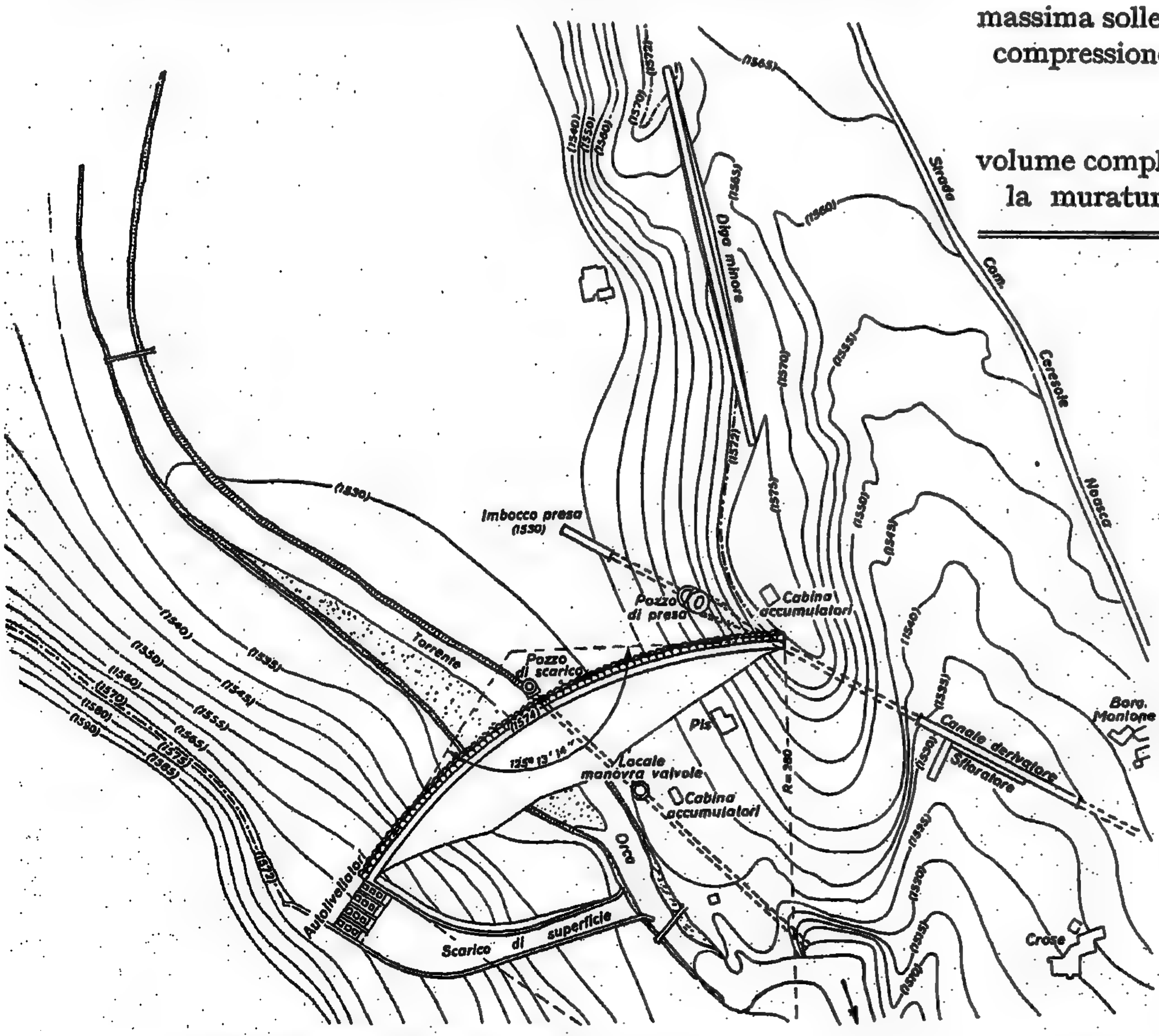


Fig. 4. - Planimetria delle opere di sbarramento, di scarico e di presa del serbatoio di Ceresole Reale.

Le superficie di appoggio di entrambe le dighe — su roccia viva opportunamente sistemata a gradoni o ravvivata in modo da formare una superficie scabra — furono previamente rivestite con uno strato di gunite dello spessore minimo di 4 cm.

Nella roccia di fondazione e in un tratto a monte della diga maggiore vennero praticate inoltre diverse iniezioni di cemento sotto pressione allo scopo di prevenire pericolose infiltrazioni d'acqua.

Contro il paramento a monte della diga principale è appoggiato un muro di protezione a volticine (v. figg. 5 e 6), le cui fondazioni si incastrano nel taglione di guardia e sono collegate a quelle del massiccio murario mediante un robusto solettone di calcestruzzo. Gli archi del manto protettivo hanno tutti l'estradosso a raggio costante, di m 2, mentre il raggio dell'intradosso varia da m 1 in basso a m 1,50 in alto, mediante riseghe di 5 e 6 cm ogni 6 m; lo spessore degli archi varia quindi da m 1 nella parte inferiore a m 0,50 in sommità.

Le singole volte sono collegate al corpo della diga mediante incastri verticali a coda di rondine. Prima della costruzione del manto di protezione, il paramento a monte del massiccio murario (comprese le scanalature di incastro) venne rivestito con un sottile intonaco liscio di cemento, eseguito a mano. Gli archi furono poi alla loro volta intonacati all'estradosso con uno strato di gunite di 2 cm circa ed un altro strato di ugual spessore di intonaco liscio eseguito a mano, con l'interposizione di una reticella metallica. La superficie bagnata è stata infine spalmata con vernice impermeabilizzante.

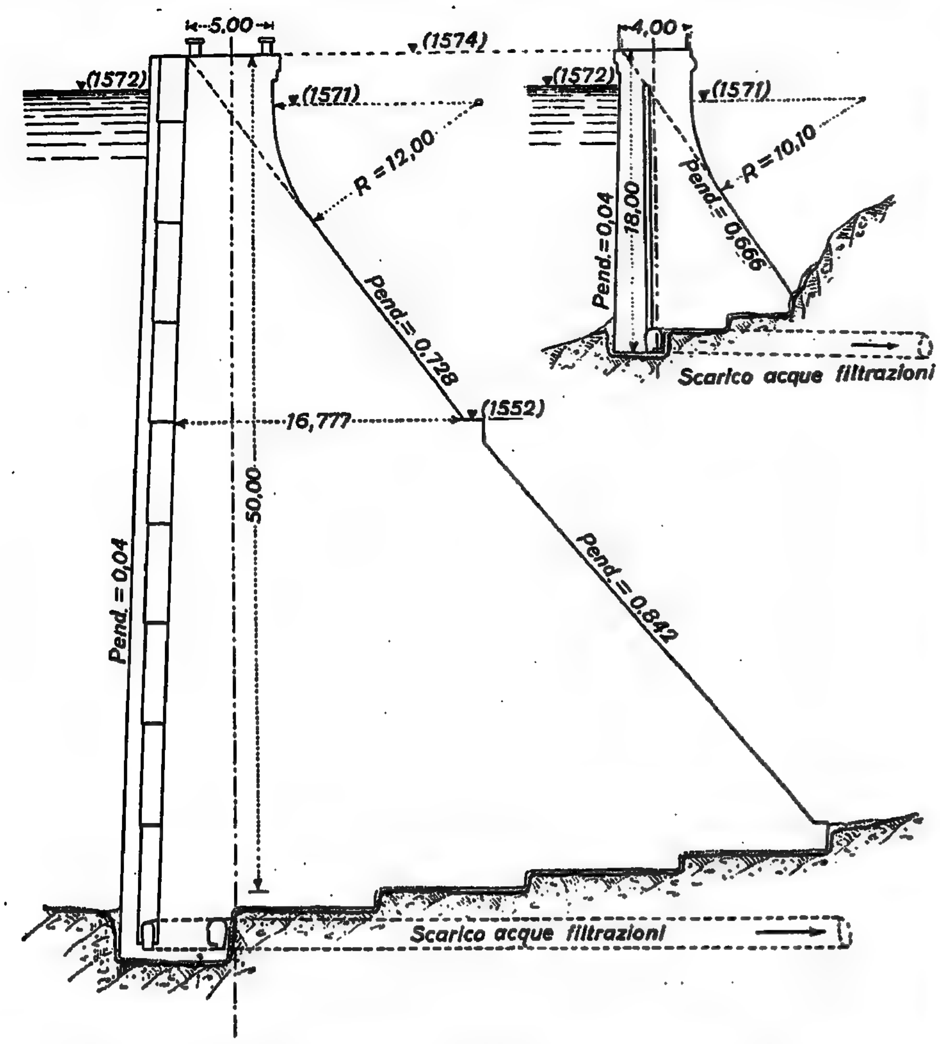


Fig. 5. - Sezioni trasversali delle dighe di Ceresole Reale.

Ogni cinque archi, il muro di protezione presenta un giunto di dilatazione, protetto da un rivestimento impermeabile elastico tipo Siemens e da una soletta coprigiunto in ecmento armato.

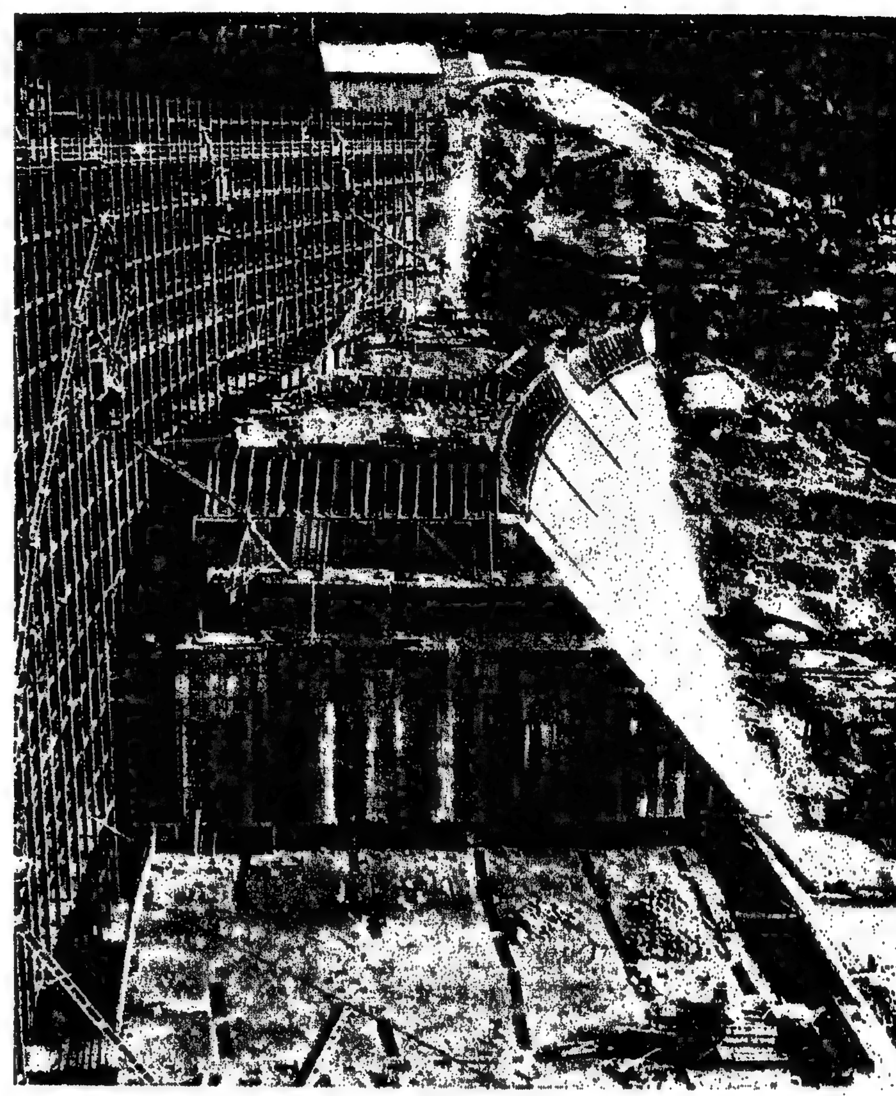


Fig. 7. - La diga principale di Ceresole Reale in costruzione. (Veduta particolare di un giunto di contrazione e dei piani di ripresa).

L'acqua di infiltrazione che passa attraverso il manto di guardia viene raccolta in una galleria longitudinale che corre a quota alquanto inferiore a quella della fondazione della diga ed è messa in comunicazione con la galleria di scarico profondo, mediante apposito cunicolo. Nel corpo della diga non è stato praticato che un cunicolo longitudinale di ispezione, a tergo del taglione.

I vani semicilindrici, quasi verticali, fra il manto di protezione e il massiccio murario, nonchè i cunicoli anzidetti, permettono l'ispezione del paramento a monte e un diligente controllo delle condizioni dell'opera per riguardo alle infiltrazioni, alle sottopressioni ecc. Ai pozzi del muro di protezione si accede mediante un apposito montacarichi a cabina (della portata di 250 kg), sostenuto da una gru a braccio fisso, spostabile su rotaie lungo il ciglio della diga.

Attraverso il corpo murario di questa erano stati lasciati, durante la costruzione, dei giunti provvisori di contrazione (v. figura 7), della larghezza di circa 1 m e distanti m 25 l'uno dall'altro, i quali vennero poi gradatamente richiusi e sigillati a ritiro avvenuto delle masse murarie interessate.

Il conglomerato cementizio adottato per la muratura della diga principale aveva la seguente composizione: 0,400 m³ di sabbia, 0,800 m³ di ghiaia e pietrisco, 200 kg di cemento ad a. r. e

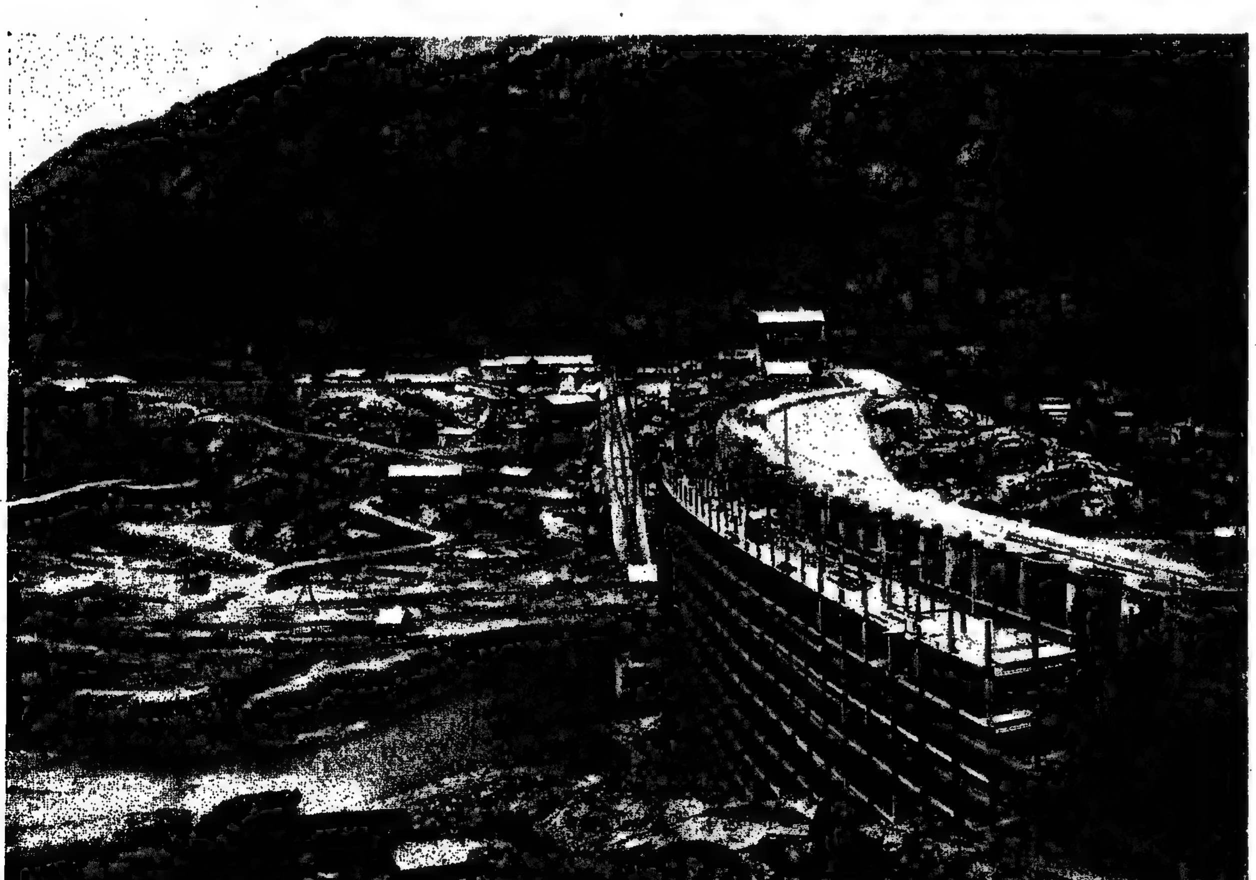


Fig. 6. - La diga principale di Ceresole Reale in costruzione. Veduta particolare del manto di protezione sistema Levy. (A sinistra: la diga minore pressochè ultimata).

200 ÷ 220 l. d'acqua per ogni m³ di miscela. Nel calcestruzzo venne annegato anche del pietrame in quantità non superiore al 15% circa; tale provvedimento fu preso sopratutto in considerazione dell'eventualità, tuttavia poco probabile, di incontrare una deficenza di ghiaia e di sabbia nei depositi alluvionali del letto dell'Orco, a monte della diga, donde si ricavavano i materiali aggregati.

La diga minore, come si è detto, è stata costruita invece in muratura di pietrame e malta cementizia dosata a 550 kg di cemento per m³ di sabbia. Essa è munita di un sistema drenante costituito da canne cilindriche verticali del diametro di m 0,20 e distanti due metri l'una dall'altra e m 1,50 dal paramento a monte. Dette canne fanno capo inferiormente ad un cunicolo praticabile longitudinale, il quale comunica con l'esterno mediante un secondo cunicolo trasversale. Nella diga sono stati praticati anche due giunti permanenti di dilatazione alla distanza di m 40, i quali interessano tutta la sezione della muratura nella sua parte superiore e sono protetti verso monte col sistema elastico Siemens già prima accennato. Sul paramento a monte della diga è stato eseguito un duplice rivestimento con gunite e intonaco di cemento lisciato, analogo a quello adottato per la superficie bagnata del manto di protezione della diga principale.

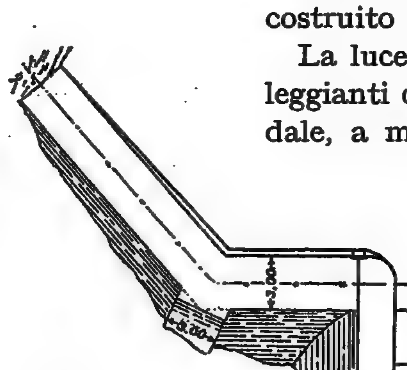
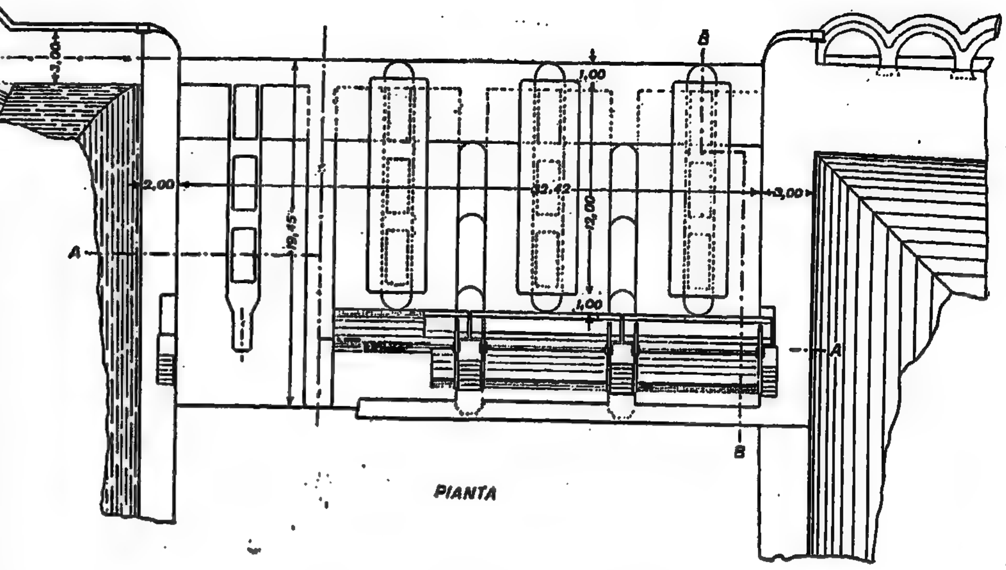
Per lo smaltimento delle acque di piena a serbatoio completamente invasato, si sono costruiti, in prosecuzione della diga maggiore in sponda destra, quattro gruppi di autolivellatori sistema Noè, composti ciascuno di tre sifoni con doppio labbro sfiorante (v. fig. 8). La luce netta di deflusso di questi sifoni misura complessivamente 45 m² e la loro capacità di scarico viene valutata (forse un poco ottimisticamente) a circa 300 m³/sec, in base ad un dislivello di 4.60÷5.00 m fra il pelo dell'acqua nel serbatoio e quello del canale di scarico.

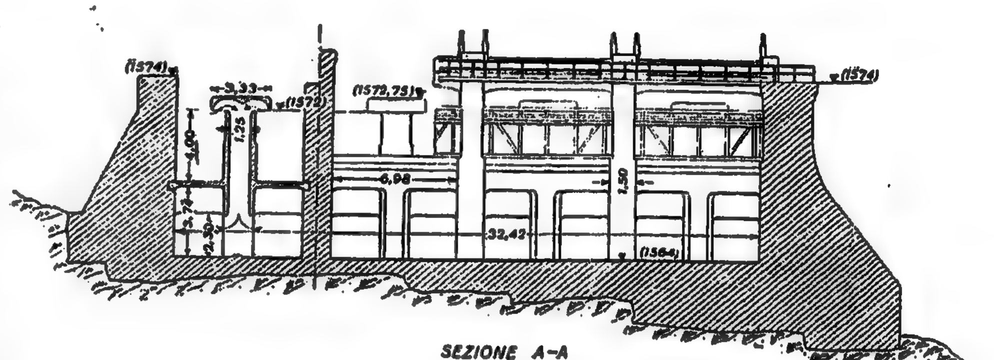
Immediatamente a valle degli autolivellatori, nei vani compresi fra i muri di separazione delle camere di scarico dei sifoni, sono state installate anche quattro paratoie sussidiarie a funzionamento automatico, del tipo a ventola con bilanceri superiori (v. fig. 8). Tali paratoie hanno, ciascuna, una luce di m 6.98 di larghezza per m 2.75 di ritenuta normale e il ciglio a quota 1572,30, non dovendo mai entrare in funzione prima degli autolivellatori a sifone. Esse sono state tarate in modo da cominciare ad abbassarsi per una sopraelevazione del livello a monte di 5÷10 cm (rispetto alla quota del ciglio sfiorante) e da essere completamente abbassate quando la detta sopraelevazione abbia raggiunto 20 cm. È facile verificare che, con una sopraelevazione massima di m 0,95 sopra il livello normale di ritenuta, tali paratoie sarebbero in grado di smaltire da sole quasi tutta la portata di massima piena prevista (300 m³/sec circa). Nonostante l'elevata altitudine del serbatoio non si è ritenuto necessario l'impianto di speciali dispositivi atti ad impedire il congelamento dell'acqua nella zona dello scaricatore di superficie perchè, all'epoca dei forti geli, il pelo liquido del serbatoio si trova già a quota molto più bassa della normale e perciò il ghiaccio non può più interessare le opere di scarico superficiali.

Le acque sfioranti vengono restituite all'Orco un centinaio di metri a valle dello sbarramento, mediante un apposito canale aperto scavato in roccia e con sponde in muratura.

Lo scarico profondo o di alleggerimento del serbatoio è costituito da un'ampia galleria scavata al disotto della diga e comunicante col serbatoio mediante un breve pozzo verticale del diametro minimo di m 3, parte scavato nella roccia e parte costruito in muratura, col ciglio a quota 1533 (v. fig. 9).

La luce di imbocco di questo pozzo è protetta contro i galleggianti da una robusta griglia fissa di forma tronco-piramidale, a maglie di 80 mm di larghezza.



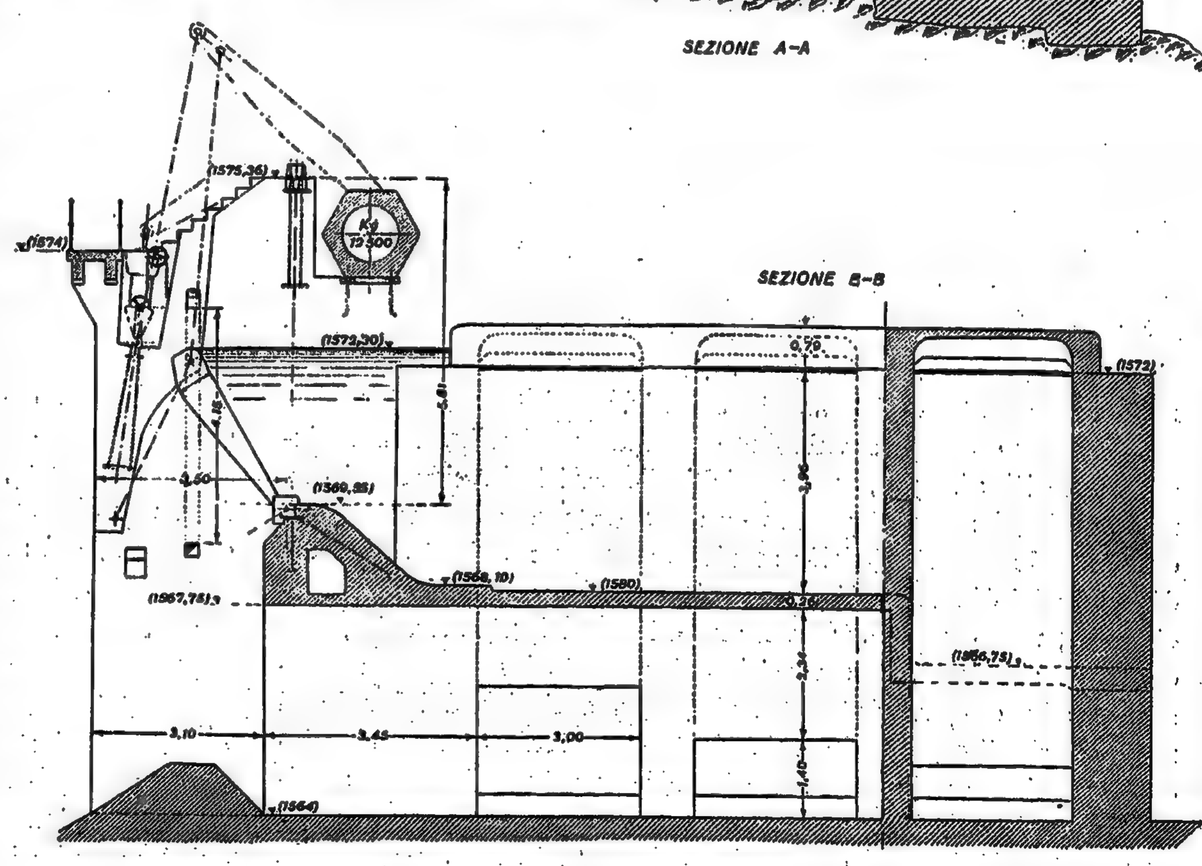


Fig. 8. - Opere di scarico superficiale del serbatoio di Ceresole Reale.

Nella parete a monte del tronco superiore del pozzo sono aperte, alle quote 1529 e 1520,50, due luci di 2 × 2 m², entrambe munite di griglie e la inferiore delle quali è anche provvista di paratoia; esse hanno servito per lo scarico delle acque durante i lavori.

La galleria orizzontale susseguente al pozzo ha l'asse a quota 1510 e, nel tratto sottostante alla diga, accoglie due tubazioni metalliche chiodate, del diametro interno di m 2,10, fissate alle estremità mediante robusti ancoraggi di calcestruzzo. Ogni tubazione è munita, a valle del secondo ancoraggio, di una val-

vola a farfalla e di una valvola a fuso con otturatore cilindrico. Le valvole a farfalla sono manovrabili dalla sommità di un pozzo (praticato a valle della diga) mediante un duplice sistema di coppie coniche ed elicoidali che possono venire azionate a mano oppure da due motori elettrici indipendenti, uno dei quali a corrente alternata, alimentato da una linea provenien-

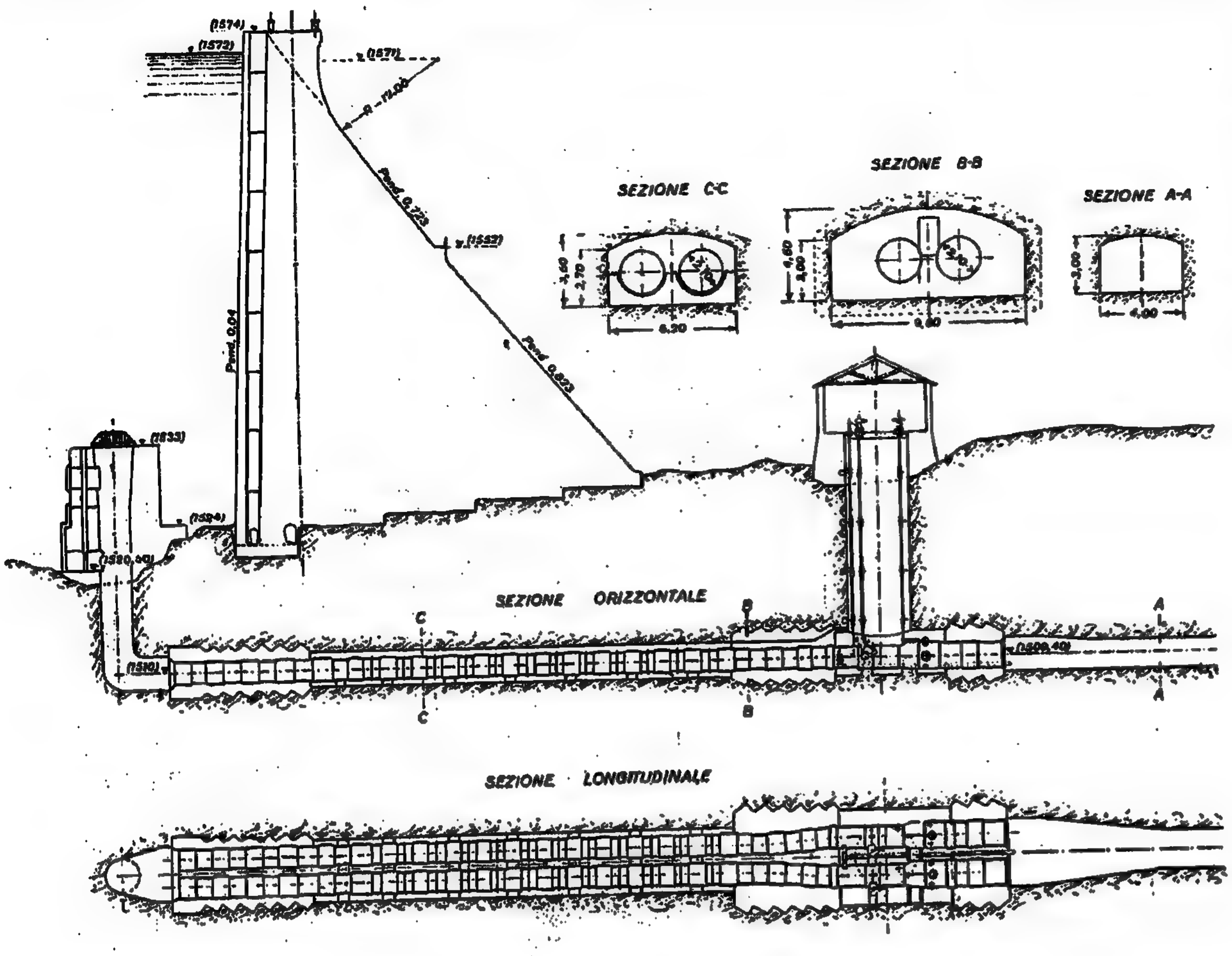


Fig. 9. - Scarico di fondo.

te dalla centrale, ed uno a c. c. alimentato da accumulatori di riserva.

Le valvole equiliberate a fuso, aventi una luce di deflusso di 1500 mm di diametro, sono pure manovrabili mediante dispositivi meccanici azionabili nei tre modi accennati per le valvole a farfalla. A ciascuna valvola a fuso fa seguito un tronco di tubazione in lamiera di acciaio del diametro interno di m 2.70 e della lunghezza di 6 m, che immette in una galleria della sezione di 4×3 m² e lunga 113 m, la quale sbocca a sua volta nell'Orco, a valle della cascata del Pis.

Per poter erogare, a valvole completamente chiuse, una piccola quantità d'acqua, quale è richiesta per l'irrigazione dei terreni a valle, è stata disposta una apposita presa alimentata da entrambe le tubazioni dello scarico profondo mediante un tubo d'acciaio del diametro di 300 mm il quale è munito di due saracinesche, una comandata a mano e l'altra, quella a valle, con comando rinviato alla sommità del pozzo di manovra sovrastante alla camera delle valvole. In prossimità del locale di manovra degli organi di scarico è stato costruito anche un piccolo fabbricato nel quale sono installati: un trasformatore trifase 10000/220 V, da 120 kVA e un gruppo motore-dinamo da 37 HP, adibito alla conversione della corrente alternata in corrente continua a 120 V per la carica di una batteria di accumulatori di riserva. Questi sono allogati in una camera attigua a quella del trasformatore e del gruppo convertitore ed hanno una potenza di 24 HP con una tensione finale di 120 V.

Canale di derivazione e opere di presa (principale e secondarie).

L'opera di presa dal serbatoio di Ceresole Reale sorge in sponda sinistra del serbatoio stesso, poco a monte della diga di sbarramento, ed è costituita da un tronco iniziale di galleria (larga m 6, alta m 7 e della lunghezza di m 62,30) che fa capo a tre brevi tubazioni metalliche alle quali sono connessi gli organi di protezione, di chiusura e di regolazione, comandabili dalla sommità di un apposito pozzo di manovra (v. fig. 10).

Immediatamente a valle di questo pozzo ha inizio il canale di derivazione vero e proprio, a pelo libero, il quale ha uno sviluppo complessivo di 14666 m circa, di cui 14572 in galleria.

Delle tre tubazioni di presa sopra accennate, due hanno l'asse a quota 1532.50 ed una a quota 1536,00. Ciascuna delle due inferiori è protetta a monte da una griglia a sacco, sollevabile (per la pulitura) sino a quota 1550; quella superiore, invece, è protetta da una griglia a cerniera, abbattibile sopra la bocca di un pozzetto di spurgo attraverso il quale si può effettuarne la pulitura mediante una forte cacciata d'acqua. Il pozzetto è seguito da una piccola condotta sboccante a valle del pozzo di manovra e munita di due saracinesche a mano (di cui una di riserva).

Le luci di imbocco delle tre tubazioni (del diametro di m 1,70) sono munite di paratoie circolari (del diametro di m 2) scorrevoli entro le guide piallate di tre telai ancorati alla parete esterna del pozzo di manovra e direttamente collegati alle tubazioni.

Queste paratoie sono manovrabili dalla sommità del pozzo mediante aste a vite collegate inferiormente ai rispettivi tralicci di sospensione. Il meccanismo di sollevamento è azionabile a mano e mediante due motori elettrici indipendenti, come nel caso degli organi di chiusura dello scarico profondo.

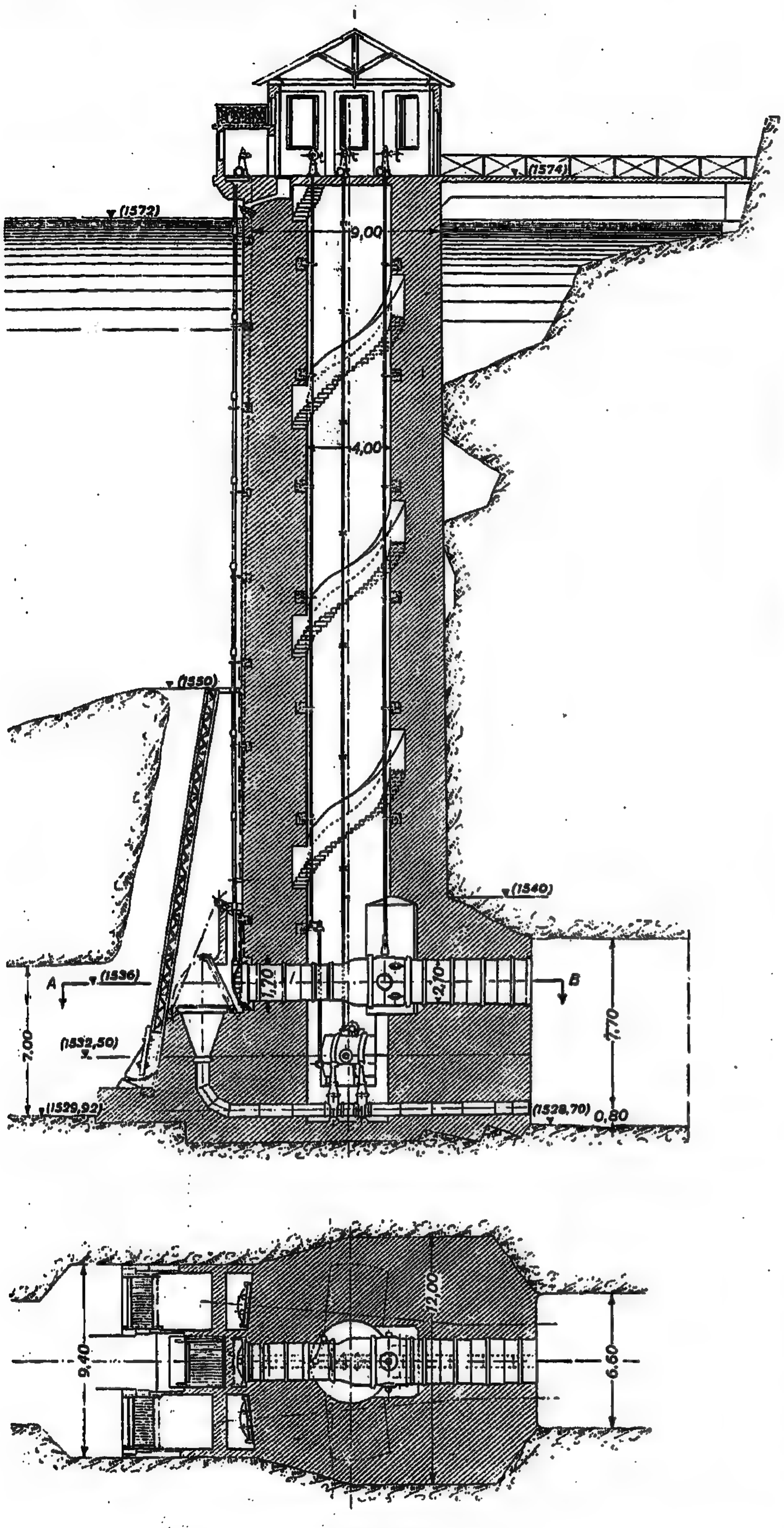
L'erogazione della portata richiesta dall'impianto vien fatta normalmente attraverso la tubazione superiore; quelle inferiori vengono usate soltanto quando il livello del serbatoio scende al disotto della quota 1541÷42. Per tale ragione, si è inserita nella tubazione superiore, per la regolazione della portata derivabile, una valvola equilibrata a fuso, dello stesso tipo di quelle applicate allo scarico di fondo del serbatoio, avente una luce d'efflusso di 1200 mm di diametro e manovrabile dalla sommità del pozzo di comando mediante due motori elettrici indipendenti (di cui uno di riserva). La portata massima erogabile è di 9 m³/sec. Le tubazioni inferiori, alle quali si ricorre solo raramente, sono munite invece di una valvola a farfalla per ciascuna, pure manovrabili dalla camera superiore di comando, coi soliti mezzi già descritti per lo scarico di fondo.

A valle delle valvole di regolazione, i tre tubi di presa si allargano assumendo un diametro interno di m 2,10.

Il pozzo di presa è interamente costruito in conglomerato cementizio e presenta un diametro interno di m 4, uno spessore di parete di m 2,50 e una profondità m 40. Esternamente è rivestito con doppio strato di intonaco di cemento, con interposizione di una reticella metallica. I meccanismi di manovra degli organi di protezione, di chiusura e di regolazione della presa sono allogati in un apposito locale sovrastante al pozzo e al quale si accede a mezzo di una breve passerella. In prossimità del pozzo è stato costruito anche un piccolo fabbricato simile a quello posto in vicinanza della camera di manovra dello scarico di fondo, per l'installazione di un trasformatore, di un gruppo convertitore e di una batteria di accumulatori adibiti ai servizi ausiliari locali.

A valle del pozzo di presa, il canale di derivazione, che ha una pendenza costante dell'1,50 ‰, percorre un primo tratto di m 116.64 in galleria, con una sezione di m² 3×3; indi attraversa un piccolo avvallamento, con un tratto all'aperto di m 95,

e dopo di questo rientra nuovamente in galleria, ove si mantiene sino alla vasca di carico della condotta forzata. Nel tratto all'aperto ora accennato, è sistemato, in fregio al canale, uno sfioratore modulatore della lunghezza di 40 m circa, il quale è preceduto da due luci di scarico delle dimensioni di m² 1,15 × 3,10



Sez. A-B

Fig. 10. - Opera di presa (principale) dal serbatoio di Ceresole Reale.

ciascuna, chiuse da due paratoie di tipo comune con telaio di ferri profilati, parete di ritenuta in lamierino, e asta di sollevamento a cremagliera. In questo tratto il canale presenta sezione trapezia con larghezza di m 1.90 alla base e battente massimo di m 2,10. Il nuovo imbocco della galleria è protetto da una griglia larga m 1,90 e alta m 2,65, alla quale fa seguito una paratoia dello stesso tipo delle precedenti, che serve a sbarrare il canale nel caso in cui il primo tratto di esso debba servire da scarico ausiliario del serbatoio (attraverso le due luci che precedono lo sfioratore).

Nel lungo tratto di canale che si svolge fra questo imbocco e la vasca di accumulazione (precedente il bacino di carico), sono stati adottati, a seconda delle condizioni del terreno attraversato, i quattro tipi di sezione rappresentati nella fig. 11. Le lunghezze complessive dei tronchi lungo i quali sono stati applicati i singoli tipi di sezione, risultano dallo specchietto seguente:

sezione tipo	*a*)	m	3957,35
» »	*b*)	»	1524,82
» »	*c*)	»	1084,44
» »	*d*)	»	7888,46

La galleria-canale è stata scavata senza speciali difficoltà, se si eccettua qualche tratto in cui furono trovate abbondanti

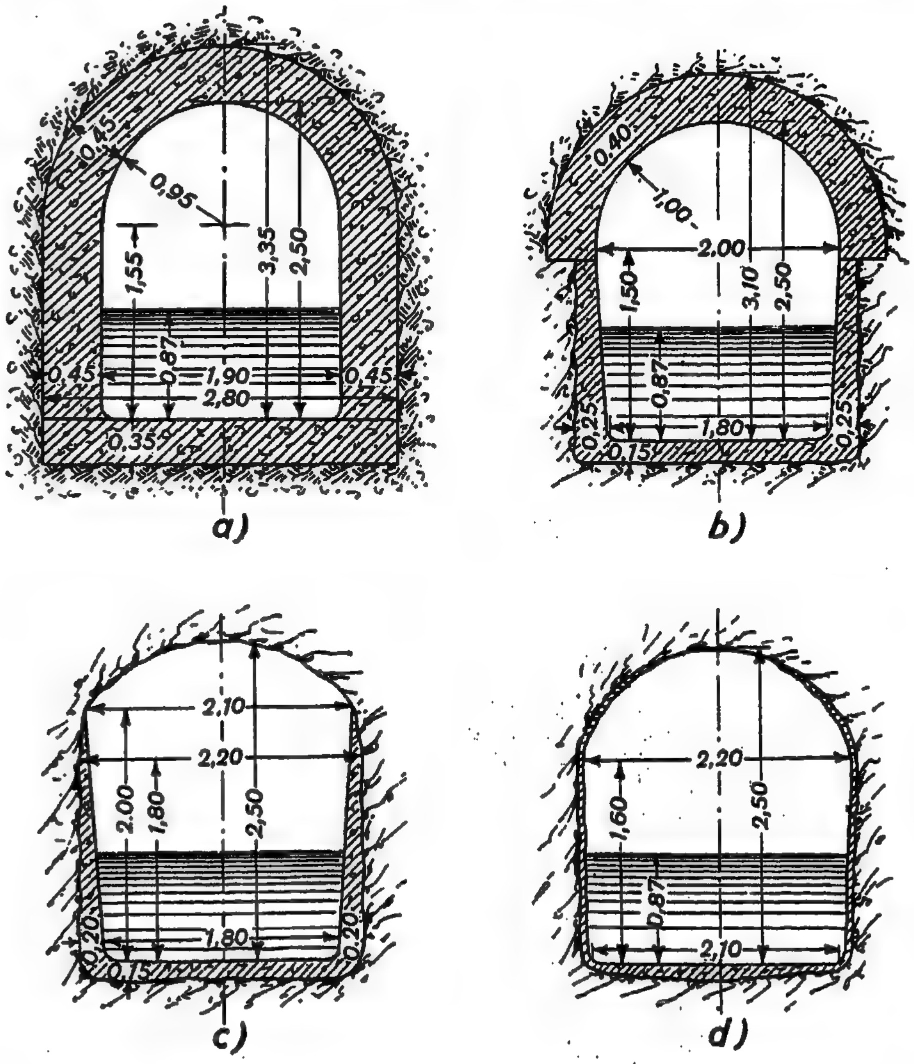


Fig. 11. - Sezioni-tipo adottate per la galleria di derivazione del serbatoio di Ceresole Reale.

infiltrazioni, specialmente sotto i torrenti attraversati. L'andamento planimetrico della galleria, costituito da una successione di rettifili e di curve, le quali non hanno mai raggio inferiore a m 25, è stato progettato in modo da poter ridurre la lunghezza dei singoli tratti da perforare, mediante l'apertura di numerose finestre (21 in tutto), consentendo un lavoro più rapido e meno costoso.

Lungo il suo percorso il canale di derivazione è alimentato anche dalle acque derivate dai rivi Roc, Ciamosseretto e Noaschetta. Ciascuna delle tre prese sussidiarie comprende:

1°) una traversa tracimabile con nucleo di calcestruzzo e rivestimento di pietrame, munita di scarico di fondo;

2°) un imbocco normale di presa con griglia di protezione e paratoia di chiusura;

3°) un breve canale di sedimentazione, pure munito di scarico di fondo, e dal quale l'acqua può passare a quello derivatore mediante uno stramazzo o attraverso una luce a battente provvista di paratoia;

4°) un breve canale derivatore il quale fa capo al canale principale ed è munito di uno sfioratore modulatore della lunghezza di 10 m circa.

Al termine del canale di derivazione vero e proprio (e cioè alla progressiva 14728,27 contata a partire dal serbatoio) la

sezione della galleria si allarga e si approfondisce sensibilmente per dar luogo ad una vasca di accumulazione della lunghezza di 1042 m ed avente una sezione di m² 6 × 7 ad eccezione di un tratto intermedio, di circa m 140, nel quale si è dovuto

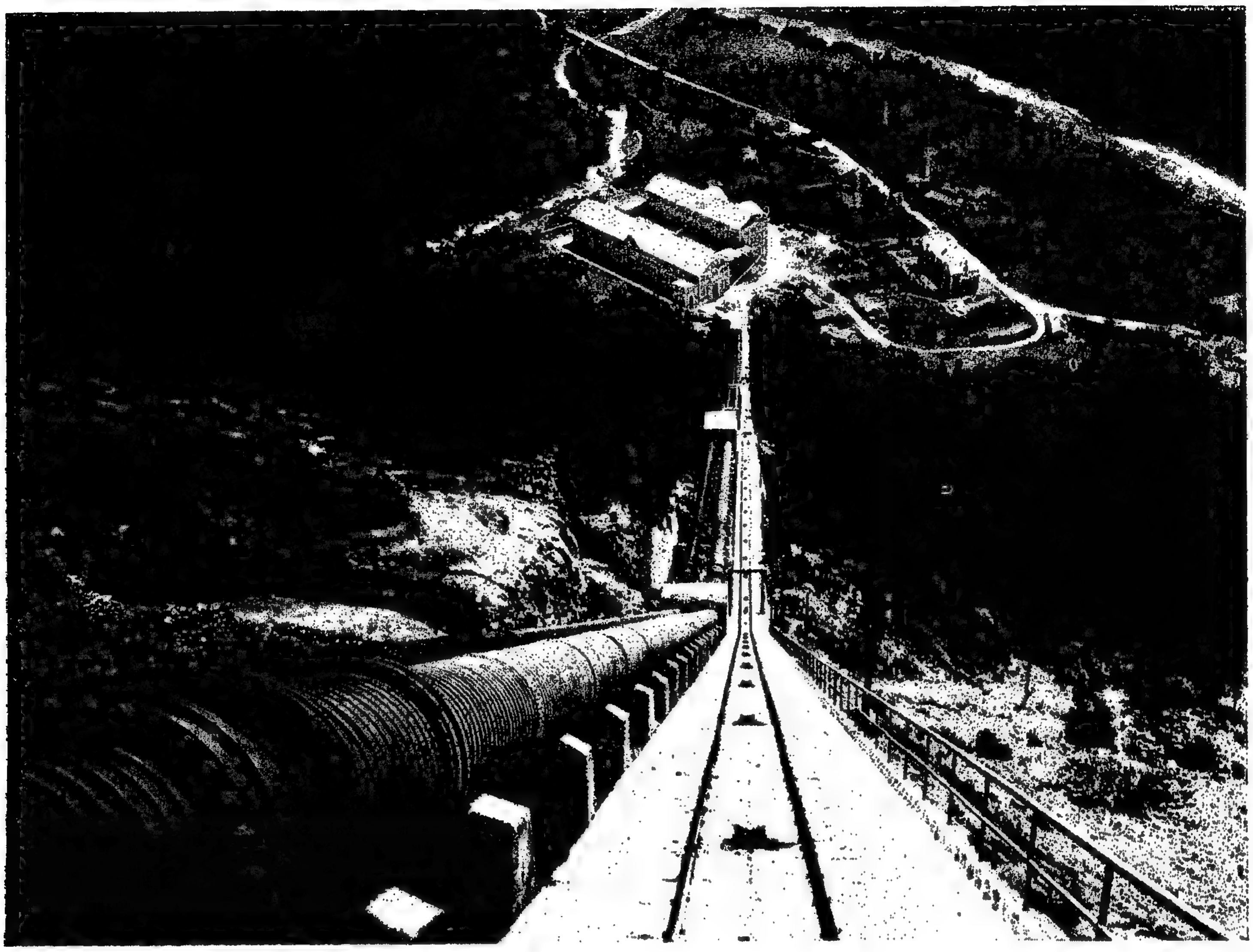


Fig. 12. - Veduta d'insieme della parte inferiore della condotta forzata e della Centrale di Rosone.

mantenere una sezione di soli 5,25 m² causa la natura scistosa della roccia. Le sezioni tipo adottate per la galleria allargata sono due: una con rivestimento completo di calcestruzzo e intonaco liscio di cemento e un'altra con platea in calcestruzzo e pareti semplicemente intonacate con *cement-gun* sino a m 0,20 sopra il massimo livello dell'acqua.

A valle della vasca di accumulazione si trova un piccolo bacino di carico dal quale partono, da un lato, la condotta forzata e dall'altro la condotta di scarico delle acque di supero, smaltite attraverso una batteria di due sifoni autolivellatori sistema Noè aventi una luce d'efflusso totale di 3,84 m². Il bacino è munito anche di uno scarico di fondo praticato lateralmente alla batteria dei sifoni e che immette nella stessa condotta di scarico.

Questa è costituita da una tubazione metallica (saldata a gas d'acqua) della lunghezza di m 423,75, con un dislivello fra gli estremi di m 137, e funzionante a canaletta. Essa è stata calcolata per una portata di circa 12 m³/sec ed è provvista, nei gomiti altimetrici, di valvole di rientrata d'aria che ne assicurano la ventilazione.

Il diametro interno della condotta decresce da monte a valle nel modo seguente:

in un 1° tratto	di m	40	varia da 2000 a 1500 mm		
» » 2°	» » »	121,25	rimane costante,	di	1500 mm
» » 3°	» » »	103,25	»	»	1300 »
» » 4°	» » »	159,25	»	»	1000 »

Lo spessore dei tubi è di 9 mm nei tronchi rettilinei e di 10 mm nei gomiti e nel tronco conico d'imbocco.

La condotta appoggia su selle rivestite di lamiera ed è ancorata a robusti blocchi di calcestruzzo in corrispondenza dei vertici; ogni due ancoraggi è anche munita di un giunto di dilatazione. La tubazione fa capo ad un pozzo scavato nella roccia compatta e da questo le acque di scarico defluiscono, mediante una breve galleria, in un canalone naturale che le restituisce al torrente Piantonetto in località Valsoani, a monte d S. Lorenzo.

Condotta forzata (v. fig. 12).

La condotta forzata che alimenta la centrale di Rosone costituita da due tubazioni metalliche le quali hanno origi da due pozzi distinti, ricavati all'estremità del bacino di caric sopra accennato. Ognuno di questi, delle dimensioni d m 6 × 6 × 13.50 circa, è provvisto a monte di una griglia rettan golare larga m 3 ed alta m 6.80 e di una paratoia di tipo nor male, munita di *by-pass* ed avente una larghezza di m 3, un'al tezza di m 2.50, e una ritenuta di m 6.10.

Al disopra dei due pozzi sorge la casa del guardiano, compren dente, oltre a sei camere di abitazione, due locali di servizio quali fanno capo i comandi di due piccole paratoie adibit insieme ad una breve condotta, allo scarico dei pozzi stessi.

Ciascuna delle tubazioni forzate che partono dal bacino carico è stata prevista per una portata di m³/sec 4.500, con un perdita di carico complessiva pari al 5% circa del salto dispo nibile (di m 810); ha uno sviluppo totale di m 1826.30 ed è d visa in sei tronchi aventi diametri decrescenti da monte valle, fra 1450 e 1065 mm.

Ogni condotta è eseguita con due tipi diversi di tubi: chi dati e cerchiati; la lunghezza complessiva dei primi è di m 63 e quella dei secondi, di m 1189,30 circa.

Immediatamente a valle dell'imbocco (che ha luogo sott un battente di m 11 circa), ogni tubazione è munita di una val

vola di sicurezza a farfalla, del diametro interno di 1600 mm, con tre comandi distinti: automatico, elettrico (a distanza) e a mano, tutti indipendenti fra loro. La chiusura completa (automatica o volontaria) di queste valvole dovrebbe compiersi in un tempo compreso fra 30 e 50 secondi.

Dopo le valvole a farfalla, le condotte sono provviste di due tubi per la rientrata d'aria della lunghezza, ciascuno, di m 13.20 circa e del diametro di 750 mm. Lungo il proprio percorso, ogni

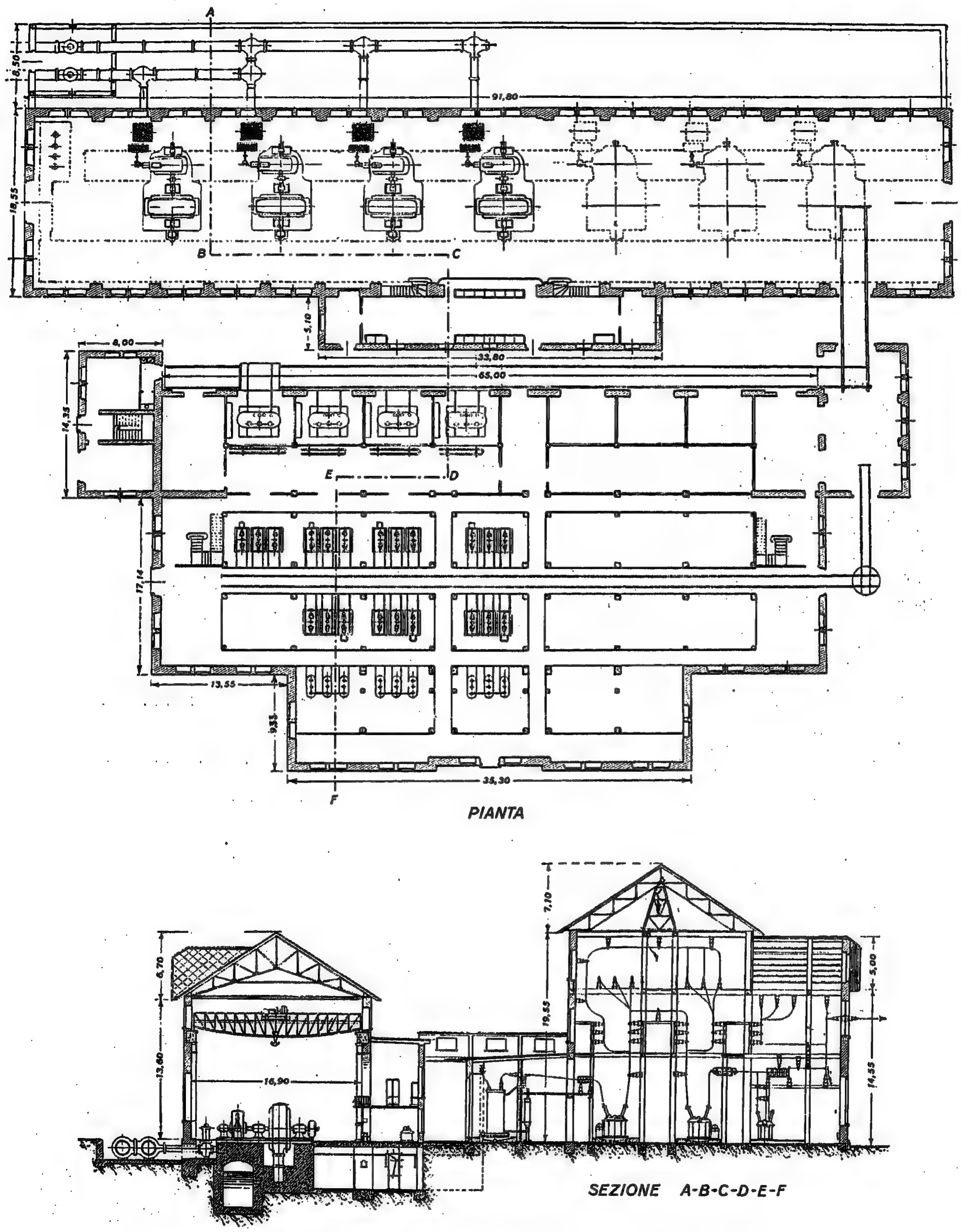


Fig. 13. - Pianta e sezione trasversale della centrale di Rosone.

tubazione è fissata a 16 ancoraggi (compresi gli estremi) e nei tratti liberi intermedi è appoggiata sopra pilastrini di calcestruzzo con selle in lamiera. Ogni due ancoraggi è stato applicato un giunto di dilatazione del tipo normale a cannocchiale con scatola a stoppa e relativo premistoppa.

Gli spessori dei tubi normali — calcolati in base ad un carico totale pari a 1,5 volte quello idrostatico e a sollecitazioni massime di 7, 9 e 10,5 kg/mm² rispettivamente, per i tubi con chiodatura longitudinale a sovrapposizione, per quelli con chiodatura a coprigiunto e per quelli cerchiati — presentano i seguenti valori estremi:

tubazione chiodata .... mm 6÷26;
» cerchiata (spessori ideali) » 23÷62.

La tubazione chiodata, sino spessori di 11 cm, è rinforzata mediante corniere applicate agli anelli esterni.

I tubi cerchiati son congiunti fra loro mediante manicotti chiodati, salvo nell'ultimo tratto a valle (di 46 m), ove le giunzioni trasversali sono state fatte a mezzo di flange.

In prossimità della centrale (v. fig. 13) ogni tubazione è

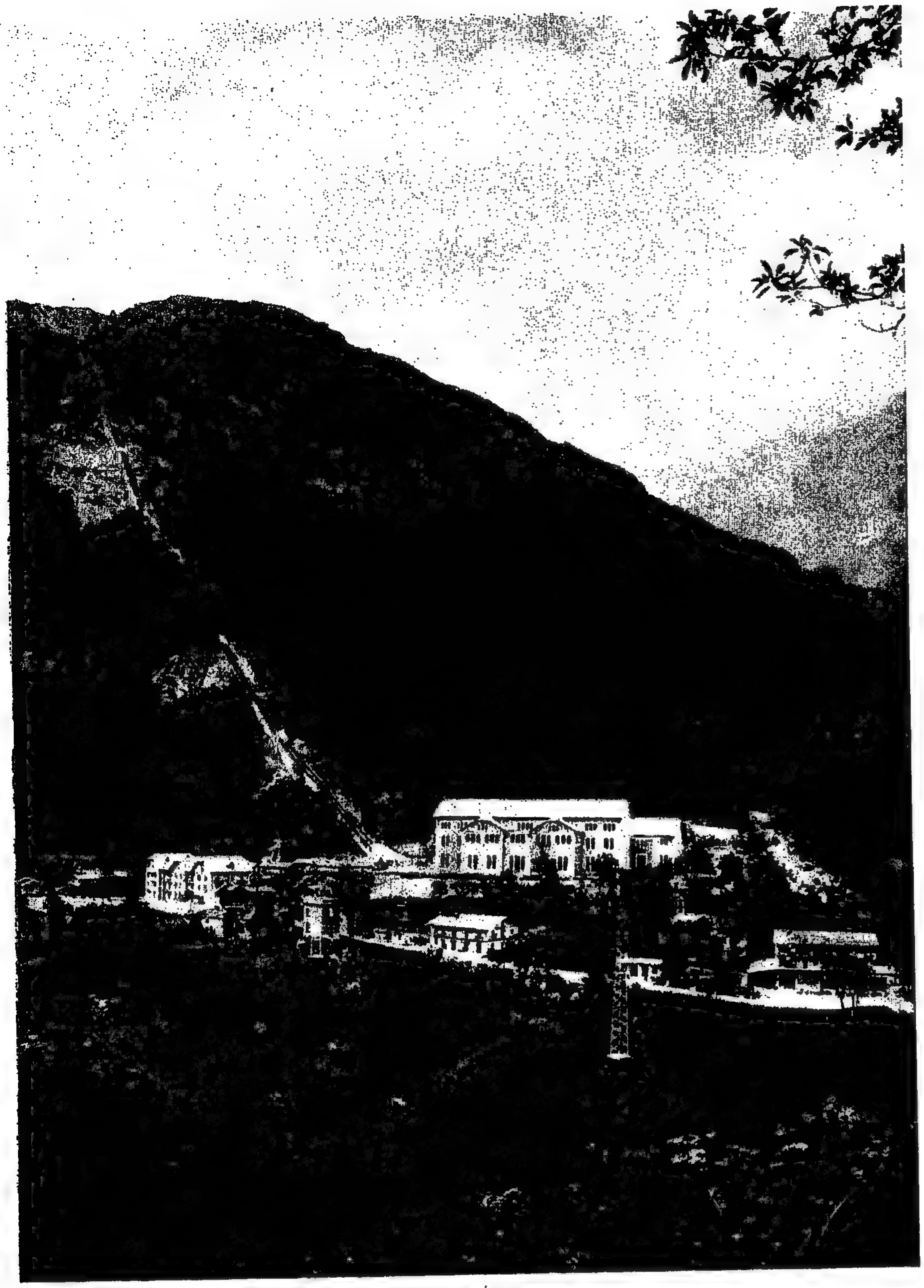


Fig. 14. - Veduta d'insieme della centrale di Rosone e dei fabbricati annessi.

munita di una saracinesca a luce circolare del diametro di 1000 mm e con comando a servomotore idraulico azionato dall'acqua stessa della condotta. Le due saracinesche sono chiuse in apposito locale che, durante l'inverno, può venire riscaldato.

Subito a valle si staccano ad angolo retto, dai due rami della condotta, i quattro tubi d'alimentazione delle macchine, i quali sono collagati alle tubazioni principali mediante apposite bocce di acciaio fuso, a tre vie. Allo scopo di poter mettere in comunicazione fra loro, quando occorra, i due rami della condotta forzata, è stata direttamente collegata la prima boccia del ramo a monte con la seconda di quello più vicino alla centrale.

In ogni tubo di alimentazione, del diametro interno di mm 540, è inserita, a monte della rispettiva turbina, una saracinesca con comando a servomotore idrodinamico pure azionato dall'acqua della tubazione. Lo svuotamento della condotta può venire effettuato mediante due tubi del diametro di mm 200, collegati alle tubazioni principali poco a monte delle saracinesche di chiusura dianzi accennate, e provvisti ciascuno di una saracinesca e di un otturatore a spina, entrambi con comando meccanico rinviato su apposita colonnetta posta nella centrale. Lo svuotamento del collettore viene effettuato, invece, mediante un tubo di 100 mm di diametro, collegato alla seconda boccia del ramo più vicino alla centrale e munito di saracinesca.

Per la costruzione e il servizio della condotta forzata e delle opere annesse è stato costruito, di fianco alle tubazioni, un ampio piano inclinato con binario, il quale è diviso in due tratte servite, ciascuna, da un argano proprio e separate da un piazzale orizzontale per lo scambio dei carrelli.

L'argano adibito alla tratta inferiore è allogato in una breve galleria aperta a monte del piazzale suddetto. La portata dei carrelli normali è di 3000 kg.

A lato del piano inclinato sono disposte: una linea telefonica e di segnalazione per il servizio del piano stesso ed una linea trifase a 10 000 V per l'alimentazione delle cabine annesse agli argani e al posto di guardia della vasca di carico.

Centrale di Rosone e linea partente (v. figg. 13, 14 e seg.).

La centrale di Rosone, già prevista per i futuri ampiamenti, consta di due grandi edifici affiancati e comunicanti fra loro, verso il lato a valle, mediante un passaggio coperto; uno di essi comprende la sala macchine (della superficie di m^2 90 × 16,90) e il locale del quadro (di m^2 5 × 33 circa); nell'altro, invece, sono installati i trasformatori elevatori e le apparecchiature elettriche ad alta tensione.

Nelle adiacenze della centrale sorgono diversi fabbricati adibiti ai magazzini e alle abitazioni del personale (v. fig. 14).

Nella sala macchine sono attualmente installati quattro gruppi generatori, costituiti ciascuno da una turbina Pelton ad asse orizzontale, direttamente accoppiata ad un alternatore trifase con eccitatrice coassiale. Le quattro turbine, uguali fra loro, presentano le seguenti caratteristiche principali:

caduta utile media:	m	800
portata massima:	l/sec	2350
potenza resa massima sull'asse:	HP	20 500
velocità:	giri/min	500

Le ruote motrici, con palette riportate, sono di acciaio fuso; la regolazione è ottenuta a mezzo di un unico distributore circolare, con otturatore a spina provvisto di deviatore automatico del getto ed azionato da un regolatore

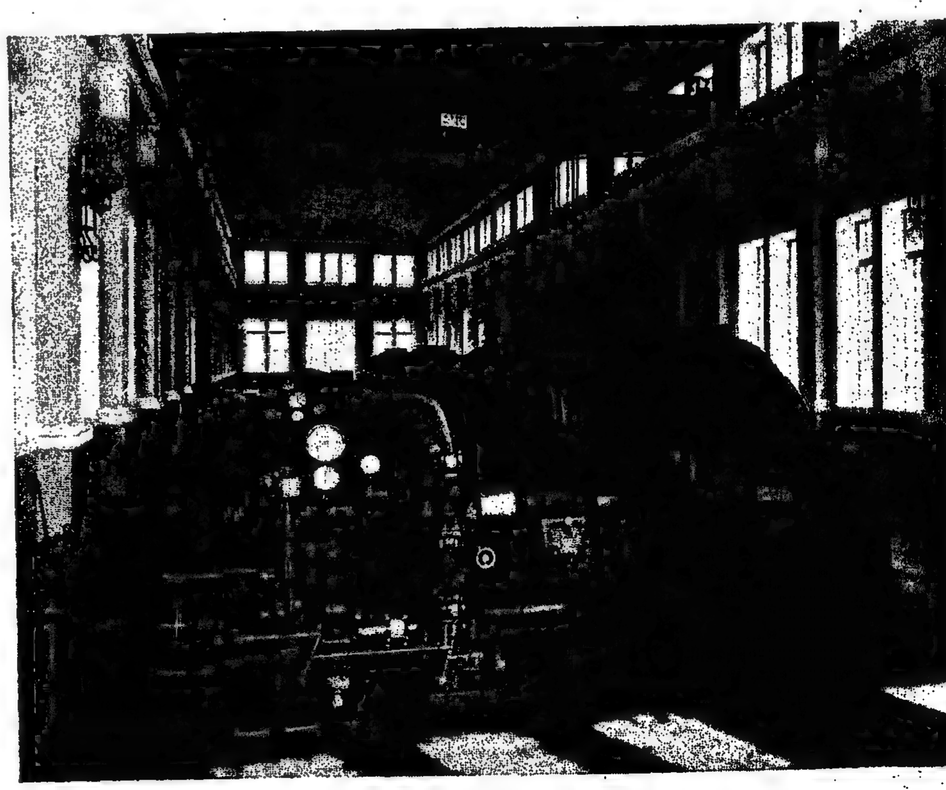


Fig. 15. - Interno della sala macchine della centrale di Rosone.

autonomo a pressione d'olio. Quest'ultimo è provvisto di freno regolabile ad olio e di dispositivo manovrabile a mano o a distanza per la messa in parallelo.

Ogni turbina è munita di un manometro registratore Richard e di un manometro di precisione a quadrante.

Gli alternatori accoppiati alle turbine sono del tipo chiuso ventilato, con entrata bilaterale dal basso dell'aria fredda, aspirata direttamente dall'esterno mediante apposite ventole fissate ai lati del rotore, e con uscita dell'aria calda, pure dal basso nella parte centrale della carcassa, a mezzo di una condotta scaricante nel canale del collettore.

Essi presentano le caratteristiche seguenti:

potenza:	kVA 17 000
fattore di potenza:	$\cos \varphi = 0.8$
tensione:	V 6 700
frequenza:	per. 50
P D²:	Kg m² 140 000

lubrificazione: automatica ad anelli e con raffreddamento a circolazione d'acqua.

Ciascun alternatore è munito della rispettiva eccitatrice, la quale, a sua volta, è ad eccitazione indipendente fornita da una piccola dinamo pure calettata sullo stesso albero.

I reostati di campo, comandati da regolatori automatici di tensione a mezzo di motorini ausiliari, sono del tipo a resistenze metalliche in aria. In serie col reostato automatico è installato, per ciascun alternatore, anche un reostato a mano per la messa in parallelo, manovrabile dal quadro; ed è previsto pure un reostato di campo, regolabile a mano, per l'eccitatrice secondaria.

I dispositivi automatici di regolazione e di protezione contro i corti circuiti sono alimentati da tre riduttori di corrente inseriti sul centro stella di ogni alternatore. Nella sala macchine sono pure installate due elettropompe (da 25 HP, con 1400 l/sec di portata e 45 m di prevalenza) per l'alimentazione del sistema di distribuzione ad anello dell'acqua di raffreddamento dei sopporti e dei trasformatori. Le pompe pescano in una vasca comunicante con il canale di scarico delle turbine. Allo stesso anello di distribuzione è connessa anche una derivazione d'acqua, con riduttore di pressione, dalle condotte forzate.

Nel locale del quadro sono installati i dispositivi di manovra e di controllo, al primo piano, mentre al piano terreno sono collocati i quattro regolatori automatici di tensione e l'impianto dei servizi ausiliari: gruppo motore-dinamo per la conversione della corrente alternata in continua, batterie di accumulatori ecc.

Le connessioni sono state realizzate secondo lo schema semplicissimo riportato nella figura 16. Ogni alternatore può venire collegato direttamente, o attraverso un sistema di sbarre di smistamento (*O*), ad un trasformatore elevatore trifase (in cassa unica) da 17000 kVA, 6700/90000 V. Le sbarre partenti da ogni alternatore corrono in un locale sottostante alla sala macchine, alimentando i vari riduttori di corrente e di tensione predisposti per gli apparecchi di misura e di regolazione automatica delle macchine, e in apposito grande sotterraneo fanno capo a quattro intelaiature portanti l'apparecchiatura e le sbarre di smistamento suddette (le quali servono anche ad alimentare i servizi ausiliari). Da queste intelaiature partono poi le sbarre di alimentazione dei trasformatori, le quali pervengono a questi attraverso ampi condotti verticali.

I trasformatori, del tipo a raffreddamento per circolazione d'olio in refrigeranti esterni alla cassa, sono allogati in celle separate (con chiusure a serranda e provviste di vasche di scarico per l'olio) facenti parte del secondo edificio sopra accennato.

Parallelamente a questo edificio, nella corsia che lo separa dalla sala macchine, corre un binario di servizio a mezzo del quale i trasformatori possono venire trasportati nell'officina riparazioni. Le pompe di circolazione dell'olio e gli apparecchi refrigeranti sono posti in un apposito corridoio posteriore alle celle.

Per il collegamento dei trasformatori alla linea partente (v. fig. 16) è stato predisposto un duplice sistema di sbarre

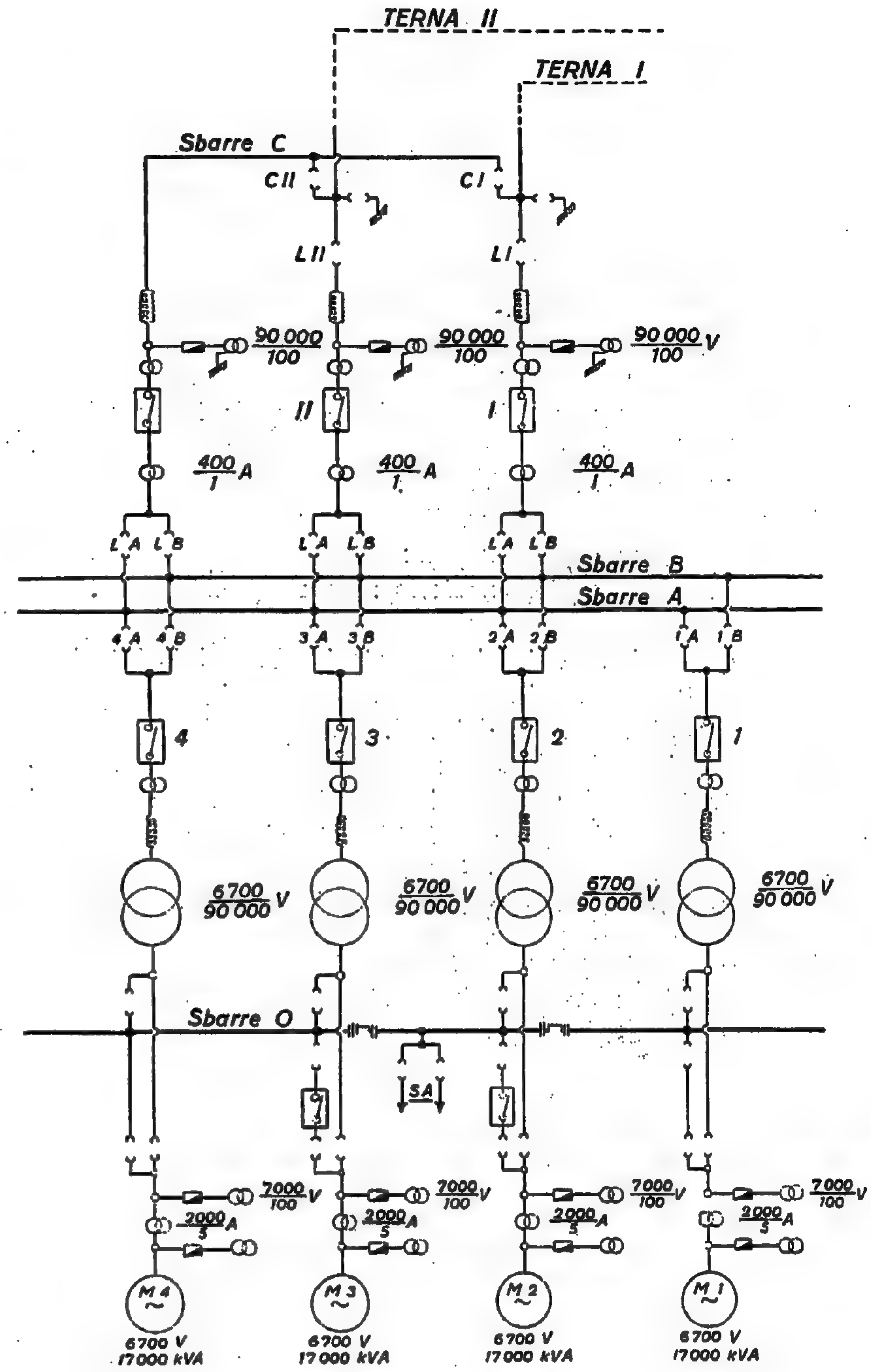


Fig. 16. - Schema connessioni della centrale di Rosone.

principali (*A* e *B*) ed uno di sbarre sussidiarie (*C*) i quali permettono di realizzare, mediante i coltelli e gli interruttori di sezionamento indicati nello schema, tutti gli allacciamenti che l'esercizio può rendere praticamente necessari.

La disposizione di queste sbarre e delle apparecchiature a 90 000 V nell'edificio loro adibito è chiaramente rilevabile dalla figura 13.

Poichè nell'impianto è stato adottato il concetto dell'installazione « a giorno », con esclusione assoluta della costruzione « cellulare », l'edificio riservato alle apparecchiature ad a. t. risulta privo di muri divisori interni e si riduce in massima parte ad una semplice struttura di travi e di pilastri in cemento armato (fig. 17); l'accessibilità alle diverse parti dell'impianto è assicurata da comode passerelle di ispezione e di manovra.

Gli interruttori a 90 000 V sono tutti del tipo con poli in casse separate a scatto automatico di massima corrente e sono previsti per una tensione di esercizio di 110 000 V e per una intensità di corrente continuativa di 400 Amp. I riduttori di corrente inseriti sulle sbarre partenti dagli interruttori di linea sono del tipo a passanti. Tutte le connessioni ad a. t. sono in tubo di rame del diametro esterno di 35 mm.

La protezione dell'impianto ad alta tensione è affidata, per ciò che concerne le sovratensioni di natura statica, a tre trasformatori di tensione monofasi, in olio, col centro stella collegato a terra; e per riguardo alle sovratensioni di natura oscillatoria, a due serie di bobine di induttanza: le prime (da 200 Amp. e 0.74 millihenry) inserite fra i trasformatori e i relativi interruttori; le altre (da 400 Amp. e 0,11 millihenry) sull'uscita delle due terne che alimentano la linea di trasporto Rosone-Torino.

Quest'ultima ha uno sviluppo di 61 km circa e presenta le seguenti caratteristiche principali:

potenza massima per terna:		30 000 kW
tensione concatenata	in partenza:	90 000 V
	in arrivo:	80 000 V
distanza tra i fili:		2,50 m
diametro dei fili (di rame):		105/10 mm

fune di guardia collegante le estremità dei pali: in treccia di acciaio di 50 mm²

distanza minima dei fili dal suolo:	8 m
lunghezza delle campate normali:	200 m
» massima delle campate:	300 m
altezza normale dei pali (a traliccio):	23 m (fuori terra).

Per la sospensione dei fili sono stati adottati isolatori a catena (di 6÷7 elementi ciascuno) con anelli di protezione semplici o doppi a seconda dei casi.

La tensione in arrivo è stata fissata a 80 000 V per consentire l'eventuale funzionamento in parallelo della centrale di Rosone con quelle della valle di Susa, mediante un semplice cambiamento dei collegamenti dei trasformatori della prima centrale da stella a triangolo.

La linea fa capo alla stazione ricevitrice e di trasformazione a Torino in località Martinetto, dove sorge anche la centrale termica di produzione e la stazione di trasformazione a cui arrivano le linee provenienti dalle altre centrali municipali di Chiomonte e di Susa.

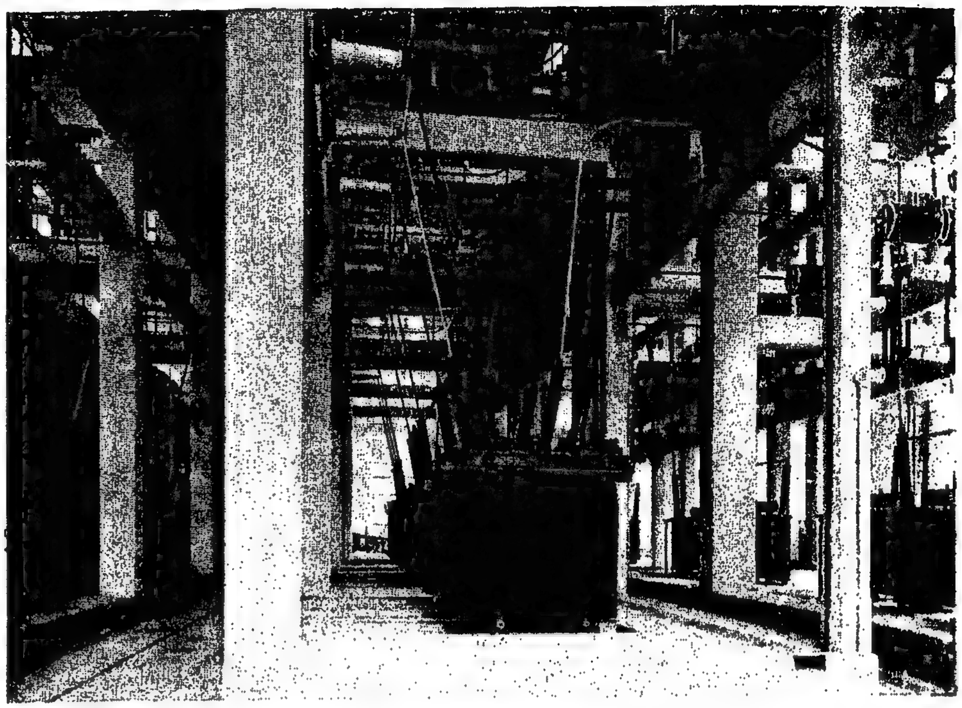


Fig. 17. - Interno dell'edificio apparecchiature ad a. t. annesso alla centrale di Rosone.

A. T.

(*Continua*).

ING. ETTORE CESÀRI
IRETTORE DELL'« UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE»

L' industria elettrica all'estero

Cecoslovacchia

Caratteri dell'industria.

Sotto il dominio austriaco la Cecoslovacchia non ebbe una vera e propria industria elettrica: fra le prime cure del Governo repubblicano fu l'« elettrificazione sistematica », che formò materia della Legge 22 luglio 1919. Fine di questa fu di permettere la creazione in ogni parte dello Stato di Società in regime di concessione, a ciascuna delle quali fu attribuita una zona d'azione. Furono previsti in un secondo tempo tanto gli allacciamenti fra le varie reti così costituite come la graduale concentrazione delle imprese. Particolarmente la legge ha cercato di favorire l'utilizzazione di forze idrauliche e la creazione di centrali a vapore poste nei bacini carboniferi.

Le Società possono emettere obbligazioni garantite dallo Stato e dalle Regioni (la Cecoslovacchia è divisa amministrativamente in quattro Regioni: Boemia, Moravia e Slesia, Slovacchia e Rutenia); sono stabiliti sussidi per le linee che forniscono paesi e regioni agricole e il diritto d'appoggio sulle proprietà private; non esiste tuttavia il diritto di monopolio.

Esistono vecchie centrali costruite prima della pubblicazione della Legge del 1919 fra le quali parecchie comunali: ma esse verranno gradualmente, se pur lentamente, assorbite dalle Società sorte coi benefici della nuova legge, od almeno costituite anch'esse nella forma stabilita da quest'ultima.

L'industria è, in massima, libera. L'intervento statale previsto nella Legge del 1919 non può avvenire che in casi eccezionali, e sopratutto nel caso nel quale la Società concessionaria manchi agli impegni presi per lo sviluppo della distribuzione.

Le Società in regola con la nuova legge si chiamano « dotate di pubblica utilità ».

Talvolta, come in Boemia, il Consiglio regionale è entrato a far parte di Società elettriche. Anche i Comuni vi hanno preso larga parte, in qualche caso mettendo come condizione al loro intervento finanziario il rispetto di massimi tariffari.

Sembra però che i Comuni che possedevano già centrali proprie non solo non vedano di buon occhio lo stato di cose creato dalla Legge del 1919, ma che in qualche caso abbiano anche osteggiato il progresso delle nuove Società.

Il nuovo ordine di cose ha dato indubbiamente buoni risultati: l'elettrificazione del paese è in forte sviluppo ed è pure iniziato il movimento di concentrazione sia della produzione che del controllo finanziario.

Risorse naturali.

Consistono in forze idrauliche ed in giacimenti carboniferi.

Il Geological Survey americano attribuisce alla Cecoslovacchia un patrimonio idraulico di un milione di cavalli: più recenti studi locali porterebbero la cifra a 1.267.000 kW. Gli impianti più importanti sono previsti sull'Elba, in due gruppi, dei quali il primo è in costruzione per 22.800 cavalli: complessivamente i due gruppi forniranno 315 milioni annui di kWh.

La Mòldava potrà dare 700 milioni di kWh. Rimarchevole la collaborazione di un impianto idraulico con uno termico prevista a Brno dove la stessa Impresa assumerà i servizi elettrici e la distribuzione di vapore alle industrie per riscaldamento: tale collaborazione porterà ad un'economia di 10.000 tonnellate di carbone e produrrà trenta milioni di kWh.

Conviene aver presente che la Cecoslovacchia è la terza nazione in Europa come produttrice di carbone e la sesta per la ricchezza dei suoi giacimenti. L'attenzione dei suoi industriali è in questo momento fortemente attirata dal problema dell'utilizzazione in miniera dei carboni più poveri e dei cascami.

Il patrimonio in combustibili della Cecoslovacchia è stimato in 8787 milioni di tonnellate di carbone e 12.434 milioni di tonnellate di lignite. Nel 1929 furono estratti 16,8 milioni di tonnellate di carbone e 22,6 milioni di tonn. di ligniti.

Gli impianti esistenti, in costruzione e in progetto.

La maggior parte della produzione cecoslovacca si effettua nelle centrali termiche e principalmente in quelle a vapore, sebbene non manchino impianti con motori Diesel. Secondo l'« Annuario Elettrotecnico Cecoslovacco» del 1930 le centrali ad uso pubblico erano 529, ma esistevano in totale 7940 centrali delle quali 1138 avevano una potenza superiore a 100 kW. Le centrali di potenza superiore a 10.000 kW erano 28. La Città di Praga è servita in parte da una centrale locale (Wollsovice, 30.000 kW) e in parte da una centrale termica utilizzante lignite ricca (Ewenice, 60.000 kW) che trovasi nel Nord-ovest della Boemia ad 80 km. di distanza.

Altra centrale utilizzante lignite (36.000 kW) trovasi a Trumi (Türmitz) nel Nord della Boemia. In Moravia, ad Oslavany, esiste una importante centrale termica di 40.000 kW, utilizzante carbone fossile. Nel bacino minerario e metallurgico di Vitkovice esistono pure importanti centrali di 30.000, 40.000 e 25.000 kW, che in parte utilizzano gas degli alti forni sotto caldaie.

Fra le centrali idrauliche è notevole nella Boemia meridionale quella di Cesky-Krumlov (100 m. di caduta, 11.000 HP). In costruzione o in progetto sono le centrali di Strekov (Schreckenstein) sull'Elba, nel Nord della Boemia (m. 7,50÷8,50 di di caduta, 25.000 HP, 90 milioni di kWh annui); di Stechovice sulla Moldava, che importa la costruzione di quattro dighe di sbarramento (80 m. di caduta, 75.000 kW, 300 milioni di kWh annui) destinata al servizio di punta, con un impianto di accumulo idraulico mediante pompatura di 15.000 kW: e l'impianto della Thaya presso Znaim, che comprende un serbatoio di 168 milioni di mc., destinato a servire la Moravia insieme colle attuali centrali termiche di Brno (Brünn) e di Oslavany.

La canalizzazione dell'Elba fra Königsgrätz e Melnik renderà disponibili fra Budweis e Praga 230 milioni di kWh, che si potranno portare a 700 milioni con la costruzione di due dighe di sbarramento. In Slovacchia, il Vah (affluente del Danubio presso Komarno (Komarom) nell'ultimo tratto potrà su diverse centrali dare 230.000 cavalli.

La Tabella I dà un'idea dell'incremento degli impianti (potenza installata) nell'ultimo decennio.

TABELLA I.

POTENZA TOTALE INSTALLATA NELLE CENTRALI ELETTRICHE CECOSLOVACCHE E PRODUZIONE RELATIVA.

ANNO	Numero delle Centrali	Potenza installata in migliaia di kVA	Carico massimo in migliaia di kW	Energia elet. prodotta in milioni di kWh
1913	4162	655	329	964
1919	5648	928	411	1164
1920	6266	995	473	1370
1921	6640	1073	498	1397
1922	6969	1158	511	1355
1923	7127	1194	551	1482
1924	7363	1280	610	1759
1925	7548	1330	659	1955
1926	7750	1443	712	2100
1927	7902	1604	789	2381
1928	7940 (1)	1699	864	2749
1929	—	—	—	3300 (2)

Fonti: *Elektrotechnicky Obzor,* 26 settembre 1930.

(1) Solo 1138 sup. a 100 kW. - (2) Valutata. *Electrical World,* 6 settembre 1930.

La produzione dell'energia.

La produzione d'energia nel decennio 1919-29 sia da impianti che producono l'energia per la vendita, sia da quelli che utilizzano per proprio uso l'energia prodotta è data dalla Tabella I.

Secondo la fonte di energia utilizzata, la produzione di energia elettrica del 1928 si suddivide come precisato nella Tabella II.

TABELLA II.

SUDDIVISIONE DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DEL 1928 A SECONDA DELLA FONTE UTILIZZATA

IMPIANTI PRODUTTORI	Potenza installata in migliaia di kVA	Produzione in milioni di kWh	Percentuali
Idraulici	143	253	9,2
A vapore	1481	2300	83,6
Ad olio	33	22	0,8
A gas	42	174	6,4
TOTALE	1699	2749	100,0

Fonte: *Elektrotechnicky Obzor,* 26 settembre 1930.

La trasmissione dell'energia.

Le linee e reti pel trasporto e distribuzione dell'energia vanno rapidamente sviluppandosi per le ragioni accennate in principio. Esistono linee a 110 kV ed a 60 kV ed a svariati voltaggi minori. Nella zona della Impresa elettrica della Boemia orientale le linee ad alta tensione hanno raggiunto uno sviluppo di 1600 km., e in quella dell'Impresa di Ceske Budyovice (Boemia meridionale) di 1500 km. In complesso le 143 Imprese più importanti posseggono reti primarie per 13.215 km. È allo studio un complesso di interconnessioni destinate al collegamento dei principali centri di produzione.

Tariffe e prezzi.

A Praga sono in uso tariffe complesse, a carattere scalare. Per l'illuminazione si parte da un massimo (in lire italiane) di 1,53; per la forza motrice da 0,97 a 0,20 pure in lire italiane. Per la cucina ed il riscaldamento si va da Lit. 0,45 a Lit. 0,10 per kWh.

Trazione ferroviaria.

Fino dal 1903 fu elettrificato il tronco Tabor-Bechyn, della lunghezza di circa 24 chilometri, con corrente continua 700 Volts, linea di contatto aerea. Nel 1928 si iniziò l'elettrificazione delle linee suburbane di Praga (26 km. di linee e 65 km. di binario), a 1500 Volts corrente continua e linea di contatto aerea. Sono allo studio o in preparazione altre elettrificazioni. Tutte le linee facenti capo a Praga saranno elettrificate.

Produzione, importazione ed esportazione di materiale elettrico.

Come è noto, la Cecoslovacchia possiede una industria prospera in ogni campo, conseguenza dei bassi salari e della ricchezza di materie prime.

Fra le industrie più fiorenti che interessano l'industria elettrica è quella degli isolatori, dei quali la Cecoslovacchia è esportatrice. Nel 1928 ne furono esportati per circa dodici milioni di lire italiane. Esistono pure in Cecoslovacchia importanti stabilimenti per la fabbricazione di materiale elettrico.

Le importazioni e le esportazioni di materiale nel 1928 sono precisate nella Tabella III.

TABELLA III.

IMPORTAZIONI ED ESPORTAZIONI DI MATERIALE ELETTRICO NEL 1928 (migliaia di lire italiane).

MATERIALE ELETTRICO	Importazione	Esportazione
Lampadine	13.960	16.800
Macchine elettriche	38.700	—
Telegrafia e telefonia senza fili	14.050	1.860
Telegrafia e telefonia con fili	8.630	1.585
Apparecchi di misura	10.950	1.975
Dinamo e motori d'avviamento ecc. per automobili	10.100	16.220
Carboni per appl. elettriche	5.400	182
Portalampade e apparecchiatura di vetro per apparecchi di proiezione ecc.	2.930	4.000
Cavi e fili isolati	1.060	6.000
Lampade ad arco e proiettori per automobile	1.800	23
Dispositivi scaricafulmini	132	4
Isolatori di porcellana	695	11.800
Globi per lampade elettriche	2.630	5.380
Diversi (compresi accumulatori, apparecchi di riscaldamento, ecc.)	41.500	11.300
TOTALI	152.537	77.129

Fonte: *Statistischer Bericht,* 1929 — *Zentralverband der Deutschen Elektrotechnischen Industrie E. V.*

Le importazioni di materiale elettrico aumentarono notevolmente nel 1929 ammontando a 195 milioni di lire italiane.

Polonia

Caratteri dell'industria.

Al momento della riconquista dell'indipendenza la Polonia possedeva alcune centinaia di centrali, per la maggior parte di entità trascurabile e tutte a carattere locale od appartenenti ad opifici. La Polonia è un paese prevalentemente agricolo, dove tuttavia esistono importanti distretti minerari e industriali a zona limitata: e dove la densità della popolazione diminuisce assai rapidamente dall'Ovest all'Est. Prima della guerra esisteva una officina a carattere regionale, nel distretto minerario di Cracovia: altra consimile era nel distretto di Dabròva, nella Polonia già sottomessa alla Russia. Vi sono vaste zone dove l'energia elettrica è ancora sconosciuta.

Nell'ultimo decennio le cose hanno cambiato, e l'industria elettrica vi va prendendo rapido sviluppo. La Legge del marzo 1922 stabilisce il regime di concessione governativa: il concessionario d'una distribuzione gode del diritto di monopolio e del passaggio forzoso sui terreni privati dietro indennizzo, gratuito sulle strade ed aree pubbliche. Lo Stato si riserva il diritto di riscatto; nell'atto di concessione sono stabiliti i massimi tariffari.

Più di cento concessioni, tutte a carattere regionale, sono state già rilasciate, e molte altre sono in istruttoria.

A questo movimento ha contribuito largamente il capitale straniero. Secondo studi disposti dal Ministero dei LL. PP. polacco la potenza che sarebbe necessaria a soddisfare le odierne esigenze dei servizi domestici, pubblici ed industriali si può valutare in 1.700.000 kW, con una utilizzazione di 3000 ore: cifre ancora assai lontane dall'essere raggiunte.

Caduta una proposta della ditta Harrimann di New York altri progetti sono stati presentati da vari gruppi finanziari al Governo polacco. Uno, che si riferisce alle Provincie di Posnan e di Bydgorz e in parte a quella di Varsavia e di Lodz, è capitanato dalla «Motor Columbus» unita a capitali francesi e belgi; un secondo (Lynelpol) con sede a Parigi è formato dalla Banque de l'Union Parisienne e da altre banche industriali francesi e belghe, oltre alla Banca Hambro di Londra, ed a ditte americane.

Altre trattative sono state aperte da capitalisti americani, belgi e svedesi. Di fronte a tutte queste proposte, alcune delle quali in concorrenza o comunque incompatibili, il Ministero dei LL. PP. ha fatto compilare dall'«Unione delle Centrali elettriche» un piano di elettrificazione con una ripartizione in distretti che potrebbero formare oggetto di singole concessioni od essere raggruppati. Fra poco si inizieranno le trattative definitive.

Esistono in Polonia impianti comunali e consorziali, ma le Imprese private sono in netta prevalenza, rappresentando le pubbliche il 30% del totale, come potenza. È assai probabile che in Polonia stia per iniziarsi un largo movimento di concentrazione delle Imprese, mentre le linee di interconnessione hanno già preso notevole sviluppo.

Nelle statistiche del Ministero dei LL. PP. le centrali sono divise fra quelle che servono alla vendita dell'energia al pubblico (chiamate perciò *pubbliche* anche se appartengono a Ditte private, com'è il caso più frequente), quelle *private* (per uso proprio esclusivo di stabilimenti) e quelle *semi-pubbliche* ossia ad uso promiscuo. Le pubbliche costituiscono circa un terzo del totale come potenza e come produzione, le semi-pubbliche un quinto: il resto, cioè un po' meno della metà, è costituito dalle private.

Risorse naturali.

La Polonia è fra le Nazioni più ricche di combustibili fossili. Quattro importanti bacini (Dombròva, Cracovia, Slesia e Cieszyn) ne costituiscono il principale patrimonio di carboni fossili. Questi combustibili hanno poteri calorifici fra 4800 e 7600 calorie. Secondo studi dell'Istituto geologico di Varsavia, calcolando solo i filoni di almeno 50 cm. di potenza e di profondità non superiori a 1000 metri il patrimonio rappresentato da quei quattro giacimenti consisterebbe in circa 62 miliardi di tonnellate. L'estrazione, fatta in parte per l'esportazione, ha superato i 40 milioni annui di tonnellate.

Vi è pure abbondanza di ligniti assai ricche (da 4500 a 5000 calorie). La Polonia è il solo stato Europeo che possieda importanti giacimenti tanto di carboni che di combustibili liquidi.

Il petrolio vi si trova in grande abbondanza. Solo il 7% delle regioni petrolifere conosciute è sfruttato, e molte di queste, accertate, non furono ancora studiate.

La zona petrolifera giace sotto i Carpazi, ed il combustibile vi si trova a profondità fra i 1000 ed i 1700 metri. Il bacino più ricco è quello di Boryslaw-Tustanowice.

Altra risorsa è il gas naturale, che abbonda in tutte le regioni petrolifere. Talora appare solo, talora con la nafta: ha un potere calorifico di 9000 calorie. In parte viene trasformato con mezzi chimici in benzina. Ne è accertata una disponibilità annua di circa mezzo miliardo di mc.

Esistono pure ricche torbiere (estese per circa 2.380.000 ettari) aventi spessori di 4 o 5 metri; in tutto almeno tre miliardi di tonnellate di torba asciutta, da 3000 calorie. Dato che la regione ricca di torba (circa 1/6 del territorio nazionale) si trova lontana dalle miniere di carbone, e data la bontà e l'abbondanza di questo combustibile, è probabile che esso formerà in avvenire un non disprezzabile elemento per la produzione di energia.

Le disponibilità idrauliche sono rimarchevoli ma assai meno abbondanti di quelle termiche. La zona che ne è più ricca è naturalmente quella montagnosa dei Carpazi, e particolarmente quella degli alti affluenti della Vistola, del Pruth e del Dniester. Altre disponibilità esistono nei monti della Santa Croce, nel pianoro di Lublino, in Pomerania e altrove.

Una stima ottimista darebbe come totale disponibile di forze idrauliche 3.652.000 HP. Ma tale stima è basata su coefficienti d'utilizzazione delle portate troppo abbondanti. Il Geol. Survey la limita a 1.400.000 HP: forse la cifra esatta sta fra le due.

Complessivamente la Polonia, più povera dell'Italia in forze idrauliche è assai più ricca in combustibili. Possiede comunque i mezzi per produrre largamente l'energia che le occorre ed anche per esportarne all'occasione in notevoli quantità.

Gli impianti esistenti.

La grande maggioranza degli impianti produttori esistenti è formata dalle Centrali termiche. Di questo il maggior numero funziona a vapore, usando come combustibile il carbone: poche funzionano con motori Diesel, tre o quattro utilizzano il gas naturale. Da poco si è iniziata la costruzione di grandi Centrali idroelettriche: quella di Grodek in Pomerania è la più antica. In tutto ne sono state costruite una quindicina di importanti: complessivamente ne esistono circa cinquanta.

La Centrale di Grodek utilizza le acque dell'«Acqua nera» (Czerna Woda), corso d'acqua della Pomerania; utilizza un salto lordo di 18 m. La presa è costituita da una diga in terra di 15 metri d'altezza. La portata utilizzabile è di 28 mc/s, l'energia producibile 15 milioni di kWh come massimo. La Centrale di Zur, sullo stesso corso d'acqua è costruita con criteri analoghi: la diga in terra è alta 18 m con 15 m di sopralzo dal pelo d'acqua e crea un laghetto di 14 milioni di mc d'invaso utile. Il salto è di circa 20 m, utilizzato con turbine Kaplan. Da questi dati sulle due centrali idrauliche di gran lunga più importanti della Polonia risulta che l'industria idroelettrica è ancora ai suoi primi passi.

La maggior parte delle centrali a vapore si trova nei bacini

minerari: di queste una trentina soltanto oltrepassa in potenza i 5000 kW., con un complesso di circa 400 000 kW.

La Tabella I dà la potenza installata complessiva per gli anni fra il 1919 ed il 1929.

TABELLA I.

POTENZA INSTALLATA IN kW NELLE CENTRALI ELETTRICHE POLACCHE

Anni	Centrali Pubbliche (Commerciali)	Centrali Industriali (Ad uso proprio)	Totale
1919	200.000	300.000	500.000
1920	230.000	350.000	580.000
1921	240.000	360.000	600.000
1922	265.000	395.000	660.000
1923	275.000	415.000	690.000
1924	280.000	460.000	740.000
1925	286.000	560.000	846.000
1926	303.000	567.000	870.000
1927	344.000	589.000	933.000
1928	400.000	600.000	1.000.000
1929	—	—	1.270.000 (1)

Fonte: Memoria dell'Ing. Straszewski pubbl. in occasione del Secondo Congresso dell'*Union internationale des prod. et distr. d'en. el.* (Parigi 1928).

(1) *E. T. Z.*, 9 ottobre 1930. (Dato provvisorio).

La produzione dell'energia.

La Tabella II dà la produzione censita negli anni fra il 1919 ed il 1929.

TABELLA II.

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA IN POLONIA (migliaia di kWh)

Anni	Centrali Pubbliche (Commerciali)	Centrali Industriali (Ad uso proprio)	Totale
1919	495.000	555.000	1.050.000
1920	575.000	820.000	1.395.000
1921	575.000	805.000	1.380.000
1922	695.000	835.000	1.530.000
1923	580.000	940.000	1.520.000
1924	580.000	925.000	1.505.000
1925	608.000	1.060.000	1.668.000
1926	707.000	1.233.000	1.940.000
1927	873.000	1.427.000	2.300.000
1928	950.000	1.575.000	2.525.000
1929	—	—	2.931.000 (1)

Fonte: Memoria dell'Ing. Straszewski pubbl. in occasione del Secondo Congresso dell'*Union internationale des prod. et distr. d'en. el.* (Parigi 1928).

(1) *E. T. Z.*, 9 ottobre 1930. (Dato provvisorio).

Nel 1930 furono certamente oltrepassati i tre miliardi di kWh: degno di rilievo il fatto che la produzione d'energia da parte degli opifici industriali è prevalente. La distribuzione d'energia al pubblico, che nel 1928 non raggiungeva il miliardo di kWh con una popolazione di 30 milioni d'abitanti ha evidentemente ancora da percorrere molta strada.

Trasmissione dell'energia.

Nel 1927 le Centrali censite alimentavano linee e reti per un complesso di 7540 km: la statistica non distingueva linee ad alta da linee a bassa tensione. Dopo si sono costruite parecchie centinaia di km di linee, principalmente a 60.000 V. Ma non si hanno in proposito notizie dettagliate. La zona di Gdynia (il nuovo porto polacco che si sta costruendo in contrapposto a Danzica) è stata arricchita di una importante rete di linee, fra le quali una di 150 km di lunghezza proveniente dalla Centrale di Grodek.

È in programma un gruppo di linee a 220 kV che collegherà le nuove centrali del bacino carbonifero della Slesia (anch'esse in progetto) coi centri industriali di Lodz, di Bydgosrcz e di Radomsk. Per la media tensione è previsto ormai l'impiego generale della tensione di 60 kV.

Alcune delle nuove linee (anche da funzionare in seguito a 100 kV) sono costruite con pali in legno di eccezionale lunghezza (16÷17 m) uniti a coppie.

Prezzi dell'energia.

A *Varsavia* il prezzo dell'energia per illuminazione varia, in Lire italiane, fra 1,57 e 0,95: per forza motrice fra 0,75 e 0,45. A Radom, per luce Lit. 1,37 e per forza motrice fra 0,98 e 0,19.

Produzione ed importazione di materiale elettrico.

L'industria della produzione di macchinario e materiale elettrico è nata in Polonia solo nel dopoguerra. Diverse officine sono sorte nell'ultimo decennio, e vi si fabbrica macchinario per piccole potenze (fino a 1000 kVA ed apparecchiature per 30 kV come massimo. Vi esistono tre fabbriche d'isolatori e cinque di fili isolati e cavi. Salvo il grosso macchinario e il materiale per le più alte tensioni, l'industria nazionale provvede a buona parte dei bisogni del paese. Nel 1928 furono prodotti macchine e materiali per circa 180 milioni di lire italiane, ma si importarono ancora più di 250 milioni di grosso macchinario e di apparecchi vari.

Turchia

Caratteri dell'industria.

Se si eccettui la città di Costantinopoli, che fino dal 1914 fu dotata di un impianto elettrico e più tardi di tranvie urbane, ben pochi sono i centri che a tutt'oggi ne sono dotati. Esso fu stabilito con capitali belgi e tedeschi in base ad una concessione governativa del 1910: oggi appartiene alla « Société Anonyme Turque d'Electricité ». Esso iniziò il suo esercizio poche settimane prima dello scoppio della guerra europea.

Poco è stato fatto dopo, sebbene diverse concessioni siano state ottenute, quasi tutte da stranieri e fra questi anche da un gruppo italiano (Società italiana per Imprese all'Estero). Fra queste ultime vanno rilevate quelle per la città di Adrianopoli, Costamuni, Balikesser, Denizli e Rodosto. Il regime adottato in Turchia è simile a quello francese, ma l'Ente concedente è l'Amministrazione locale: generalmente si dànno concessioni trentennali vincolate a prezzi massimi di vendita: alla scadenza del trentennio l'impianto passa in proprietà dell'Ente locale concedente.

Piccoli impianti si vanno creando qua e là, ma sono finora così modesti che neppure le statistiche ufficiali, nelle quali sono esposti dati dettagliatissimi sull'impianto di Costantinopoli, ne fanno il menomo cenno. Degni di nota sono quelli di Smirne, Trebisonda, Samsun, Adam e Mersina.

L'Industria elettrica può dirsi quindi già nata nella Turchia europea: in quella asiatica è ancora in gestazione. Circostanze politiche e l'odio tradizionale della vecchia Turchia contro le novità di Occidente ne ritardarono lo sviluppo: ora che la Nazione turca si è messa sulla via delle riforme e del progresso anche tale industria finirà certamente per assumervi l'importanza che le compete.

Risorse naturali.

Entro gli attuali confini la Turchia europea non ha conservato che forze idrauliche trascurabili: considerevoli invece sono quelle asiatiche, sebbene ne manchi non solo un esatto catasto, ma una approssimata valutazione. La cifra data dal Geological Survey (mezzo milione di cavalli compresi i Mandati in Asia Minore) è certamente inferiore al vero.

La Turchia possiede una discreta dotazione di carbon fossile nelle miniere di Eraclea (bacino di Eregli-Zonguldak) e di Samsun: il solo bacino di Eraclea diede nel 1928 quasi un milione di tonnellate. In tale anno si estrassero pure 3.769 tonnellate di lignite: l'estrazione di combustibili fossili è in continuo aumento.

È prevedibile che in Asia Minore avranno fra non molto un inizio di sviluppo gli impianti idroelettrici, la costruzione dei quali è tuttavia affetta da non lievi difficoltà dei trasporti e di organizzazione dei cantieri. Nella Turchia Europea invece prevarranno gli impianti termici: non è impossibile che in seguito per quest'ultima si adotti anche l'importazione d'energia dei paesi confinanti (Bulgaria e Rumenia).

L'impianto di Costantinopoli.

Il solo impianto che meriti un cenno rimane perciò quello di Costantinopoli.

Esso appartiene alla « Société d'électricité de Constantinople » (Istanbul elektrik sivketi), anonima al capitale di 35 milioni di franchi svizzeri, che nel 1928 aveva una potenza installata di 48000 kW. La distribuzione aveva 261 posti di trasformazione, con 271 km. di cavo a bassa tensione e 205 km ad alta tensione. Vi erano anche 103 km di linee aeree.

L'energia prodotta nel 1928 fu di 52.243.655 kWh, ed il consumo fu cosi suddiviso:

Tramvie	kWh	8.983.750
Stabilimenti privati	»	23.250.728
Illuminazione di edifici pubblici	»	1.274.538
Applicazioni industriali per pubblici servizi	»	2.274.748
Illuminazione pubblica	»	2.661.168
» privata	»	13.704.828
TOTALE	kWh	52.149.760

Le perdite furono quindi del 16 %

Gli utenti vanno ripartiti nel modo seguente:

Trazione	N.	1
Opifici	»	1.626
Edifici pubblici (illuminazione)	»	466
Illuminazione privata	»	48.680

Sviluppo industriale della Turchia

Solo in tempi recenti le industrie manifatturiere sono andate aumentando di numero e di importanza in Turchia. Il censimento del 1927 dava come attivi 65.245 opifici occupanti circa 257.000 operai. Di questi 28.439 lavoravano prodotti agricoli e della pesca, 9.353 erano tessili, 7896 per la lavorazione del legno, 348 dell'industria cartaria, 14.752 metallurgici o meccanici, 697 chimici. Tutti però di assai scarsa importanza, in quanto solo 155 avevano più di cento operai, la maggioranza non avendone più di cinque.

Trattasi quindi, più che di vera industria, di un artigianato che è assai diffuso sopratutto in alcune regioni.

Quanto alla forza motrice impiegata il suddetto censimento segnalava 2822 opifici muniti di motori, classificando questi ultimi nel modo seguente:

Genere di forza motrice	Motori	
	N.°	Potenza in HP
Idraulica	252	6.388
a vapore	605	37.854
» gas illuminante	73	1.579
» combustibili liquidi	1.212	29.218
» vento	113	1.286
Elettrica	2.595	87.223
TOTALE	4.850	163.548

I motori elettrici (in parte operanti su centrali proprie degli opifici) sono impiegati principalmente nelle industrie che lavorano prodotti agricoli, nelle miniere, nell'industria meccanica e in quella tessile.

Appare da queste cifre come l'importanza della nascente industria turca, anche se costituita da piccoli impianti singoli, sia tutt'altro che trascurabile, e quanto prometta per l'avvenire delle distribuzioni d'energia elettrica; le quali potranno trovare nelle piccole industrie una clientela assai numerosa se pur formata da unità poco importanti.

Tariffe e prezzi.

Occorre anche per questi riferirsi per ora soltanto all'impianto di Costantinopoli.

Secondo le statistiche ufficiali i prezzi medi di vendita sono i seguenti (in lire italiane per kWh):

Trazione	L.	0,45
Opifici	»	0,41
Illuminazione pubblica	»	0,65
Illuminazione privata	»	1,43

Per la luce si ha un massimo di L. 1.73 e per la forza di L. 0.88, con minimi rispettivamente di L. 0,43 e L. 0,22 per kWh.

Importazione di materiale elettrico.

Si può dire che il 100% del materiale elettrico venga importato: non è possibile avere i quantitativi esatti mancando nelle statistiche doganali voci speciali. Esso in parte passa come macchinario comune: i materiali minuti sono compresi nella voce « Oggetti per collezione, lampade e fili elettrici e pellicole », ecc.

L'industria italiana è già fornitrice della Turchia anche per gli apparecchi e macchinari elettrici: e poichè sembra che nella creazione dei nuovi impianti di distribuzione l'Italia sia per avere una parte attiva, è certo che la Turchia offre le migliori speranze per la nostra esportazione, anche perchè l'Italia vi è ai primi posti come importatrice ed esportatrice in tutti i rami del commercio.

ING. ETTORE CESÀRI.

ERNESTO DENINA
LABORATORIO DI ELETTROCHIMICA E DI FISICO-CHIMICA
DELLA R. SCUOLA DI INGEGNERIA - TORINO

ARTURO FRATES
SOC. GEN. IT. ACCUMULATORI ELETTRICI - MELZO

Esperienze sull'accumulatore a piombo

III.

Il comportamento delle singole piastre durante l'inversione di polarità in relazione al meccanismo elettrochimico di funzionamento dell'accumulatore

SOMMARIO.

In questo lavoro gli AA. discutono il comportamento delle piastre di un accumulatore a piombo, sottoposte a un passaggio prolungato di corrente nel senso della scarica, fino a inversione di polarità.

Le esperienze contraddicono nettamente ogni teoria che presuppone l'esistenza di composti particolari del piombo, mentre si inquadrano in modo perfetto nella teoria della doppia solfatazione, opportunamente completata da considerazioni dinamiche sulle modalità delle reazioni.

Gli AA. ne traggono perciò una conclusione teorica netta e tracciano uno schema del funzionamento elettrochimico dell'accumulatore.

È noto come si procede talora alla preparazione di piastre positive, ossidando la materia attiva ottenuta con un sale di piombo ridotto, o viceversa di piastre negative, riducendo il biossido, ottenuto ad es. per via elettrochimica, nella preparazione di lastre a « grande superficie » (1).

Lo studio delle caratteristiche delle piastre durante l'inversione presenta pertanto un certo interesse pratico; inoltre, dal punto di vista teorico, si riscontrano alcune singolarità, che meritano di venire dilucidate, per una maggiore conoscenza sulla natura dell'accumulatore.

D'altra parte alcuni Autori vogliono attribuire le particolarità osservate a variazioni di resistenza delle piastre: perciò abbiamo ritenuto interessante, a complemento del nostro studio precedente, approfondire il fenomeno, eseguendo contemporaneamente misure di resistenza e di tensione sulle solite piastre tipo Qt Tudor, quando il passaggio di corrente veniva prolungato sino a provocare l'inversione di polarità delle piastre stesse.

Abbiamo così analizzati i fenomeni che accompagnano l'ossidazione della materia attiva negativa a biossido di piombo, e la riduzione della materia positiva a piombo spugnoso.

Qualora si tratti di piastre preparate in modo diverso il comportamento potrà differire alquanto — almeno nella entità dei fenomeni di squilibrio osservati —; tuttavia le esperienze effettuate ci sembrano già permettere varie considerazioni generali di notevole interesse teorico.

(1) JUMAU: *Etude résumé des accumulateurs électriques.* - Paris Dunod, 1919, pagg. 109/111.

DISPOSITIVO SPERIMENTALE.

I dispositivi adottati nei lavori precedenti non permettono evidentemente di procedere nella scarica oltre il punto in cui la tensione dell'accumulatore si annulla.

Abbiamo perciò adottato un circuito adatto allo scopo, il quale, come già ebbimo a dire parlando delle variazioni di resistenza alle singole piastre, ci ha permesso di eseguire le misure senza errori apprezzabili e senza richiedere nessuna correzione ulteriore ai valori ottenuti direttamente.

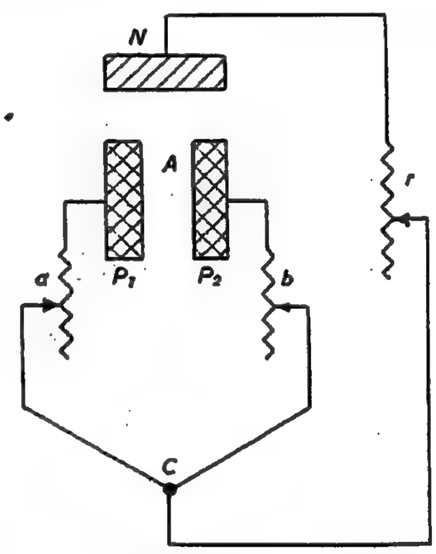


Fig. 1. - Disposizione delle piastre di accumulatore per la misura delle variazioni di resistenza durante il passaggio prolungato di corrente.

P_1 P_2 = piastre positive (o negative)
N = piastra negativa (o positiva)
a, b = resistenze regolabili press'a poco uguali (100 ohm)
r = circuito esterno
A = acido

I valori determinati nel periodo del funzionamento normale delle piastre costituiscono anche una conferma ai risultati ottenuti con il dispositivo descritto nella nota II (1).

Il dispositivo ideato consiste nel porre in serie all'accumulatore in esame una resistenza sufficentemente grande, in modo da renderne trascurabile l'influenza sulle misure: uno degli elettrodi dell'accumulatore viene « sdoppiato » in due piastre omonime affacciate (vedi fig. 1), messe in parallelo attraverso le resistenze a e b variabili, dell'ordine di un centinaio di ohm,

(1) *L'Energia Elettrica*, N. 4, aprile 1931.

le quali servono a mantenerle equilibrate. Il circuito « esterno » si richiude attraverso la resistenza r, pure assai grande, essendo disposta in serie una batteria ausiliaria di 96 elementi.

Le resistenze a e b predette sono state realizzate praticamente mediante una sola resistenza R, dell'ordine di 200 ohm, colle-

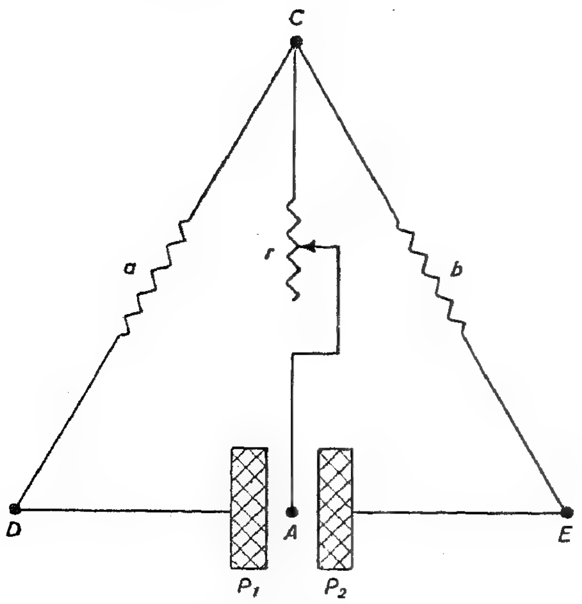


Fig. 2. - Disposizione ideale a « ponte » del circuito per la misura della resistenza tra le piastre omonime dell'accumulatore sotto corrente.

A = Vertice ideale del quadrilatero (acido dell'accumulatore)
a, b = resistenze press'a poco uguali (100 ohm)
r = circuito esterno
D, E = punti fra i quali si misura la resistenza

gando gli estremi alle due piastre omonime e il cursore C al circuito esterno. Il cursore C si mantiene all'incirca nel punto medio — almeno finchè le due piastre non sono eccessivamente squilibrate tra loro, come si può verificare in fine di scarica — (fig. 3). La regolazione delle due piastre si compie così in modo « complementare », aumentando la resistenza in serie ad una di esse e diminuendo l'altra in corrispondenza di altrettanto.

Il montaggio si può ricondurre ancora ad uno schema a « ponte », come viene messo in evidenza nella fig. 2.

D'altronde esso si identifica sostanzialmente con quello che ha servito per la misura della resistenza al contatto tra elettrodo ed elettrolita (1), quando si considerino le due piastre omonime affacciate come elettrodi particolari di una cella elettrolitica.

La resistenza misurata tra i due vertici D e E del quadrilatero risulta pertanto indipendente dalla resistenza disposta nella diagonale, r, finchè i lati siano tutti equilibrati. In queste condizioni essa può essere calcolata con grande approssimazione, componendo come al solito le resistenze dei due circuiti derivati DAE, DCE. Qualora le due piastre siano in condizioni alquanto differenti — come si presenta il caso quando le tensioni « cadono » in misura diversa — la diagonale, r, viene rigorosamente a influire sulla distribuzione della corrente alternata di misura nel ponte, quindi sul valore misurato. Tuttavia, in virtù del valore elevato della resistenza, l'entità della correzione risulta in ogni caso molto piccola e perciò si può ritenere trascurabile l'errore dovuto ad eventuali squilibrî tra le due piastre. Del resto il circuito DCE stesso presenta una resistenza così elevata rispetto a quella da determinare, che si può trascurare senz'altro la sua influenza e scrivere in ogni caso:

$$M = r_i = 2p + l \qquad (1)$$

dove M è il valore letto, e r_i la resistenza del circuito DAE che comprende: le due piastre omonime affacciate — alle quali compete la resistenza al passaggio p — e il liquido interposto di resistenza l. Infatti r_i presenta generalmente valori dell'ordine di pochi decimi di ohm, mentre il circuito DCE comprende circa 200 ohm e quindi l'errore commesso ammonta a pochi decimillesimi di ohm.

Quando però r_i salga a valori superiori — dell'ordine dell'ohm —, come per es. si verifica nel caso delle piastre positive, fortemente sovrascaricate, allora l'errore diventa maggiore e può raggiungere alcuni centesimi di ohm: tuttavia anche in queste condizioni esso risulta inferiore alle incertezze di misura, perchè le letture peggiorano notevolmente e quindi in definitiva abbiamo ritenuto di poter sempre trascurare ogni termine correttivo, applicando semplicemente la formula (1) scritta sopra.

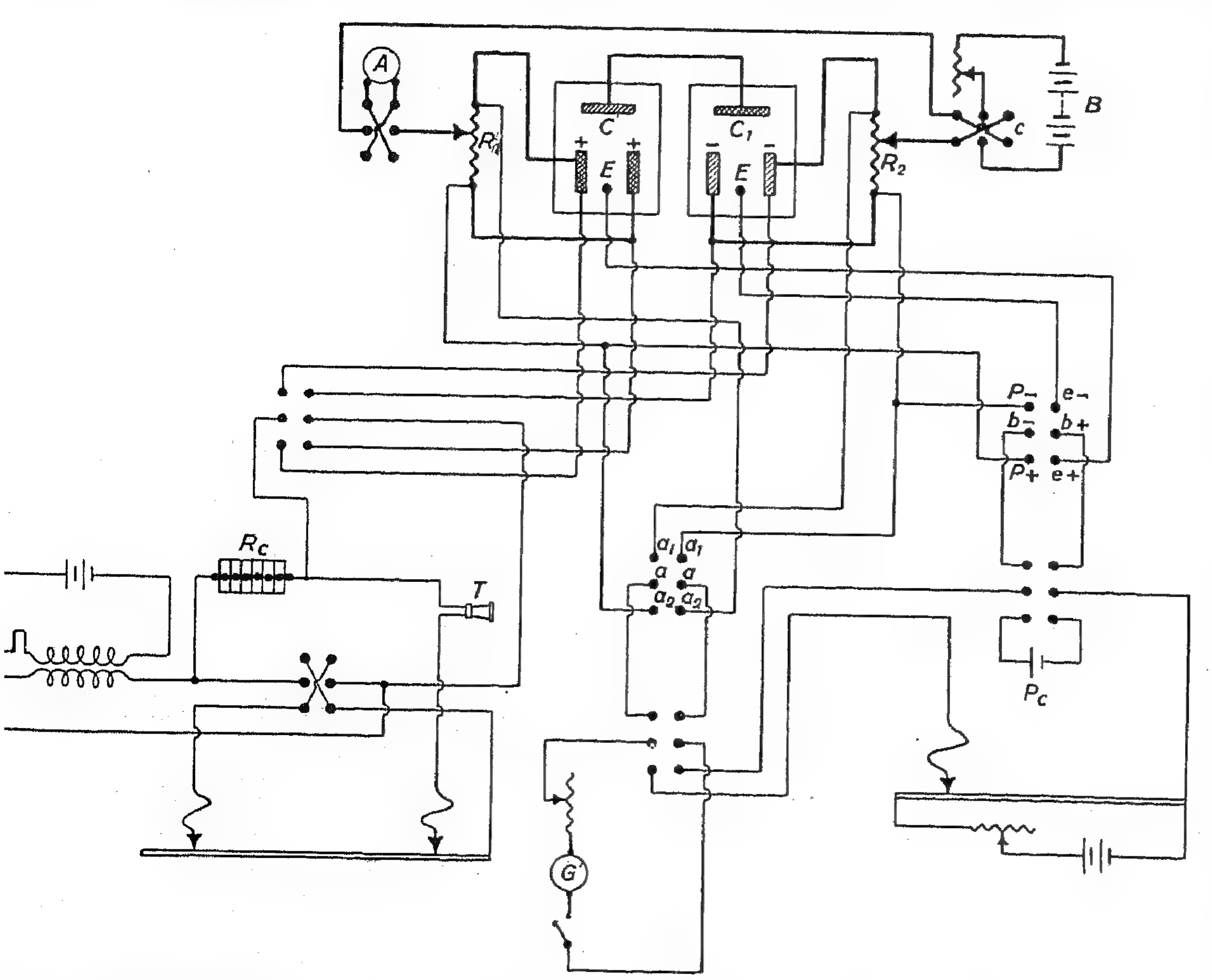
Lo schema generale dei circuiti è riportato nella fig. 3.

Il circuito di scarica e carica è stato disegnato in grassetto. Mediante commutatori appositi si possono invertire il senso della corrente e l'inserzione degli apparecchi indicatori nei due casi.

Allo scopo di poter fare contemporaneamente le misure alle piastre positive e negative sono state disposte due celle in serie con le coppie di piastre in studio. (Lo stesso risultato sarebbe stato evidentemente raggiunto, sebbene con minore precisione, con un'unica cella, sdoppiandovi sia le piastre positive come le piastre negative).

La misura di resistenza viene effettuata al solito mediante il ponte modificato di Kohlrausch (rappresentato in basso a sinistra della fig. 3), nel quale si possono inserire successivamente la coppia di piastre positive o la coppia di piastre negative, valendosi degli appositi pozzetti di mercurio.

Il potenziale delle piastre studiate viene determinato rispetto ad un elettrodo nor-



ig. 3. - Schema generale dei circuiti per la misura delle variazioni di resistenza e di tensione alle piastre di un accumulatore durante il passaggio prolungato di corrente

A = amperometro del circuito di carica e scarica
B = batteria da ca 200 V
C, C_1 = celle
c = commutatore di carica e scarica
E, E = elettrodi a solfato di mercurio
G = galvanometro di zero
P_c = pila campione
R_1 R_2 = resistenze di equilibrio
R_c = resistenza campione

(1) Cfr. Scarpa e Denina: *Zeit. f. Phys. Chemie*, Cohenband, 1927.

male E (ad $Hg - Hg_2\,SO_4 - H_2\,SO_4\;N/1$) mediante un potenziometro (raffigurato nella fig. 3, a destra in basso): un apposito commutatore $P - b - e$ permette misure immediatamente successive alle varie piastre.

Il galvanometro G (rappresentato in centro e in basso della fig. 3) mediante i commutatori, disposti come nello schema, viene utilizzato sia come strumento di zero per il potenziometro, sia per equilibrare le piastre omonime affacciate.

Quest'ultima regolazione si ottiene agendo sulle intensità di corrente erogate, mediante le resistenze R_1 e R_2, manovrando i cursori C.

È ovvio aggiungere che le caratteristiche delle piastre di accumulatore usate, la capacità delle vasche, la quantità di acido e le modalità di circolazione del liquido, risultano tuttora le stesse, come per i dispositivi precedentemente descritti (1).

Esperienze eseguite e risultati ottenuti.

Le piastre – tipo Qt, Tudor a ossidi riportati, di mm 43 × 43 × 5 – vennero fatte attraversare successivamente da corrente in senso contrario, a intensità differenti, determinando in corrispondenza le variazioni di tensione e di resistenza. Riportiamo qui alcuni risultati resi evidenti nei diagrammi delle fig. 4, 5, 6, e una tabella di valori numerici, desunti da quelli che hanno servito alla costruzione del diagramma della fig. 6, i quali si riferiscono ad un passaggio di corrente — nel senso della scarica — eccessivamente prolungato, tale da invertire la natura delle piastre.

I valori riferiti per le resistenze sono quelli direttamente misurati, e cioè valgono, come già si è detto:

$$r_i = 2\,p + l$$

dove p è la resistenza ad una singola piastra, l la resistenza del liquido interposto. Le variazioni risultano perciò doppie di quelle relative ad una sola piastra; inoltre i valori sono riferiti alla intera superficie attiva e vanno perciò moltiplicati per l'area corrispondente, onde essere riportati all'unità di superficie.

I valori della intensità di corrente si intendono per ogni singola piastra (e cioè la corrente totale nel circuito risulta doppia di quella indicata).

I valori dati per la tensione non comprendono soltanto la f. e. m. vera tra lastra e liquido, perchè a questa si aggiunge la caduta ohmica esistente, in causa del passaggio di corrente, tra la piastra e il punto in cui pesca il sifone dell'elettrodo campione. La caduta ohmica nell'interno del liquido rimane praticamente costante in tutta l'esperienza perchè il liquido non varia sensibilmente: perciò essa comporta soltanto uno spostamento costante di tutti i valori, d'altronde di piccola entità. Molta maggior importanza può assumere invece la caduta ohmica dovuta alla resistenza al passaggio, quando quest'ultima raggiunge valori elevati, nel qual caso si può calcolare la f. e. m. vera, valendosi dei valori misurati per la resistenza stessa.

Discussione dei risultati sperimentali.

Come già avevamo enunciato nella nota precedente, per quanto riguarda il periodo durante il quale le piastre conservano la loro polarità originale, i risultati ottenuti confermano pienamente le conclusioni passate. Pertanto, senza ritornare inutilmente a discutere fenomeni già visti, ci sembra ora soprattutto interessante analizzare il comportamento delle piastre durante l'inversione di polarità, per mettere in luce vari dettagli, che valgono ad approfondire le nostre conoscenze sulla natura delle reazioni e sul funzionamento dell'accumulatore a piombo.

(1) *L'Energia Elettrica*, N. 2 e N. 4, febbraio ed aprile 1931, Note I e II.

Comportamento delle lastre negative in corso di ossidazione. - Prolungando eccessivamente il passaggio della corrente, nel senso ordinario di scarica, la tensione della lastra negativa misurata rispetto all'elettrodo normale a solfato mercuroso, dopo essere gradualmente diminuita fino a un valore dell'ordine di — 0,8 volt, si inverte con grande rapidità a valori fortemente positivi, proprî di lastre positive *in carica*. La resistenza alle piastre, la quale è aumentata — come già si è più volte messo in evidenza — assai poco durante la scarica, presenta, al momento dell'inversione, un aumento alquanto più sentito, però sempre assai piccolo rispetto agli aumenti che si riscontrano alla lastra positiva.

Così in una esperienza al regime di 0,4 A (fig. 4) nell'intervallo di 10' tra due determinazioni successive, le piastre sono già passate da — 0,88 a + 1,46 V e la resistenza presenta ap-

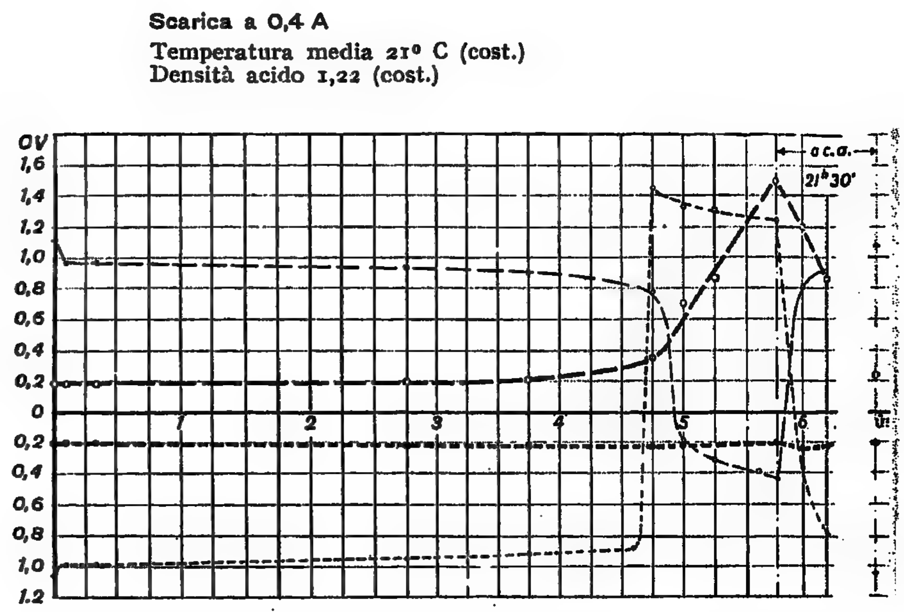


Fig. 4. - Variazioni di tensione e di resistenza alle piastre di un accumulatore a piombo provocate dal passaggio prolungato di corrente a 0,4 A

— — — tensione delle piastre positive (riferita all'elettrodo $Hg.Hg_2\,SO_4.\,H_2SO_4$ N
– – – – – » » » negative (riferita all'elettrodo $Hg.Hg_2\,SO_4.\,H_2SO_4$ N
— – — resistenza alle piastre positive
– – – – – » » » negative

pena un aumento di 0,03 ohm (cioè 0,015 per lastra) rispetto al valore iniziale. In un altro caso (fig. 5) a 0,25 A, tre determinazioni effettuate rispettivamente a intervallo di 15' e di 5 forniscono rispettivamente per la tensione i valori di — 0,79, — 0,258, + 1.382 V: in corrispondenza la resistenza da 0,205 ohm

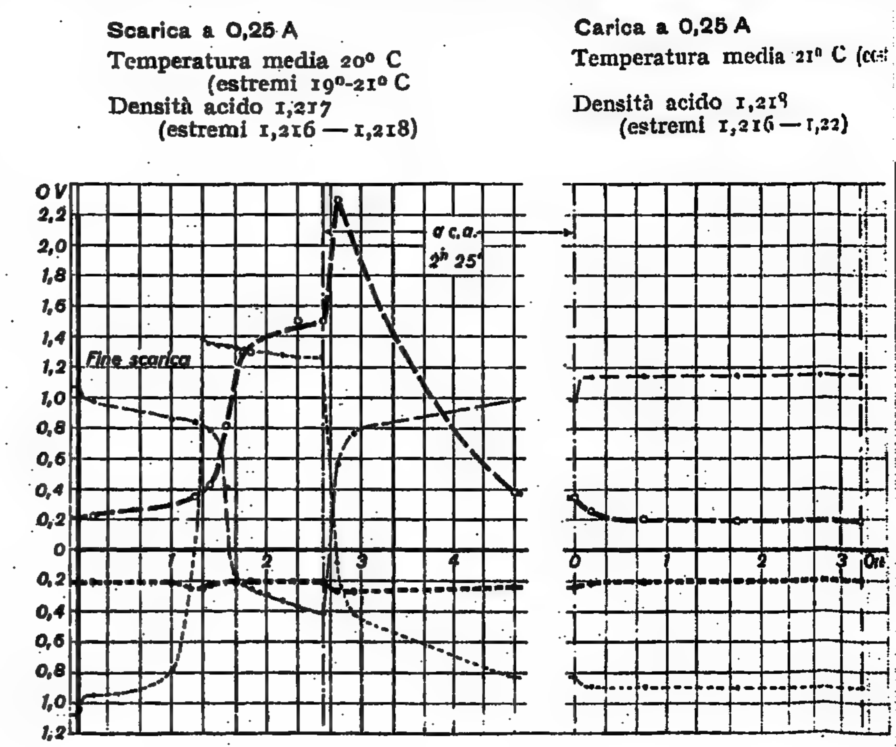


Fig. 5. - Variazioni di tensione e di resistenza alle piastre di un accumulatore a piombo provocate dal passaggio prolungato di corrente a 0,25 A

— — — tensione delle piastre positive (riferita all'elettrodo $Hg.Hg_2\,SO_4.\,H_2SO_4$ N
– – – – – » » » negative (riferita all'elettrodo $Hg.Hg_2\,SO_4.\,H_2SO_4$ N
— — — resistenza alle piastre positive
– – – – – » » » negative

nella prima misura è saltata nella seconda determinazione a 0,26 dimostrando un aumento di 0,06 ohm (0,03 per lastra) rispetto al valore iniziale.

La tensione della lastra invertita raggiunge un valore assai elevato, cui segue una diminuzione più o meno lenta, quindi essa si stabilisce mantenendosi quasi costante.

Ad esempio nella esperienza sopracitata (fig. 4) la tensione, dopo essere salita a + 1,46 volt, diminuisce in 15' a 1.344, in altri 15' a 1.31, dopo 1/2 h a 1.247; nella 2ª esperienza, dopo

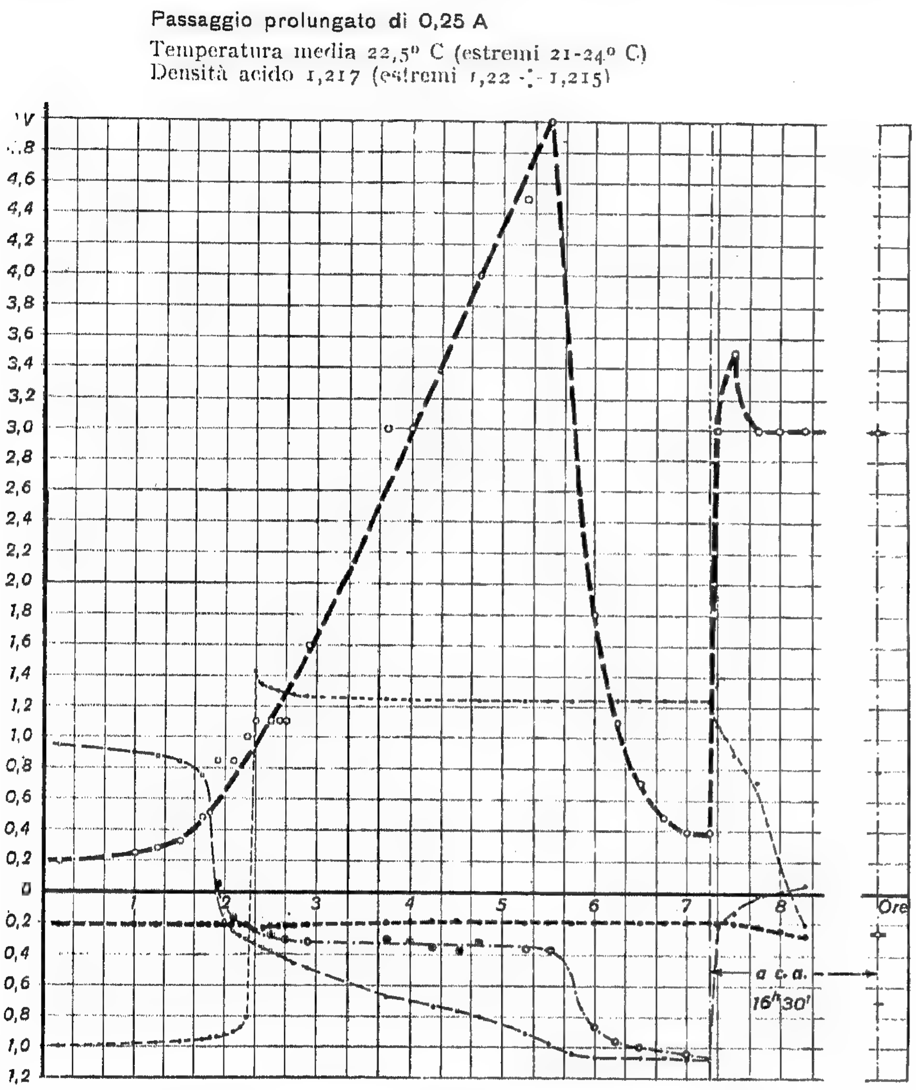


Fig. 6. - Variazioni di tensione e di resistenza alle piastre di un accumulatore a piombo durante la « formazione » per « inversione » di polarità.

— — — tensione nelle piastre positive (riferita all'elettrodo $Hg.Hg_2 SO_4.H_2SO_4$ N/1)
——— » » » negative (riferita all'elettrodo $Hg.Hg_2 SO_4.H_2SO_4$ N/1)
—.—.— f. e.m. delle piastre positive (riferita all'elettrodo $Hg.Hg_2 SO_4.H_2SO_4$ N/1)
------ » » » negative (riferita all'elettrodo $Hg.Hg_2 SO_4.H_2SO_4$ N/1)
— — — resistenza alle piastre positive
------ » » » negative

aver presentato il valore di 1.382, passa in 5' a 1.354, in altri 5' a 1.347 e continua a diminuire lentamente, diventando 1.284 dopo 1 ora. Nei diagrammi riportati, particolarmente dalla fig. 6, il fenomeno risulta del resto evidentissimo.

I valori massimi raggiunti dalla resistenza e dalla tensione possono presumibilmente essere alquanto superiori a quelli riferiti poichè l'inversione avviene in modo assai rapido e le curve possono perciò presentare una « punta » pronunciata, la quale sfugge alle misure, essendo difficile seguirle con sufficiente prontezza.

Così nell'esperienza di cui la fig. 6 (vedi tabella) l'inversione avviene in pochi minuti e l'aumento di resistenza passa tra due letture successive, nell'intervallo di 5', da 0,01 e 0,055 ohm, per ricadere in altri 5' da 0,055 a 0.04 ohm. In corrispondenza la tensione sale in 5' da — 0,80 a + 1,43 e ridiscende nei 5' successivi a + 1,356 V.

La causa del comportamento presentato dalla tensione non può essere attribuito — almeno per la sua massima parte — alle variazioni di resistenza alle piastre — come molti trattati sugli accumulatori affermano senza approfondire maggiormente la questione —, perchè il valore della caduta ohmica corrispondente, ottenuto moltiplicando la intensità della corrente per il massimo aumento di resistenza misurato, risulta del tutto inadeguato a dar ragione della entità della punta riscontrata nella tensione. Infatti nelle esperienze citate le variazioni di resistenza raggiungono appena qualche centesimo di ohm e comportano per conseguenza soltanto alcuni millesimi di volt di caduta ohmica, mentre le variazioni nella tensione ammontano a molti centesimi di volt e arrivano all'ordine dei decimi.

Così riferendoci agli esempi citati poco sopra: 0,03 ohm (per piastra) sotto 0,25 A, corrispondono a 0.0075 V; 0,015 sotto 0,4 A valgono 0,006 V appena, mentre la tensione presenta una punta rispettivamente di oltre 0,22 V nel 2° caso e 0,10 nel primo. Notevole il fatto che nell'esperienza in cui l'aumento di resistenza è stato minore si nota una punta più pronunciata nella tensione, contrariamente a quanto dovrebbe riscontrarsi nell'ipotesi che le variazioni di tensione dipendano dalle variazioni di resistenza. Dobbiamo tuttavia ricordare che le resistenze da noi misurate sono resistenze differenziali e non resistenze medie (cfr. introduzione, questa Rivista, n.° 1): tuttavia ci sembra da escludere una differenza molto sentita tra i due valori (come viene dimostrato dalle conseguenze che trarremo circa il comportamento delle f. e. m. delle piastre positive fortemente sovrascaricate).

Noi crediamo pertanto che la causa principale del fenomeno debba piuttosto ricercarsi in *fenomeni di squilibrio* nella saturazione e nella concentrazione dei vari joni in gioco, i quali si debbono verificare in modo analogo a quanto abbiamo detto riguardo i « colpi di frusta » iniziali, ma in misura superiore, in virtù del rapido cambiamento di condizioni e sopratutto della brusca variazione nella concentrazione dell'acido, che, diluito durante la riduzione, si concentra nell'ossidazione.

Le piastre negative in fine di scarica risultano infatti coperte da solfato e l'acido che le impregna si è eccessivamente diluito: per conseguenza la solubilità del solfato stesso risulta assai diminuita rispetto a quella che si riscontra nell'acido usuale, poichè la solubilità del $Pb\,SO_4$ varia notevolmente con la concentrazione dell'acido (1). D'altra parte il piombo, sottratto dal contatto del liquido, non risulta più in grado di jonizzarsi con sufficiente rapidità; continuando a passare la corrente che provoca un continuo richiamo di cariche elettriche negative dalla superficie dell'elettrodo, si verifica necessariamente un difetto di elettroni: l'equilibrio tra joni Pb^{++} e Pb^{++++} esistenti nella soluzione a contatto con l'elettrodo si deve spostare perciò nel senso di formazione di joni Pb^{++}_{++}:

$$Pb^{++} \longrightarrow Pb^{++++} + 2\,\ominus$$

Nuovo $Pb\,SO_4$ deve allora sciogliersi per sopperire alla scomparsa degli joni Pb^{++}, mentre gli joni Pb^{++++} si riuniscono agli joni OH^{-} — che provengono dalla dissociazione dell'acqua (e sono d'altra parte favoriti dal senso della corrente elettrica) — per formare molecole $Pb\,O_2$, secondo l'equazione:

$$Pb^{++++} + 4\,OH^{-} \longrightarrow Pb\,O_2 + 2\,H_2\,O$$

D'altronde anche gli joni Pb^{++} possono reagire direttamente con gli ioni OH^{-} per dare joni $Pb\,O_2^{=}$ i quali alla loro volta possono cedere la carica negativa per dare molecole di $Pb\,O_2$.

La scomparsa di un jone OH^{-} provoca la messa in libertà di un jone H^{+}, proveniente dall'H_2O, e l'entrata in soluzione di una quantità equivalente di jone SO_4, proveniente dal solfato che si scioglie per sopperire alla scomparsa del piombo, ossidato e precipitato nelle molecole di $Pb\,O_2$: in altre parole si ha formazione di $H_2\,SO_4$.

L'acido va pertanto riconcentrandosi nei pori delle piastre.

A maggiore concentrazione di acido corrisponde maggior

(1) Cfr. Dolezalek: « La théorie de l'accumulateur à plombo ». Paris, *Bèranger*, 1902; pag. 117.

solubilità di $PbSO_4$, quindi il solfato deve continuare a sciogliersi per doppia ragione: per sostituire quello che viene ossidato e per mantenere saturo il liquido che va acidificandosi vieppiù: perciò facilmente si può verificare uno squilibrio di saturazione.

D'altra parte entra probabilmente in gioco una ulteriore causa di squilibrio, che consiste nella mancanza di centri di cristallizzazione, per cui il liquido facilmente si sovrassatura rispetto alle molecole di PbO_2 (e quindi in joni Pb^{++}_{++}), prima che si riesca a formare la nuova fase solida, costituita dal biossido di piombo.

È noto infatti come potenti forze « superficiali » ostacolino la formazione di una nuova fase al confine tra due altre preesistenti. Basta pensare alle forti « pressioni negative » esercitate da un liquido, che si contrae per raffreddamento, sulle pareti del recipiente che lo contiene, quando il recipiente stesso sia stato completamente riempito e chiuso alla fiamma, in modo da escludere ogni fase gazzosa preesistente, che aiuti la formazione della bolla di vapore: esse sono state messe in evidenza dalle esperienze di Worthington e delle misure di J. Meyer.

Forze di tale natura presentano presumibilmente massima importanza in tutti i fenomeni che si verificano agli elettrodi, quando le reazioni elettrochimiche provocate dalla corrente danno origine a una nuova fase.

Nell'elettrolita che bagna la piastra, al momento dell'inversione, si deve pertanto creare, per queste varie ragioni, rispetto alle condizioni di equilibrio un difetto di joni Pb^{++} e un eccesso di joni Pb^{++}_{++}.

Ora il potenziale di un elettrodo dipende dalla concentrazione che le specie molecolari — capaci di determinare la reazione elettrochimica caratteristica all'elettrodo — assumono nell'elettrolita.

Finchè il piombo si trova in contatto con il liquido, la reazione elettrochimica che determina la natura della piastra risulta quella di jonizzazione del piombo:

$$Pb \longrightarrow Pb^{++} + 2\,\Theta$$

Tuttavia — almeno da un punto di vista teorico, comune nei ragionamenti di chimica fisica, nei quali si estrapolano le formule per la continuità di applicazione fino a concentrazioni molto piccole — si può pur sempre ritenere che in ogni caso alla superficie dell'elettrodo vi siano joni piombo quadrivalenti, dei quali la concentrazione risulta determinata dalle condizioni di equilibrio della reazione:

$$Pb^{++} \rightleftarrows Pb^{++++} + 2\,\Theta$$

Il potenziale delle piastre pertanto può esprimersi mediante due relazioni, che si ottengono applicando (1) le regole di calcolo dei potenziali elettrolitici all'una o all'altra delle reazioni elettrochimiche scritte precedentemente:

$$E = E_0 + \frac{R\,T}{2\,F} \log \frac{[Pb^{++}]}{[Pb]}$$

oppure

$$E = E'_0 + \frac{R\,T}{2\,F} \log \frac{[Pb^{++++}]}{[Pb^{++}]}$$

Queste due espressioni devono del resto fornire lo stesso valore di E in virtù del legame esitente (2) tra le concentrazioni delle varie specie molecolari, poichè:

$$Pb^{++++} + Pb \rightleftarrows 2\,Pb^{++}$$

Finchè il piombo continua a jonizzarsi il potenziale delle piastre dipende essenzialmente dal logaritmo del rapporto tra le concentrazioni del Pb^{++} e del Pb, che si possono imaginare in condizioni di saturazione nel liquido. Il potenziale corrisponde a quello della coppia $Pb/PbSO_4$ (Pb/Pb^{++}).

La $[Pb^{++++}]$ in queste condizioni risulta molto inferiore a quella necessaria per provocare la precipitazione di PbO_2 in presenza degli joni OH^-, contenuti nel liquido. Ma quando il Pb viene a mancare, il potenziale della piastra cresce (poichè Pb diminuisce e quindi nella formula corrispondente diminuisce il denominatore), la Pb^{++++} in corrispondenza aumenta, fino a superare il valore di saturazione nel modo che si è detto prima, e il potenziale corrisponde ora essenzialmente alla coppia $PbO_2 - PbSO_4$ $(Pb^{++++} . Pb^{++})$ che caratterizza le piastre positive.

Se però, almeno in un primo tempo — in causa dei fenomeni di squilibrio, dianzi ricordati — la concentrazione degli joni Pb^{++} diminuisce rispetto a quella che compete alla coppia $PbO_2/PbSO_4$ e la concentrazione degli joni Pb^{++++} al contrario aumenta, evidentemente nelle formule date il logaritmo assume valori maggiori e il potenziale diventa perciò superiore a quello di equilibrio, cioè superiore a quello di una lastra positiva ordinaria.

Quindi con il procedere delle reazioni, man mano il $PbSO_4$ aumenta di concentrazione nella soluzione raggiungendo la saturazione e il PbO_2 comincia a cristallizzare normalmente, si attenua lo squilibrio iniziale determinatosi bruscamente per il cambiamento di condizioni e il potenziale si riavvicina a quello presentato comunemente da una piastra positiva in carica.

Questo modo di vedere è confermato ad es. dalle misure di Vinal (1) e Altrup, i quali a bassa temperatura hanno riscontrato nella f.e.m. di un accumulatore valori anormali, dell'ordine perfino di 10 volt, dovuti con tutta probabilità ai fortissimi squilibrii nella concentrazione, che si possono verificare alle basse temperature, quando la viscosità è grande e per conseguenza le mobilità molto piccole.

D'altra parte nei colpi di frusta che si osservano durante la carica o la scarica di una piastra, si notano, come già si è detto, fenomeni analoghi, i quali però risultano attenuati, perchè non si hanno variazioni così brusche nella concentrazione dell'acido come durante l'inversione e perciò lo squilibrio nella saturazione del solfato di piombo risulta minore.

A conferma delle ipotesi ora discusse sembra interessante eseguire esperienze di inversione di polarità delle piastre, aumentando opportunamente la viscosità del liquido, onde esaltare i fenomeni di squilibrio. Di esse verrà reso conto in altra nota.

La formazione di acido che accompagna l'inversione di polarità, appena il solfato comincia a ossidarsi — secondo le modalità che abbiamo descritte e che non differiscono sostanzialmente da quelle di carica di una lastra positiva — comporta un immediato abbassamento di resistenza. Pertanto il piccolo aumento verificatosi proprio al momento dell'inversione in fine di scarica — dopo aver probabilmente raggiunto un valore massimo acuto, come si è detto — si attenua rapidamente per annullarsi in breve.

Talora anzi la resistenza discende a valori inferiori a quello presentato inizialmente, prima di iniziare la scarica, dalle piastre ben cariche (cfr. per es. fig. 6 e tabella numerica). Il fenomeno va presumibilmente attribuito all'aumento di temperatura verificatosi nel frattempo, in causa del passaggio prolungato di corrente (nell'esperienza citata la temperatura media dell'acido è salita di 3° C e forse nell'interno delle piastre anche di più).

(1) Cfr. per es. lo *Schema di sviluppo sistematico per lo studio della Elettrochimica* presentato dal prof. Denina alla XXXIV Riunione dell'A.E.I. (Francavilla-Pescara, settembre 1929).

(2) Una discussione delle varie reazioni elettrochimiche — che caratterizzano le « coppie » Pb-Pb^{++}, Pb^{++}-Pb^{++++}, $Pb.Pb^{++++}$ — e dei potenziali elettrolitici corrispondenti è stata da noi svolta nella nostra nota: *Esperienze che contraddicono la teoria di Féry per l'accumulatore a piombo*, pubblicata nel « Notiziario Chimico Industriale » di Torino, aprile 1928.

(1) VINAL e ALTRUP: *Sci. Papers, Bureau of Standards*, N. 434, 1922. VINAL: *Storage Batteries*, J. Wiley, New Jork, 1924.

COMPORTAMENTO DELLE PIASTRE DI ACCUMULATORE SOTTOPOSTE AL PASSAGGIO PROLUNGATO DI 0,25 A.

Temperatura media 22.5° C (*val. estr.* 21°÷24° C) *Densità acido* 1,217 (*val. estr.* 1,22÷1,215)

TEMPI	PIASTRE +			PIASTRE —			ANNOTAZIONI
	Potenziale rispetto all'elettrodo camp. Hg. Hg_2SO_4. H_2SO_4 N/1	Resistenza $2p^{+} + 1$	Incrementi di resistenza rispetto al valore iniziale	Potenziale rispetto all'elettrodo comp. Hg. Hg_2SO_4. H_2SO_4 N/1	Resistenza $2p^{-} + 1$	Incrementi di resistenza rispetto al valore iniziale	
a c. a.		0,180	—		0,195	—	Piastre cariche
							Le piastre vengono scaricate normalmente
0	0,950	0,200	0,020	— 0.988	0,210	0,015	Si inizia l' esperienza con piastre già scariche
1h —	0,900	0,250	0,070	— 0,976	0,215	0,020	
1h 30'	0,840	0,330	0,150	— 0,960	0,215	0,020	
1h 45'	0,756	0,480	0,300	— 0,950	0,215	0,020	
1h 55'	— 0,030	0,850	0,670	— 0,930	0,215	0,020	
2h 5'	— 0,258	0,850	0,670	— 0,905	0,215	0,020	
2h 15'	— 0,306	1,—	0,820	— 0,805	0,205	0,010	
2h 20'	— 0,332	1,100	0,920	1,430	0,250	0,055	
2h 25'	— 0,362			1,356	0,235	0,040	
2h 30'	— 0,380	1,100	0,920	1,332	0,225	0,030	
2h 40'	— 0,426	1,100	0,920	1,294	0,215	0,020	
2h 55'	— 0,493	1,600	1,420	1,277	0,205	0,010	
3h 45'	— 0,656	3,—	2,820	1,257	0,190	— 0,005	
4h 45'	— 0,800	4,—	3,820	1,246	0,185	— 0,010	
5h 30'	— 0,975	5,—	4,820	1,242	0,185	— 0,010	
6h —	— 1,064	1,80	1,620	1,242	0,185	— 0,010	
6h 15'	— 1,064	1,10	0,920	1,244	0,185	— 0,010	
6h 30'	— 1,064	0,71	0,530	1,244	0,185	— 0,010	
7h 15'	— 1,074	0,39	0,210	1,244	0,185	— 0,010	A questo punto si interrompe il passaggio di corrente.
7h 20'	— 0,220	3,—	2,820	1,086	0,185	— 0,010	A circuito aperto
7h 30'	— 0,123	3,500	3,320	0,894	0,190	— 0,005	» » »
7h 45'	— 0,060	3,—	2,820	0,720	0,225	0,030	» » »
8h 15'	0,060	3,—	2,820	— 0,210	0,280	0,085	» » »
23h 45'	0,790	3,—	2,820	— 0,700	0,255	0,060	» » » a questo punto si inverte il senso della corrente.
28h 45'	1,130	0,200	0,020	— 1,054	0,200	0,005	In corso di carica
47h 45'	1,178	0,185	0,005	— 1,082	0,200	0,005	

Del resto il comportamento non differisce da quello descritto nei lavori precedenti.

Se però ora in queste condizioni si interrompe il circuito, abbandonando a sè le piastre — parzialmente biossidate — la tensione si « ristabilisce » con una caduta, dapprima rapida, quindi più lenta, verso i valori negativi iniziali, mentre la resistenza cresce alquanto, raggiunge un massimo e ritorna lentamente a diminuire.

Il fenomeno trova la sua spiegazione esauriente nelle « coppie locali », che si determinano alla superficie delle piastre, dove vengono a trovarsi contemporaneamente PbO_2 di fresco formato, $PbSO_4$ e Pb sottostante — non completamente solfatato nella scarica precedente —.

Infatti le concentrazioni di Pb^{++}, Pb^{++++} e Pb in tali condizioni risultano incompatibili tra loro: basta pensare che Pb e $PbSO_4$ costituiscono una coppia, il cui potenziale corrisponde a quello di una lastra negativa, PbO_2 e $PbSO_4$ d'altra parte la coppia di una lastra positiva, quindi tra punto e punto della piastra « invertita » vengono a stabilirsi potenziali diversi a seconda della preponderanza dell'uno o dell'altro componente. Poichè il circuito si può chiudere attraverso la massa della piastra stessa e attraverso il liquido, si hanno come piccoli accumulatori chiusi in un corto circuito: si hanno cioè, come suol dirsi, tante « coppie locali », le quali portano alla solfatazione del piombo e del biossido presenti, per scarica contemporanea dei « punti » negativi e positivi.

Pertanto l'acido che bagna le piastre deve diluirsi; la formazione di solfato ostacola vieppiù l'accesso di nuovo acido e la resistenza aumenta. D'altra parte il biossido presente va distruggendosi e questa causa, unita alla precedente, attenua l'azione delle coppie locali: il fenomeno va rallentando nel tempo.

Man mano però il PbO_2 si distrugge, il potenziale diminuisce: infatti il piombo, benchè difficilmente accessibile all'acido risulta pur sempre presente e — attenuandosi l'azione delle coppie locali — in virtù della diffusione il contatto tra piombo e acido finisce per ristabilirsi normalmente (come per una piastra fortemente solfatata): in definitiva il potenziale si avvicina sempre più ai valori propri della coppia Pb - $PbSO_4$, anche la resistenza riprende a diminuire e si ristabilisce a valori molto bassi (che però in causa della eccessiva solfatazione si mantengono di qualche centesimo superiori a quelli iniziali).

Il massimo raggiunto dalla resistenza sembra corrispondere press'a poco al punto in cui il ristabilimento della tensione subisce un rallentamento (che dà origine a un gomito nella curva) quando le coppie locali si attenuano sensibilmente e la riconcentrazione dell'acido comincia a far sentire la sua influenza.

Comportamento delle piastre positive in corso di inversione. — Le pistre positive presentano fenomeni sostanzialmente analoghi a quelli ora visti per le negative: tuttavia, in causa delle maggiori diluizioni dell'acido che le bagna, le variazioni di resistenza sono al solito di gran lunga più cospicue; d'altra parte la tensione delle piastre positive a ossidi riportati, da noi sperimentate, s'inverte in modo graduale, e non presenta lo squilibrio sopra ricordato.

Nel primo periodo di scarica i fenomeni procedono secondo le modalità note dalle precedenti esperienze (cfr. Nota II) e gli aumenti della resistenza si accentuano sempre più al cadere della tensione. Quando quest'ultima s'avvicina al cosidetto « gomito » — circa al valore di 0,8 volt rispetto all'elettrodo normale a $Hg \cdot Hg_2SO_4$ — la resistenza prende a salire rapidamente: la tensione, dopo essere precipitata a valori negativi (rispetto all'elettrodo normale), riprende una graduale lunga discesa, mentre la resistenza continua a salire fino a raggiungere valori relativamente altisimi.

I valori della resistenza che si leggono in questo periodo sono alquanto irregolari: talora sembrano mantenersi costanti per un certo tempo, quindi presentano subitamente salti rilevanti, come si può notare nel diagramma della fig. 6, dove la curva è stata interpolata tra i punti sperimentali e tracciata in modo continuo, mentre in realtà si hanno dei punti raggruppati a formare come due gradini (per es. attorno al valore di 1,1 ohm e di 3 ohm).

Probabilmente a questa singolarità è dovuta nella fig. 5 la forma apparente della curva della resistenza alle piastre positive — che sembra quasi indicare un rallentamento negli incrementi della resistenza — mentre, prolungando l'esperienza, forse si sarebbero notati valori più alti, corrispondenti al rapido andamento precedente: il punto a 2,3 ohm, letto appena interrotto il circuito, sembra confermare la nostra presunzione.

In ogni caso le letture in queste condizioni sono molto peggiorate e diventano quindi incerte, probabilmente in causa dei fenomeni di capacità e di distorsione che acquistano maggiore importanza al crescere della resistenza.

Infatti la capacità all'elettrodo si può ritenere in parallelo sulla resistenza di passaggio: quindi, quando quest'ultima cresce, la componente di capacità (della corrente alternata di misura al ponte) risulta esaltata rispetto alla componente ohmica e lo sfasamento per conseguenza aumenta.

Inoltre si deve tener presente che la resistenza da noi letta è una resistenza differenziale, la quale dipende dalle modalità con le quali il potenziale delle piastre varia al variare dell'intensità di corrente (1): quando le piastre sono esageratamente scariche esse possono quindi dar luogo a distorsioni, le quali concorrono a peggiorare la lettura.

Qualora si prolunghi eccessivamente il passaggio della corrente — come nell'esperienza cui si riferiscono la fig. 6 e la tabella numerica — la tensione delle piastre positive finisce per raggiungere il valore proprio ad una lastra negativa — circa — 1 V rispetto all'elettrodo normale a solfato mercuroso —: immediatamente la resistenza — che aveva superato 5 Ohm — piomba rapidamente a valori minori, quali si potrebbero riscontrare con lastre negative solfatate a fondo. La lastra si è invertita e, come già per le piastre negative, al momento della inversione si verifica un massimo di resistenza. Tuttavia il massimo raggiunto dalle positive risulta di ben diversa entità dal massimo accusato dalle negative, poichè le negative presentano appena alcuni centesimi di ohm di aumento, contro ai vari ohm delle positive.

Analizzando il meccanismo del fenomeno ci sembra ritrovare una riconferma ulteriore alla teoria della doppia solfatazione, in quanto essa — opportunamente completata — permette di spiegare soddisfacentemente il comportamento descritto.

Durante la scarica ordinaria la reazione elettrochimica che caratterizza la piastra positiva di accumulatore consiste nella riduzione del piombo quadrivalente — proprio del biossido PbO_2 — in piombo bivalente (solfato $PbSO_4$) per effetto degli elettroni che arrivano in eccesso dal circuito metallico

$$Pb^{++++} + 2\,\Theta \longrightarrow Pb^{++}$$

gli joni Pb^{++++} provengono dal PbO_2 perchè

$$PbO_2 + 2\,H_2O \longrightarrow Pb^{++++} + 4\,OH^-$$

d'altra parte

$$Pb^{++} + SO_4^{=} \longrightarrow PbSO_4$$

e

$$4\,OH^- + 4\,H^+ \longrightarrow 4\,H_2O$$

(detraendo le 2 H_2O necessarie alla jonizzazione del PbO restano due molecole d'acqua formate nella scarica).

Sono possibili tuttavia altre reazioni parallele, che sostanzialmente conducono agli stessi risultati perchè si può imaginare ad es. che il PbO_2 si jonizzi direttamente:

$$PbO_2 + 2\,\Theta \longrightarrow PbO_2^{--}$$

quindi l'jone $PbO_2^{=}$ reagisce dando origine a joni Pb^{++} (e perciò a $PbSO_4$) e a joni OH^- (perciò a H_2O) secondo l'equazione:

$$PbO_2^{=} + 2\,H_2O \longrightarrow Pb^{++} + 4\,OH^-$$

$$Pb^{++} + SO_4^{=} \longrightarrow PbSO_4 \quad ; \quad 4\,OH^- + 4\,H^+ \longrightarrow 4\,H_2O$$

Quest'ultimo modo di vedere sembra anzi più sintetico ed evidente.

Quando il PbO_2 a immediato contatto con l'elettrolita si è tutto trasformato in solfato, il PbO_2 sottostante resta difficilmente accessibile all'acido, e il liquido che lo bagna si impoverisce di joni $SO_4^{=}$ e di joni H^+: la tensione cade a valori bassi (negativi rispetto all'elettrodo campione) e la resistenza sale a valori assai alti.

Probabilmente il PbO_2 residuo continua tuttora a jonizzarsi in $PbO_2^{=}$, ma le reazioni successive scritte sopra non possono più verificarsi e non si forma più solfato. Effettivamente la diminuzione di acidità significa un aumento nella concentrazione degli joni OH^- e — poichè questi agiscono alla quarta potenza nella formazione di joni Pb^{++} provenienti dal $PbO_2^{=}$ — la concentrazione di Pb^{++} diminuisce fortemente; d'altra parte diminuisce pure la concentrazione degli anioni $SO_4^{=}$: quindi il prodotto

$$[Pb^{++}]\ [SO_4^{=}]$$

non raggiunge più il valore di solubilità (saturazione) del $PbSO_4$.

Esperienze tuttora in corso in questo Laboratorio dimostrano in modo certo l'assenza di solfatazione in questo periodo. Può darsi che il $PbO_2^{=}$ si unisca allora direttamente con joni H^+ — portati dalla corrente elettrica stessa — per formare $Pb(OH)_2$

$$PbO_2^{=} + 2\,H^+ \longrightarrow PbO_2H_2$$

oppure possono avvenire altre reazioni di formazione di ossidi di piombo variamente idrati e di acqua. Ad ogni modo in questo periodo si deve verificare una reazione elettrochimica ben determinata, alla quale corrisponde un valore ben definito del potenziale elettrico. Questo si può dimostrare calcolando la f. e. m. vera delle piastre, detraendo dal valore della tensione misurata la caduta ohmica *ri*, provocata dalla resistenza che si è andata creando alle piastre.

Basta dividere per due gli aumenti di resistenza osservati (onde ottenere l'aumento proprio a ciascuna piastra affacciata) e moltiplicare quindi per la intensità di corrente (essendo quest'ultima riferita a una singola piastra).

Troviamo così che la f. e. m. della piastra risulta successivamente, contando i tempi a partire dall'inizio dell'esperienza come nella tabella numerica riportata: a 1h 5', 0,11 volt (gomito alla fine della scarica normale); 2h 5', — 0,178; 2h 15' — 0,206, 2h 20' — 0,22 volt; 2h 30' — 0,27 volt; 2h 40' — 0,316; 2h 55', — 0,313; 3h 45' — 0,305; 4h 15' — 0,356; 4h 45' — 0,32; 5h 15' — 0,366; 5h 30' — 0,375; 6h, — 0,86 (gomito al momento dell'« inversione »); 6h 15', — 0,949; 6h 30' — 1,00; 7h 15, — 1,05.

Entro un intervallo di tempo notevole i valori calcolati si dispongono approssimativamente sopra una retta, quasi ori-

(1) Cfr. Introduzione; ne *L'Energia Elettrica*, n. 1, 1931.

zontale, o almeno pochissimo decrescente (vedi in particolare fig. 6), la quale corrisponde al potenziale proprio della reazione elettrochimica caratteristica che avviene alle piastre positive durante questo periodo: esso si aggira attorno a — 0.30 volt (rispetto all'elettrodo normale a solfato mercuroso) — ciò che equivale a 0,8 volt circa per la f. e. m. dell'accumulatore completo —).

Il fenomeno verrà discusso ulteriormente in altra pubblicazione, dove verranno riferiti i risultati di esperienze tuttora in corso in questo Laboratorio.

Ricordiamo tuttavia come l'esistenza di siffatti « gradini » sia stata già notata dal Lorenz in uno studio sulla formazione di ossidi nell'elettrodo a ossigeno [Zeit. f. Elektrochemie t 15 (1909) pag. 157].

L'andamento della f. e. m. vera risulta molto attendibile e quindi costituisce una riprova che i valori della resistenza da noi misurati, nonostante tutte le incertezze, non debbono differire di molto dal vero.

Col procedere della scarica vengono interessati strati della materia attiva vieppiù profondi; l'elettrolita che la impregna probabilmente perde sempre di più la propria acidità per consumo di joni H^+; d'altra parte il poco acido che giunge per diffusione deve andare a solfatare parzialmente, per reazione secondaria, gli ossidi formati. La tensione continua a diminuire, la resistenza a salire, finchè il PbO_2 è esaurito o almeno risulta inaccessibile alla corrente; il salto di potenziale tra elettrodo ed elettrolita risulta sufficientemente negativo — poichè gli elettroni continuano a giungere in eccesso — e può iniziarsi la reazione:

$$Pb^{++} + 2 \ominus \longrightarrow Pb$$

e i composti di piombo presenti si riducono a piombo metallico.

La presenza del solfato di piombo già esistente e del piombo metallico che si forma sulle piastre fissa il valore del potenziale secondo la formula già data a proposito del comportamento delle piastre negative: in altre parole la piastra ora si comporta essenzialmente come una piastra negativa, perchè resta caratterizzata dalla « coppia » $Pb - PbSO_4$.

La f. e. m. presenta in corrispondenza un gomito pronunciato (reso evidente nella fig. 6), e assume rapidamente valori fortemente negativi dell'ordine di un volt rispetto all'elettrodo normale. La tensione misurata, invece, contrariamente alla f. e. m. vera, varia gradualmente, perchè la caduta ohmica maschera il meccanismo elettrochimico puro.

Il gomito della f. e. m. indica la nuova reazione elettrochimica che si inizia alla piastra ed immediatamente la resistenza diminuisce.

Quindi man mano gli joni Pb^{++} si riducono, nuovo solfato deve entrare in soluzione: gli joni $SO_4^{=}$ restano corrispondentemente nel liquido e si ripristina acido solforico. La resistenza si abbassa rapidamente: tuttavia i valori restano alti relativamente al valore ordinario, in causa delle profonde alterazioni avvenute nella profondità della massa attiva, e vanno quindi ripristinandosi lentamente con il procedere della formazione di $H_2\,SO_4$ e di Pb buon conduttore, cioè con il procedere della « carica » della piastra come negativa.

Interrompendo in queste condizioni il passaggio della corrente, quando la piastra positiva è ormai invertita, si notano fenomeni analoghi a quelli descritti per le piastre negative invertite. Infatti si trovano tuttora in presenza PbO_2 residuo, $PbSO_4$, Pb e altri ossidi di piombo, formatisi nel modo detto dianzi: la loro coesistenza risulta impossibile in condizioni di equilibrio, si generano quindi le « coppie locali » — che provocano nuovamente formazione di solfato e consumo di acido — e la resistenza risale bruscamente a valori elevati.

Quindi, come già si è detto per le piastre negative, man mano il piombo formatosi nell'inversione va distruggendosi, l'azione delle coppie locali si attenua, il potenziale complessivo delle piastre rallenta la sua salita verso i valori positivi, la diffusione dell'acido nell'interno delle piastre comincia a prevalere e la resistenza tende a ristabilirsi. Tuttavia quando il passaggio di corrente è stato molto prolungato, come nel caso della esperienza, di cui la fig. 6 e la tabella I, la materia attiva risulta fortemente alterata; inoltre, probabilmente, gli ossidi idrati, che si trovano ancora nella massa, si vanno nel tempo solfatando chimicamente a contatto con l'acido solforico diffuso: il ristabilimento quasi scompare e la resistenza conserva un valore elevatissimo (3 ohm) anche dopo 16 ore di riposo.

Soltanto ponendo in carica la piastra — ripristinando cioè elettroliticamente PbO_2 e $H_2\,SO_4$ — la resistenza ricade ai valori ordinari.

Il comportamento descritto per le piastre positive ci sembra dimostrare in modo evidente come i fenomeni di squilibrio nella tensione, che si sono riscontrati durante l'inversione delle piastre negative, non si debbono assolutamente attribuire a variazioni di resistenza: infatti nel caso delle piastre negative la resistenza è aumentata di pochi centesimi di ohm e il colpo di frusta è stato notevolissimo, nel caso delle piastre positive invece — dove pure la resistenza era aumentata fortemente —, il colpo di frusta è mancato completamente.

Differenza di comportamento di piastre positive diversamente costituite.

I risultati sperimentali da noi ottenuti e discussi, per le piastre positive differiscono alquanto da quelli riferiti per es. dal Jumau (1) nel caso della formazione elettrochimica di una piastra negativa a grande superficie — formata al nitrato e quindi ridotta per azione elettrolitica, onde trasformare il biossido ottenuto in piombo spugnoso —.

Il diagramma riportato dal Jumau indica infatti un notevolissimo colpo di frusta al momento della inversione, mentre manca completamente ogni accenno al « gradino » intermedio da noi trovato.

Ci sembra perciò plausibile ritenere che nell'esempio scelto da Jumau si siano verificati fenomeni di squilibrio analoghi a quelli analizzati nel caso delle piastre negative (squilibrio di saturazione nel solfato di piombo — in causa del rapido cambiamento di concentrazione dell'acido — ritardo alla precipitazione del piombo — che deve separarsi come nuova fase —).

I fenomeni di squilibrio infatti vengono accentuati in causa del brusco cambiamento di condizioni che si verifica nell'inversione; invece nelle nostre esperienze il passaggio è stato intermezzato da un lungo intervallo, in cui è avvenuta un'altra reazione, la quale interessa gli strati più profondi della materia attiva, mentre al momento dell'inversione vengono presumibilmente ridotti gli strati più superficiali, dove si trova il solfato, formatosi precedentemente nel periodo ordinario della scarica: il cambiamento di condizioni risulta quindi assai più graduale.

D'altra parte la presenza del periodo di scarica intermedia deve essere legata allo spessore e alla struttura dello strato attivo: sembra naturale che le piastre « impastate » — per la maggiore difficoltà che può trovare l'acido a penetrare nelle parti più profonde — presentino più facilmente il fenomeno: esso però è stato riscontrato ripetutamente in questo Laboratorio anche nel corso di altre esperienze, scaricando uno strato sottile di PbO_2, depositato su platino: sul fenomeno deve influire anche la densità di corrente e la concentrazione dell'acido: nel caso riferito dal Jumau la corrente era stata mantenuta a 0,108 A, per dm² di superficie apparente, l'acido era assai diluito (a 3°-4° Bè).

(1) Jumau: *Etude résumé des accumulateurs électriques*, pag. 112.

LA TEORIA DI FÉRY IN RELAZIONE ALLE NOSTRE ESPERIENZE.

Infine i fenomeni da noi osservati ci sembrano contraddire nettamente ogni altra teoria dell'accumulatore a piombo, diversa da quella della doppia solfatazione.

In particolare la teoria più recente di Charles Féry si presta assai male a spiegare e talora viene manifestamente smentita dalle particolarità descritte.

È noto (1) che C. Féry suppone l'esistenza di un perossido di piombo — come materia attiva della lastra positiva — e la formazione di un sottosolfato durante la scarica alle lastre negative: cioè egli afferma che le reazioni elettrochimiche caratteristiche debbano ricondursi al seguente schema:

alla lastra negativa: $2\,Pb + SO_4 \rightleftarrows Pb_2SO_4 + 2\,\Theta$ (ossia $Pb \rightleftarrows Pb^+ + \Theta$)

alla lastra positiva: $Pb_2O_5 + 2\,H^+ + 2\,\Theta \rightleftarrows PbO_2 + H_2O$ (ossia $Pb^{+++++} + \Theta \rightleftarrows Pb^{++++}$?)

Secondo Féry il sottosolfato Pb_2SO_4 sarebbe conduttore, contrariamente al solfato $PbSO_4$, e quindi egli spiega (2) la brusca caduta della tensione alle negative in fine scarica, attribuendola alla formazione di $PbSO_4$ *isolante*, il quale dovrebbe originarsi per azione ulteriore della corrente sul Pb_2SO_4 formatosi durante la scarica ordinaria. Viceversa le nostre esperienze escludono in modo categorico la possibilità di un aumento apprezzabile di resistenza alle piastre negative, e quindi escludono il meccanismo ideato dal Féry.

D'altra parte manca sicuramente ogni « gradino » intermedio di scarica nei valori del potenziale alla lastra negativa prima dell'inversione, poichè si passa bruscamente dalla scarica normale al comportamento di una piastra positiva in carica e questo esclude ulteriormente la possibilità di una altra reazione elettrochimica distinta di solfatazione: in altre parole non è possibile differenziare la formazione del sottosolfato di Féry ($Pb \longrightarrow Pb^+ + \Theta$) da quella del solfato ($Pb^+ \longrightarrow Pb^{++} + \Theta$) come ha fatto osservare anche Jumau nella sua conferenza dell'11 giugno 1930 alla Soc. Belga degli Elettricisti.

Alla piastra positiva la teoria di Féry — almeno nella sua forma primitiva di semplice trasformazione del Pb_2O_5 in PbO_2 — prevede durante la scarica normale un consumo di acido inferiore che alla negativa. Infatti per ogni due cariche elettriche equivalenti passate attraverso all'elettrodo, si deve avere il consumo di una sola molecola di acido; d'altra parte alla positiva la perdita viene in gran parte compensata dal trasporto elettrolitico di joni H^+ che giungono con la corrente: eseguendo il calcolo nel modo solito (3) si troverebbe un consumo di acido alla positiva quasi tre volte minore che alla negativa.

Questo risultato non permette di spiegare la netta differenza di comportamento della resistenza durante la scarica tra piastre negative e positive, perchè la maggior parte dell'aumento di resistenza durante la scarica è proprio dovuta alla diluizione dell'acido — come viene dimostrato dal fenomeno di ristabilimento —.

La teoria di Féry potrebbe al contrario spiegare gli eccezionali aumenti di resistenza, dovuti al prolungamento della scarica, qualora si volesse ammettere che durante il gradino inferiore si verifichi la solfatazione del PbO_2 — proveniente dal Pb_2O_5 trasformatosi durante il periodo ordinario di scarica —: però la spiegazione non può reggere, perchè esperienze gravimetriche eseguite in questo Laboratorio escludono categoricamente la formazione di solfato in corrispondenza del « gradino » anzidetto.

D'altra parte qualora si voglia ammettere invece che il « gradino » corrisponde a riduzione del PbO_2 in Pb (1), mal si capisce come mai la resistenza continui a salire così esageratamente, mentre si forma un corpo conduttore come il piombo metallico; e di minor volume (ciò che fa aumentare la porosità); così pure non si comprende più quale sia la reazione che avviene quando la piastra è invertita e si comporta come una negativa in corso di carica, perchè l'assenza di solfato dovrebbe portare a sviluppo di idrogeno e la piastra pertanto dovrebbe trovarsi senz'altro nell'ultimo stadio della carica.

Queste obiezioni cadrebbero parzialmente, è vero, di fronte all'ipotesi supplementare avanzata dal Féry (2) per spiegare la presenza innegabile di $PbSO_4$ sulle piastre positive scariche: ipotesi che consiste nell'ammettere un trasporto elettrolitico di piombo dalla lastra negativa alla lastra positiva, con formazione conseguente di solfato, secondo la reazione complessiva:

$$\underbrace{2\,Pb}_{\text{(proveniente dalla scarica di joni piombo giunti dalla negativa)}} + 2\,Pb_2O_5 + 2\,H_2SO_4 \rightleftarrows 2\,PbSO_4 + 4\,PbO_2 + 2\,H_2O$$

perchè allora si verificherebbe maggior consumo di acido e verrebbe a trovarsi del solfato sulle piastre scariche: tuttavia — anche astraendo dalle considerazioni teoriche che dimostrano a priori impossibile un trasporto apprezzabile di piombo per via elettrolitica — l'ipotesi non può assolutamente reggere di fronte all'esperienza *perchè la scarica della piastra positiva contro un elettrodo di platino dà luogo agli stessi fenomeni, come quando la scarica è fatta contro una lastra negativa di accumulatore*. Ora con elettrodo di platino viene a mancare ogni possibilità di trasporto elettrolitico di piombo sulla piastra positiva e quindi se il solfato si forma, esso deve forzatamente provenire *direttamente* per scarica della materia attiva positiva.

Alla stessa conclusione si perviene osservando il comportamento dell'accumulatore, in cui la piastra negativa è stata sostituita con un elettrodo di zinco — come ha fatto osservare Jumau nei suoi articoli critici esaurienti sulla teoria di Féry —, perchè in questo caso si potrebbe formare tutt'al più sulla lastra positiva soltanto solfato di zinco.

Del resto Fery stesso ha abbondonato l'ipotesi del trasporto elettrolitico di piombo sulla lastra positiva durante la scarica ed ha cercato di giustificare la presenza del solfato, invocando (3) la cristallizzazione del solfato di piombo, rimasto disciolto alla fine della carica nell'acido concentrato, il quale viene a trovarsi in condizioni di sovrasaturazione al diluirsi dell'acido. Questa ipotesi però non ovvia alle obbiezioni precedentemente accennate circa i nostri risultati sperimentali, per quanto riguarda il consumo dell'acido; inoltre la quantità di solfato che si può depositare per questa via è del tutto impari all'esperienza, come risulta dal calcolo di Jumau (4), e non basta certo a spiegare il comportamento delle piastre invertite, in corso di carica come negative; infine l'esperienza la contraddice nettamente poichè una piastra positiva, *lavata subito dopo la carica*, onde asportare tutto il liquido con il solfato disciolto, non presenta differenze di comportamento.

D'altronde il comportamento della piastra positiva invertita dimostra in modo indubbio come essa in tali condizioni non differisce sostanzialmente da una piastra negativa scarica, poichè

(1) Cfr. *Revue Generale de l'Electricité*, t. I 6 genn. 1917 p. 10; XIX, 20 febbraio 1926, p. 296; e il volume sulle pile e accumulatori edito dal Baillére nel 1925.

(2) Cfr. CH. FÉRY, CH. CHÉNEVEAU, G. PAILLARD: *Piles primaires et accumulateurs*. - Baillére, Paris 1925, pag. 358 (nota a piè pagina) e pag. 361.

(3) Vedi per es. DOLEZALEK: *La théorie de l'accumulateur à plomb*. Béranger, Paris, 1902, pag. 110.

(1) Cfr. per es. la spiegazione data dal Féry (*Rev. Gén. de l'Electricité*, agosto 1929) e le esperienze del Rollet. (Thése de doctorat soutenue le 15 mars 1929 devant la Faculté de Sciences à l'Université de Strasbourg).

(2) *Rev. Gén. de l'Electricité*, XIX, 20 febbraio 1926, p. 296/301.

(3) *Rev. Gén. de l'Electricité*, XXVI, 31 agosto 1929, p. 319/23

(4) *Rev. Gén. de l'Electricité*, XXVI, 7 dic. 1929, p. 917/25 — e conferenza, già citata, dell'11 giugno alla Soc. Belge des Electriciens.

porta nella stessa maniera e richiede una grande quantità
tricità, prima di dare origine a sviluppo gassoso: pertanto
:ve contenere lo stesso composto di piombo come una pia-
:gativa scarica e in quantità rilevanti, poichè la riduzione
unga notevolmente. Questo ci sembra costituire un'altra
sperimentale evidente della formazione di solfato sulla
. positiva durante la scarica, in quantità paragonabile a
della negativa; inoltre avvalora la spiegazione fornita da
alle esperienze già citate di Rollet (1), il quale trova
à di comportamento nella riduzione — in soluzione di
ato di potassio — di una lastra positiva e di una lastra
ra — ambedue dopo scarica in acido solforico —, perchè
›edue i casi si deve verificare la stessa reazione di ridu-
lel piombo dallo stato bivalente in piombo metallico.

.A DELL'ACCUMULATORE A PIOMBO.

lisamina minuta dei fenomeni sperimentali riscontrati
›ortati in definitiva ad una persuasione precisa sulla na-
ell'accumulatore. Ci sembra infatti poter affermare la
tà completa della teoria della doppia solfatazione, secondo
.e le piastre sono essenzialmente costituite: da biossido
ıbo e solfato di piombo la positiva, da piombo metallico
:o di piombo la negativa, ad esclusione di ogni altro com-
del quale — qualora anche non si voglia escludere la
lità di qualche fugace comparsa in condizioni anormali —
ulta necessariamente richiesta l'esistenza da nessuno dei
sservati.

ɛccanismo di funzionamento dell'accumulatore può quin-
ıdursi ad uno degli schemi noti. Tra i vari modi di im-
: la teoria a noi è parso particolarmente sintetico lo
., di cui ci siamo valsi nel corso di questo lavoro.

ttrodo a piombo e l'elettrodo a PbO_2 si comportano
ıe come elettrodi jonizzabili e quindi elettrochimica-
in equilibrio rispettivamente con gli joni Pb^{++} e
che si possono considerare esistenti in soluzione. Perciò
›n differiscono concettualmente dagli elettrodi costituiti
metallo solubile, quali sono comunemente impiegati per
le pile.

oni Pb^{++} e gli joni PbO_2^{+} però, alla loro volta, reagi-
con gli altri joni contenuti nell'elettrolita, secondo le
.i principali che abbiamo già considerate precedente-

$+ SO_4^{=} \rightleftarrows PbSO_4$ { sia alla positiva, come alla negativa in condizioni ordinarie.

$+ 2H_2O \rightleftarrows Pb^{++} + 4OH^{-}$
$+ 4H^{+} \rightleftarrows 4H_2O$ } alla lastra positiva in condizioni ordinarie.

in condizioni anormali (gradino intermedio nelle sca-
ccessive) può intervenire un'altra reazione:

$$PbO_2^{=} + 2H^{+} \rightleftarrows PbO_2H_2$$

:he altra di tipo analogo con formazione di ossidi idrati.
tudio elettrochimico quantitativo si riconduce in defini-
quello degli elettrodi di seconda specie e si può impostare
.nte, ricordando come l'energia disponibile si esprime in
ıe delle concentrazioni delle specie molecolari reagenti.
:azione elettrochimica — cioè ogni reazione la quale com-
ra le specie molecolari reagenti cariche elettriche libere
›ni) — è caratterizzata da un determinato valore del
.ale e perciò ogni reazione del tipo:

$Pb \rightleftarrows Pb^{++} + 2\Theta$ (lastra negativa in condizioni ordinarie)

$Pb^{++++} + 2\Theta \rightleftarrows Pb^{++}$ [lastra positiva in condizioni ordinarie, poichè gli joni Pb^{++++} provengono dal PbO_2 ($PbO_2 + 2H_2O \rightleftarrows Pb^{++++} + 4OH^{-}$)]

$PbO_2 + 2\Theta \rightleftarrows PbO_2^{=}$ (id. id.)

fornisce un valore del potenziale il quale dipende dalle concentrazioni delle specie molecolari che figurano nei due membri dell'equazione. Quando le concentrazioni suddette sono fissate dalla presenza di fasi solide, le quali mantengono il liquido saturo, anche il potenziale rimane fissato e può variare soltanto quando vengano a variare le condizioni di saturazione.

Così risulta incompatibile, come già si è detto, la presenza contemporanea di Pb - PbO_2 - $PbSO_4$ allo stato solido, perchè le equazioni anzidette non possono risultare contemporaneamente soddisfatte: d'altra parte quando una delle specie molecolari cessa di trovarsi in condizione di saturazione può comparire l'altra — come nel caso dell'« inversione » — e il potenziale subisce una variazione brusca.

In condizioni di squilibrio (sovrasaturazione e sottosaturazione) il potenziale varia e così si spiegano pienamente i valori anormali riscontrati nei colpi di frusta.

La teoria si può completare considerando i fenomeni elettrolitici nell'interno dell'elettrolita, poichè la corrente si ripartisce essenzialmente tra gli joni H^{+} e gli joni $SO_4^{=}$ che sono presenti nel liquido: d'altra parte gli joni H^{+} sono come è noto i più mobili (il loro numero di trasporto nell'H_2SO_4 degli accumulatori essendo dell'ordine di 0,81) e quindi subiscono principalmente l'azione di spostamento in seno al liquido nel senso della corrente. D'altra parte gli joni $SO_4^{=}$ e H^{+} partecipano alle trasformazioni elettrochimiche agli elettrodi; pertanto durante il passaggio della corrente si distrugge (scarica) o si forma (carica) acido — in quantità che si può calcolare, sommando algebricamente la quantità di joni che hanno reagito e le quantità di joni che sono stati trasportati elettroliticamente —. In tal modo si trova, come è noto, che alle piastre positive la variazione di concentrazione dell'acido risulta 1,6 volte quella della negativa, fenomeno questo che si ripercuote sul comportamento delle piastre positive, come abbiamo messo in evidenza nel corso del nostro lavoro.

CONCLUSIONE.

In conclusione le nostre esperienze valgono a chiarire il comportamento dell'accumulatore.

Esse dimostrano come le variazioni di resistenza alle piastre acquistino una entità notevole soltanto alle piastre positive sovrascariche e quindi non sono sufficienti per spiegare le anomalie riscontrate nell'andamento della tensione.

D'altra parte i fenomeni osservati restano inesplicati qualora si ammetta l'esistenza del Pb_2O_3 come materia attiva delle piastre positive ed escludono che la caduta di tensione alla fine di scarica delle piastre negative sia dovuta alla formazione di un nuovo composto isolante, perciò costituiscono una prova *diretta* della inesistenza del sottosolfato, Pb_2SO_4, e contraddicono in generale tutta la teoria di Féry.

Viceversa ogni particolarità di comportamento dell'accumulatore da noi osservata trova una spiegazione attendibile nel quadro della teoria della doppia solfatazione, opportunamente completata da considerazioni sulle modalità cinetiche delle reazioni, e perciò ci sembra di poter trarre una conclusione sicura sulla veridicità della teoria stessa.

ERNESTO DENINA e ARTURO FRATES.

oc. cit. nota precedente.

DOTT. ING. SISTO SAMMARCO
DIRETTORE SERVIZI ELETTRICI - SOC. METALLURGICA ITALIANA

Cenni sulle applicazioni elettrotermiche nelle industrie

GENERALITÀ.

Scopo della presente nota è di passare in rapida rassegna lo stato attuale dell'applicazione dell'energia elettrica ad usi termici ed illustrare i risultati di esercizio di alcune nostre industrie che hanno dato largo sviluppo a tali applicazioni con benefica influenza sia sui costi di produzione, sia sulle qualità dei materiali prodotti, sia sull'economia generale del paese con la riduzione dell'importazione dei combustibili esteri.

Non è nostro intendimento di cercare di risolvere da un punto di vista generale la questione della convenienza della trasformazione dell'energia elettrica in calore in contrapposto con altre forme di produzione.

Nell'analisi del problema di scegliere nell'Industria il tipo di forno per una determinata lavorazione, occorre tener presente nel confronto non solo il fattore economico, sebbene fondamentale, ma anche gli altri elementi che in forma indiretta intervengono, spesso decisamente, alla preferenza dell'uso dell'energia elettrica.

Purtroppo la valutazione di tali elementi ha carattere soggettivo e difficilmente si possono prevedere tutti i vantaggi che derivano dal normale esercizio se non si ha una personale esperienza della loro importanza.

È certo che quelle industrie che hanno voluto direttamente fare uso di forni elettrici non solo ne sono soddisfatte, ma danno vieppiù incremento a tale forma di applicazione dell'energia anche in momenti in cui apparentemente la spesa per nuovi impianti non sembrerebbe giustificata.

VANTAGGI DEI FORNI ELETTRICI

È cosa risaputa come l'adozione dei forni elettrici sia per fusione che per ricottura, porta in generale i seguenti vantaggi:

VANTAGGI NELL'IMPIANTO.

Installazioni semplici, di grande proprietà e pulizia, collocabili in locali adibiti anche ad altri usi e ciò grazie alla eliminazione del fumo, della polvere, delle esalazioni ecc.

Limitato spazio richiesto nell'installazione e quindi sensibile economia di area rispetto a quanto necessario per i forni a combustibile.

Eliminazione dei focolai, dei camini, dei depositi di combustibile.

Facilità di regolazione della temperatura, che si può pure ottenere con mezzi perfetti automaticamente, con eliminazione di personale specializzato la cui ricerca è spesso l'assillo maggiore dell'industriale.

Mancanza di zone nel forno ad altissima temperatura come avviene in forni a combustibile (fiamma diretta) con conseguente sensibile economia nella manutenzione.

VANTAGGI NELLA PRODUZIONE.

Trattamenti termici perfetti grazie alla omogeneità del prodotto.

Eliminazione della dannosa influenza dei prodotti di combustione sulla purezza del metallo.

Eliminazione degli scarti grazie all'esatto trattamento termico.

Facilità di messa in marcia e tempo limitato per raggiungere la temperatura di regime.

FORNI PER FUSIONE

FORNI PER SIDERURGIA.

Produzione della ghisa dal minerale. – Per l'estrazione del ferro dal minerale sono stati ideati diversi alti forni elettrici, specie di tipo svedese e norvegese. In questi forni però l'energia elettrica non elimina l'uso del carbone essendo questo sempre necessario per la riduzione dell'ossido ferroso a ferro metallico e ghisa.

L'energia elettrica ha solo la funzione di produrre il calore necessario alla trasformazione.

I gas si formano a spese dei costituenti la carica e pertanto l'alto forno elettrico non richiede che si inietti, come negli alti forni comuni, grande quantità di aria.

I gas rappresentano circa 1/8 di quelli che si sviluppano in un forno ordinario, ma il loro potere calorifico è molto maggiore, non contenendo azoto.

La loro utilizzazione può ridurre il consumo di energia elettrica e lo sfruttamento di questa fonte di energia, secondo il Guédras, determinerebbe l'avvenire dell'alto forno elettrico.

In Italia le Acciaierie Ansaldo istallarono nel '923 ad Aosta, per il trattamento del minerale di Cogne, un forno di tipo svedese da 3000 kW e in seguito ne furono installati altri sette, ciascuno capace di una produzione giornaliera di circa 30 tonnellate di ghisa.

I risultati di esercizio però non sono stati soddisfacenti e si è creduto opportuno sostituirli con alti forni comuni.

Produzione dell'acciaio e della ghisa. – Grande sviluppo viceversa hanno i forni elettrici per la produzione dell'acciaio. Essi sono adottati largamente anche nei luoghi in cui l'energia elettrica è prodotta con carbone e costa carissima, allorchè si debbano produrre « acciai speciali » di alto prezzo.

Il forno elettrico trova poi la sua applicazione necessaria nella produzione dei getti di acciaio. Per la sua elasticità nella produzione, esso è risultato universalmente preferito, tanto che ogni fonderia di acciaio va orientandosi verso la sua adozione.

Il forno ad arco, più diffuso, è il forno Héroult ed altri di tipo da esso derivato; la capacità più comune è da 1 a 10 tonnellate ed ultimamente la Ford ha installato un forno da 60 tonnellate.

In Italia un grande contributo alla diffusione e al perfezionamento del forno elettrico è stato apportato dalla Fiat col suo forno omonimo, che attualmente viene adottato largamente anche in Europa sotto il nome della Demag che ne è concessionaria.

Tutte le nostre Industrie principali hanno in esercizio dei forni tipo Héroult di potenze variabili fino a 10 tonnellate. La Fiat, la Società Cogne, l'« A.L.P.E. », la Breda, la Soc. Dalmine Fabbricazione Tubi d'Acciaio, le Acciaierie e Ferriere Lombarde ne hanno in funzione anche di 20÷25 tonnellate. La produzione nei forni elettrici da noi è tale che se si considera la percentuale dell'acciaio elettrico sulla totale produzione nazionale dell'acciaio, essa risulta più elevata che in tutte le nazioni del mondo.

Il consumo dell'energia per tonnellata di acciaio si aggira per forni di media potenza (5÷10 tonnellate) intorno a 750 kWh e al confronto con forni Martin a combustibile la convenienza del forno elettrico sembra raggiunta per un prezzo del kWh intorno a 9÷10 cent.

Naturalmente a favore del forno elettrico militano tutti gli altri vantaggi che abbiamo indicati da principio.

La potenza per un forno con produzione di 6 tonnellate ogni tre ore si aggira su circa 2000 kW.

Forni per metallurgia di rame e sue leghe.

La produzione di leghe del rame come ottone, bronzo, alpacca, packfong, ecc., è stata finora praticata in crogioli di grafite riscaldati in forni a cocke o a nafta.

Forni a combustibile. – Tali forni hanno normalmente una capacità di produzione di circa 80 kg o poco più di metallo all'ora. La durata di un crogiolo si può ritenere di circa 100 fusioni in media per l'ottone, e di circa 80 per l'alpacca.

Poichè il forno contenente il crogiolo è sottoposto al contatto diretto della fiamma, esso richiede una continua manutenzione e d'altra parte i gas di combustione, a contatto della massa fusa, ne peggiorano le qualità di purezza. Tale purezza del resto può pure riuscire compromessa dallo stesso crogiolo che pertanto si è costretti a costruire con particolari caratteristiche. Tali forni richiedono poi nel personale spiccate doti di capacità tecnica e di prestanza fisica per la necessità di estrazione e sollevamento del crogiolo all'atto della colata.

Durante la fusione l'operaio deve attendere ad una continua manipolazione del metallo affinchè questo raggiunga un sufficente grado di omogeneità. Questo porta alla necessità di tenere la bocca del crogiolo aperta e ne deriva una forte perdita di zinco per volatizzazione e per ossidazione, che può raggiungere perfino il 2 % del peso di metallo fuso.

Le limitate dimensioni dei crogioli di uso più pratico importano inoltre lo spezzamento minuto del metallo da fondere con conseguente aggravio di spesa.

Tutti questi inconvenienti sono stati completamente eliminati con l'adozione dei forni elettrici.

Forni elettrici. – Per la fusione di questi metalli due tipi di forno sono in uso: il tipo ad arco ed il tipo ad induzione.

Il secondo è il più diffuso e il preferito per le sue doti di semplicità e per la maggiore purezza del prodotto: in esso infatti viene a mancare il pericolo di inquinazione del metallo da parte del materiale degli elettrodi e dei gas svolgentisi nell'arco; inoltre l'omogeneità è assicurata quasi automaticamente poichè le azioni elettrodinamiche che si determinano nella massa del metallo, provocano in esso un violento rimescolamento a tutto vantaggio dell'uniformità della sua composizione.

Essendo automatico il detto rimescolamento, il forno rimane in massima chiuso e risulta così limitata la manipolazione del metallo da parte dell'operaio. La perdita dello zinco in questa maniera si riduce a circa 0,5÷0,8 del peso fuso.

Tali forni ad induzione sono sostanzialmente dei trasformatori monofasi di cui il primario è alimentato attraverso un autotrasformatore direttamente dalla rete a bassa tensione (220÷260 V) a frequenza industriale, e il secondario è formato da una sola spira costituita dallo stesso metallo fuso.

Da recenti statistiche risulterebbe la rapida diffusione di tali forni ad induzione per la fusione dell'ottone, specie del tipo Americano Ajax Wyatt. In America ne sono installati più di 600 di tale tipo con una produzione annua di 600 000 tonnellate che corrisponde al 50 % della totale.

Anche in Europa la diffusione di tale forno sta rapidamente estendendosi e in Italia essi, sebbene comparsi da pochi anni, hanno quasi integralmente soppiantato tutti gli altri.

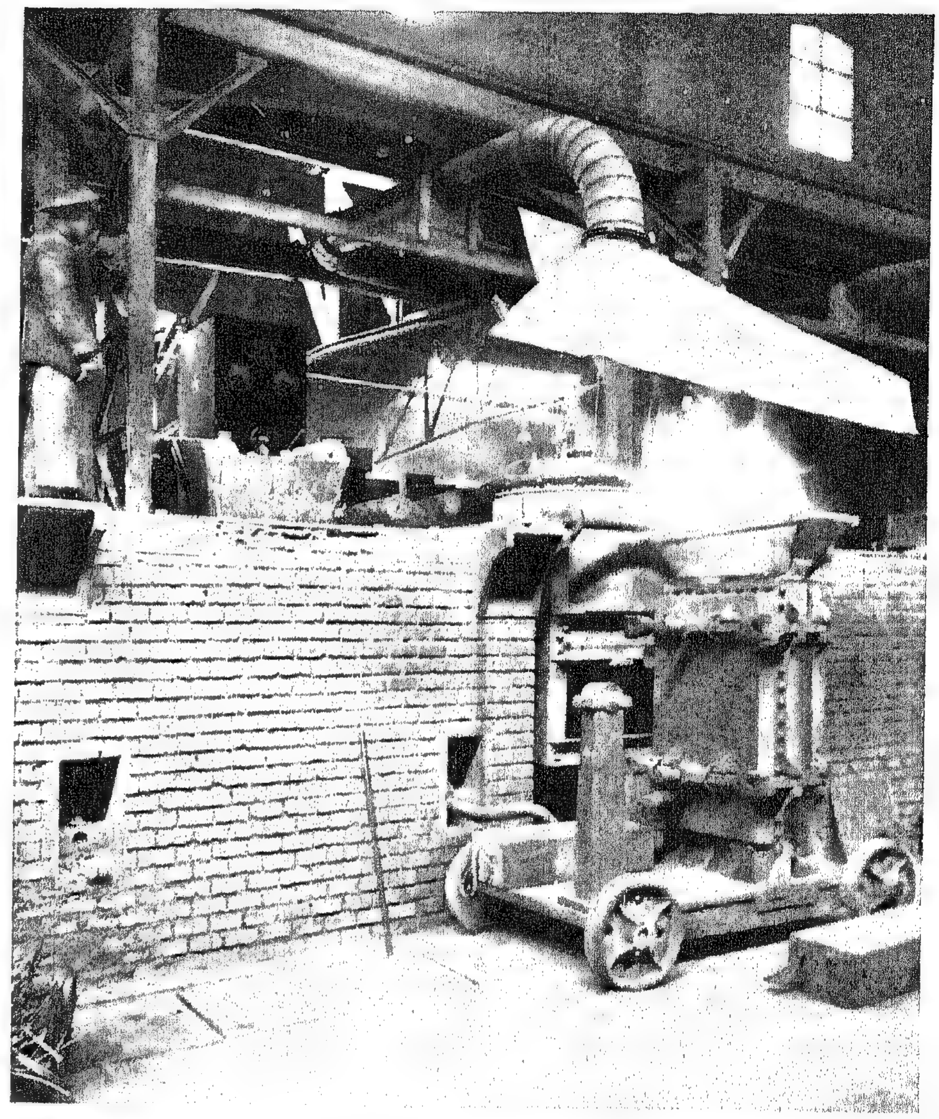


Fig. 1. - Forno elettrico ad induzione Ajax-Wyatt da kW 150, della S. M. I.

Così la Società Metallurgica Italiana, pur avendo lasciate intatte le sue fonderie con forni a nafta e a cocke, produce ora integralmente l'intero suo fabbisogno con forni elettrici Ajax (fig. 1).

Schematicamente un forno Ajax è costituito da un crogiuolo cilindrico di materiale refrattario, di circa 60 cm di diametro, a cui si innesta nella parte inferiore una pietra di sagoma opportuna, nella quale è praticata una scanalatura di limitata sezione mantenuta piena di metallo fuso. Questa scanalatura, che risulta verticale, è concentrica con l'avvolgimento elettrico primario del trasformatore di tipo corazzato che l'abbraccia, costituendo così il secondario dello stesso.

Il forno Ajax è costruito in vari tipi: quello più diffuso, per la sua praticità nell'esercizio, ha la capacità di circa 300 e 60 kg.

La potenza assorbita risulta rispettivamente di 80 e 150 kW, il fattore di potenza è di 0,70÷0,75. Il consumo di energia, comprendendo quella per riscaldamento all'avviamento, per riscaldamento in caso di interruzioni, per servizi ausiliari e per perdite nei trasformatori di alta tensione, si aggira su 230÷250 kWh per tonnellata fusa.

La produzione giornaliera per i forni da 300 kg è di 6 tonnellate, il tempo di fusione di 55', ma si sono raggiunti negli Stabilimenti della S.M.I. anche 7,5 tonn. come media in un anno, con massimi perfino di 9,5 tonn. e tempi di fusione di 38'.

Tali limiti vengono realizzati adottando metalli puri, mentre l'uso integrale di rottami, specie di qualità scadente, porta ai valori più bassi della produzione e ai consumi più alti di energia, che possono aumentare anche del 25 %.

Con gli stessi forni, oltre che l'ottone, si riesce a fondere anche metalli bianchi come alpacca, packfong ecc., con un consumo specifico di 330 kWh per tonnellata; con refrattari di carborundum anche il rame, con consumo di 300 kWh e un numero di fusioni di circa 500.

Costi. – La spesa d'impianto di un forno da 300 kg, completo di tutta l'apparecchiatura elettrica, si aggira sulle L. 110 000, quella per un forno di 600 kg sulle L. 125 000.

La spesa d'esercizio è variabile con la sola produzione, inquantochè la spesa totale di mano d'opera e per i servizi ausiliari è sensibilmente costante. Ad ogni modo essa è di gran lunga inferiore a quella dei comuni forni a nafta e a cocke e giustifica appieno il grandioso sviluppo raggiunto in pochi anni da' forni elettrici. Confrontando infatti le spese di fusione di una tonnellata di ottone

in forni a cocke con carbone a	L.	186/tonnellata,
in forni a nafta con combustibile a	»	260/ »

e in forni elettrici, si ha:

Forni a nafta	100	(spesa	fittizia)
» *a cocke*	100	»	»
» *elettrici* (con energia a L. 0,15/kWh)	55	»	»
» » » » » » 0,20 »	58	»	»
» » » » » » 0,25 »	65	»	»
» » » » » » 0,30 »	71	»	»

La condotta di tali forni è molto semplice e quasi automatica: allorchè la massa è completamente fusa si sviluppano nel circuito secondario i primi vapori di zinco i quali danno in esso origine all'interruzione del circuito metallico, provocando forti oscillazioni nell'amperometro del quadro di comando. L'operaio è così avvertito che può procedere alla colata. L'istallazione di tali forni richiede anche una sorgente sussidiaria di energia costituita di solito da un gruppo elettrogeno avente circa il 10 % di potenza di quella dei forni previsti in funzione. Tale impianto è dovuto alla necessità di mantenere in riscaldo il forno in caso di interruzioni della normale sorgente di energia che potrebbe dar luogo, per il raffreddamento del metallo, all'interruzione della spira secondaria. Tale interruzione impedirebbe la rimessa in funzione del forno e provocherebbe la distruzione del suo refrattario, con la necessità di procedere al suo rifacimento.

Non bisogna però sopravalutare tale pericolo poiche è avvenuto spesso nell'esercizio che interruzioni di pochi minuti non hanno apportato inconvenienti di sorta, che anzi, se l'interruzione avviene allorchè il metallo è pronto per la colata, il forno può rimanere senza alimentazione anche per un più lungo periodo di tempo (più di un'ora).

Per la sua praticità e le sensibili economie che realizza il forno ad induzione è stato, come detto, adottato su larga scala e la Società Metallurgica Italiana ne ha istallati del tipo da 300 kg e da 600 kg facendo delle due fonderie di rame e leghe gli impianti più moderni e potenti d'Italia.

Forni ad induzione ad alta frequenza.

La ricerca di un tipo di forno per acciaio che presentasse rispetto al tipo ad arco i vantaggi del forno ad induzione, ha dato origine, sin dai primordi delle applicazioni elettrotermiche ad una varietà di tipi di cui il Kjellin è il più noto.

Molti perfezionamenti sono stati ad esso apportati e i migliori risultati sono stati conseguiti dal forno Rochling Rodenhauser.

In tutti questi tipi di forno però la difficoltà di manipolazione, la scarsa praticabilità ed ispezionabilità del crogiolo e la eventualità di corrosioni locali con conseguente fuoruscita del metallo e danneggiamento degli avvolgimenti, nonchè lo svantaggio dovuto ad un fattore di potenza basso, hanno impedito la loro adozione su larga scala, come è avvenuto con i piccoli forni per rame e leghe.

Volendo poi con tali forni ad induzione raggiungere grandi capacità si va contro la necessità di adottare frequenze bassissime con maggiori complicazioni e spese d'impianto.

Aumentando infatti liberamente le dimensioni del forno, la resistenza ohmica della spira secondaria decresce in misura inversamente proporzionale, mentre la selfinduzione aumenta; per ottenere quindi fattori di potenza tollerabili è indispensabile ridurre la frequenza di alimentazione al crescere della capacità del crogiolo.

Un forno per esempio di 8 tonnellate richiede una frequenza di circa 5 periodi con una potenza di 700 kW.

Sono stati tutti questi inconvenienti a far preferire sempre il forno ad arco. La costruzione di un forno ad induzione avente il crogiolo di forma razionale e corrispondente a tutte le esigenze della lavorazione è stata ostacolata dall'ossatura magnetica del forno stesso, cosicchè i tentativi di rinunziare ad essa e di ridurre il forno ad un crogiolo cilindrico di forma semplice, abbracciato all'esterno dal circuito induttore, sono stati escogitati sin dai primi tempi del riscaldamento induttivo. A parità di corrente e di numero di spire del circuito primario, però, il flusso induttore risulta molto più piccolo in un forno ad induzione senza nucleo magnetico.

Ne viene di conseguenza che, volendo ottenere gli stessi effetti, bisogna aumentare la frequenza della linea di alimentazione che può raggiungere l'ordine di grandezza di 3000 periodi. Tali correnti possono essere generate da circuiti oscillanti se la potenza è inferiore a circa 35÷50 kW o da gruppi convertitori rotanti se è maggiore.

Tali forni hanno ormai superato lo stato sperimentale e sono entrati decisamente nell'esercizio corrente.

Essi sono adoperati per la fusione di qualunque sorta di metallo, ferro, nichel, cromo, ottone, bronzo, rame e sono particolarmente ricercati per fusioni di leghe speciali e di alto prezzo come ferro-nichel, ferro-cromo ecc. La loro potenza è passata da 2 kW circa, riscontrati nei primi forni, ai 500÷600 kW. Il loro sensibile sviluppo in questi ultimissimi anni ha già indotto i migliori costruttori americani e francesi (Ajax, Northurp, Ribaud) alla costruzione di tipi di serie corrispondenti a cariche da 45 a 900 kg con potenze da 60 a 600 kW e tempi di fusione di circa un'ora.

I gruppi convertitori di alta frequenza che rappresentavano nei primi tempi un punto debole dell'impianto, hanno raggiunto ormai un elevato rendimento che può raggiungere l'85 % e una sicurezza di esercizio tale che in alcune fonderie dopo due anni di lavoro non si sono riscontrati inconvenienti di sorta.

Rispetto agli altri tipi di forni elettrici il forno ad induzione ad alta frequenza è più vantaggioso del forno ad arco allorchè è necessario ottenere ottimi prodotti assolutamente esenti da carbone. In esso poi le reazioni metallurgiche sono più rapide, ciò che compensa il rendimento un po' più basso.

Le istallazioni dei forni ad alta frequenza costano all'incirca come quelle dei forni di bassa frequenza; il rendimento nella fusione è inferiore, ma è compensato dall'energia supplementare che bisogna fornire al forno a bassa nei periodi di arresto per mantenere in fusione il metallo, cosicchè il rendimento economico globale è lo stesso.

La condotta del forno ad alta frequenza è più semplice e il suo funzionamento è meno turbato da interruzioni di energia. La sua adattabilità nell'esercizio è più grande e il suo campo di applicazione è più esteso.

Lo stesso avvolgimento elettrico, infatti, col semplice cambiamento del crogiolo, permette il trattamento di metalli e di leghe di resistività molto diversa.

L'esercizio di due anni di un forno di questo tipo per produzione di acciai fini ha convinto della sua convenienza rispetto ai comuni forni a crogiolo e confronti fra impianti di acciaierie con forni Martin e forni ad alta frequenza con produzione di 6000 tonnellate settimanali hanno rivelato per questi minore spesa per il minor spazio occupato (1/3) e per la minor spesa di macchinario e di fabbricati.

Si capisce che dati i grandi vantaggi di tali forni, il loro impiego si sia rapidamente sviluppato allorchè si è riusciti, grazie agli alternatori, a costruire apparecchi di capacità elevate corrispondenti ai normali bisogni della Metallurgia. La totale potenza istallata in questi ultimissimi anni si può ritenere di circa 15 000 kW fino al 1930, di cui:

il 40 % negli Stati Uniti,
il 20 % in Inghilterra,
il 13 % in Francia,
il 10 % in Germania.

Nazioni tutte in cui il prezzo dell'energia elettrica è sensibilmente più alto che da noi.

FORNI DI RICOTTURA.

I forni elettrici per i più svariati trattamenti termici come ricottura, tempera, cementazione ecc. trovano impiego nelle più svariate industrie e per gli usi più diversi. Mentre sino a pochi anni fa erano adottati ad uso di laboratorio, il loro uso industriale si va ormai generalizzando con incremento rapidissimo, grazie ai grandi perfezionamenti costruttivi ed al favore dei tecnici che li hanno esperimentati.

In linea di massima un forno elettrico non differisce sostanzialmente per quanto riguarda la camera di riscaldamento dai forni a carbone o a nafta, anzi, rispetto a questi, è costruttivamente più semplice, mancando tutti i condotti per i gas della combustione e quindi, a parità di dimensioni utili, il loro ingombro è molto più ridotto.

La camera di riscaldamento ha disposte sulle pareti interne delle resistenze di nickel-cromo costituite da filo o da nastri, alimentate dalla linea di bassa tensione dello stabilimento a frequenza industriale; siccome fondono a circa 1150°, permettono l'uso in tali forni di tutte le temperature di regime inferiori a questa e convenientemente fino a 950° circa. Le resistenze sono sostenute da refrattari di speciali sagome; il calore viene da esse ceduto al laboratorio e la loro distribuzione più razionale è quella che assicura l'uniformità di temperatura in tutti i punti o per lo meno contiene le differenze entro limiti così ristretti da permettere il trattamento dei materiali più delicati aventi tolleranze nella ricottura di 15°÷20°. Tali resistenze sono inserite poi nel circuito di alimentazione attraverso un interruttore automatico comandato attraverso relais da un pirometro posto nel forno. Tale pirometro assicura la costanza della temperatura al valore prefissato con una tolleranza limitatissima, che di solito si aggira sui 3°÷6°.

Allo stato attuale tali regolatori automatici di temperatura si possono ritenere perfetti e di costruzione così robusta da essere impunemente usati da qualsiasi operaio.

Per quanto riguarda quindi l'apparecchiatura elettrica del forno nessuna preoccupazione può sussistere allo stato attuale della tecnica essendo la costruzione di tali elementi assicurata da Case di fama mondiale che hanno saputo realizzare, per gli usi della pratica, apparecchi robusti e aventi quasi la sensibilità di quelli adoperati in laboratorio.

I forni elettrici di ricottura però hanno incontrato finora una certa diffidenza da parte degli Industriali per quanto riguarda la durata di tali resistenze, che è risultata molto limitata in forni installati da improvvisati costruttori. Tuttavia attualmente per l'evoluzione della tecnica e la serietà di Case rinomate tale preoccupazione non ha più ragione di sussistere.

Gli inconvenienti che ricorrono più frequentemente in tali forni sono la fusione delle resistenze all'uscita del forno o nel suo interno. La prima causa è dovuta al fatto che il filo che lavora ad altissima temperatura in contatto dell'aria ambiente, si scaglia diminuendo la sua sezione e provocando un susseguente riscaldamento che origina quindi la fusione nel punto così indebolito. Tale inconveniente è eliminato dai migliori costruttori saldando il filo ad un passante metallico di sezione molto maggiore. La seconda causa è derivata dal fatto che il nickel-cromo lavora a temperatura eccessiva, perchè la densità di corrente è molto spinta. Può pure derivare dal fatto che la spirale sia contenuta in scanalature di refrattari che l'avvolgono eccessivamente, impedendo la trasmissione di calore e provocando surriscaldamenti locali. Questo inconveniente si elimina sospendendo le resistenze in modo che esse rimangano quanto più libere è possibile nell'atmosfera del forno, mentre diminuendo la sollecitazione elettrica aumenta la vita delle resistenze stesse.

Questo accorgimento porta naturalmente alla necessità di impegnare un peso maggiore di nickel-cromo, che avendo prezzo elevato (80÷100 L./kg) può portare a sensibile differenza nell'offerta di costruttori diversi.

L'industriale nel procedere all'acquisto bisogna che tenga conto in sommo grado di tale fattore, che è quello in ultima analisi che determina la continuità e la spesa d'esercizio.

Ad esempio di due forni aventi le stesse caratteristiche (quote utili, potenza, tensione, produzione ecc.), uno può essere costruito con filo o nastro di sezione più piccola e quindi di lunghezza e peso minori, e l'altro calcolato con maggiore larghezza, con sezioni e peso maggiore.

Ci è stato dato di osservare ad esempio che, per lo stesso tipo di forno da 200 kW avente certe caratteristiche, un costruttore impegnava un peso di kg 240 e l'altro di kg 70. Un altro coefficiente importantissimo per la buona conservazione delle resistenze consiste nel diminuire la densità di corrente al variare la temperatura del forno, facendola variare in senso inverso. Tale artifizio è realizzato dai buoni costruttori mediante regolatori di tensione ma, molto più economicamente, anche variando automaticamente l'accoppiamento elettrico delle resistenze dal collegamento in parallelo per es. a quello in serie o dalla connessione a triangolo a quella a stella, al crescere della temperatura. Tali accorgimenti hanno permesso di rendere il funzionamento del forno elettrico di esercizio sicuro e di manutenzione limitatissima. Vi sono infatti in esercizio forni così ben costruiti che nessun guasto si è in essi incontrato dopo 4 anni di ininterrotto servizio; del resto attualmente tutti i costruttori danno garanzie per almeno un anno.

Spesa di manutenzione. – La manutenzione si riduce poi alla sostituzione di qualche elemento riscaldante e in ogni modo la spesa corrispondente e il periodo di interruzione sono di gran lunga inferiori a quelli che si riscontrano nei comuni forni a nafta o a carbone.

Spesa di impianto. – Per quanto riguarda la spesa d'impianto attualmente un forno elettrico costa meno di un forno a combustibile avente la stessa produzione. Esso è relativamente tanto più economico quanto maggiori sono la sua potenza e la sua capacità di produzione.

Spesa di esercizio. – Le spese di esercizio sono naturalmente variabili col costo dell'energia, coll'uso del forno, col materiale trattato, col peso immesso nel forno ad ogni ricottura ecc. Nel caso di nuovi impianti il paragone dovrebbe stabilirsi con forni a nafta del tipo moderno e perfezionato, giacchè quello rispetto a forni esistenti nella maggior parte della nostra industria risulterebbe senz'altro favorevole ai forni elettrici, con i prezzi di energia normalmente praticati in Italia per tali usi.

Applicazioni. – Tali forni, come detto, trovano la più estesa applicazione per trattamento dei più diversi materiali come ricottura di ferro, acciaio, ottone, alpacca, nickel ecc. la tempera di utensili, cementazione, ricottura di porcellane fini ecc. fusione di metalli a basso punto di fusione, come piombo, stagno, zinco, alluminio, duralluminio. Essi soltanto poi risolvono elegantemente e con la maggiore economia alcuni particolari problemi della metallurgia, come la ricottura in ambiente neutro o la tempera al giusto punto di acciai rapidi ecc.

Sono poi particolarmente indicati per tutte le lavorazioni a carattere discontinuo poichè avendo la possibilità di portarsi a regime in brevissimo tempo per la limitata massa da riscaldare, conseguono il grande vantaggio di far risparmiare tempo e denaro.

Consumi. – I forni per ricottura danno valori diversi del consumo al variare del metallo ricotto non solo, ma per lo stesso metallo secondo la potenza impegnata, secondo la produzione e secondo che il forno è usato per riscaldo durante il ciclo di lavorazione e per ricottura del prodotto finito. Uguale variazione sussiste del resto anche con gli altri tipi di forni.

A solo titolo informativo si riportano i seguenti dati:

Materiale	Produz. giorn. in tonn.	Temperatura	kWh per tonn.
Ferro	8	900°	200÷220
Fili ferro	8	900°	190÷210
Rame e ottone	15	700°	110÷125
Alluminio	2	400°	130÷160
Alpacca	8	750°	170÷180

La potenza della maggior parte dei forni elettrici di tale tipo è compresa tra 5 e 100 kW. Forni di potenze di 100÷500 kW sono comuni, più rari quelli di potenze oltre 1000 kW.

Per usi speciali, in cui si richiedano nel laboratorio temperature superiori ai 1000°, le resistenze sono costituite da bacchette di carborundum che permettono di realizzare temperature fino a 1300° necessarie per es. per operazioni di rinsaldo, laminazione, fucinatura, tempera di acciai speciali ecc. Sono di costruzione della «Globar Corporation Niagara Falls» d'America e vengono usate correntemente anche da Costruttori italiani.

La diffusione dei forni elettrici a resistenza è estesissima in America. Un esempio imponente è dato dalla Casa Ford che usa forni elettrici per gli usi più vari della sua industria. Nel '929 ne aveva installati 145 con potenze variabili fino a 500 kW.

Anche in Italia la loro adozione si va vieppiù incrementando in vista degli enormi vantaggi che presentano.

Bisogna infatti tener presente che se anche il confronto tra la sola spesa per combustibile è talvolta sfavorevole ai forni elettrici, i vantaggi indiretti che l'Industriale ne ritrae sono tali che, una loro esatta valutazione, decide senz'altro per il riscaldamento elettrico.

Basterebbe infatti ricordare l'eliminazione quasi integrale di scarti, il miglioramento del prodotto, la diminuita spesa di decapaggio, la diminuzione di spazio che può ridursi ad un terzo ecc. Bisogna inoltre mettere in evidenza un altro vantaggio che si ritrae con l'adozione dei forni a resistenza, che di solito sfugge ad un esame che non sia completo.

Si sa che molte industrie che lavorano con un fattore di potenza basso o inferiore a quello contrattato con la Società Elettrica di distribuzione, sono costrette a pagare a quest'ultima un supplemento di prezzo che talvolta raggiunge delle cifre vistose. Per limitare queste spese si ricorre all'istallazione di motori di tipo speciale, di costruzione più costosa e di manutenzione più delicata oppure all'installazione di condensatori o sincroni che importano anche essi una spesa considerevole di impianto e di esercizio.

L'istallazione dei forni elettrici aumentando nel totale soltanto la potenza attiva e non la reattiva, determina automaticamente un miglioramento del fattore di potenza complessivo, che può riuscire uguale al contrattuale con la eliminazione delle macchine e delle spese necessarie per compensare la precedente deficenza.

L'aumento di potenza per i forni elettrici non richiede poi aumenti proporzionali nei trasformatori, apparecchiature ecc. Così aggiungendo, ad esempio, ad un impianto di laminazione un gruppo di forni determinante un aumento di potenza del 100 %, l'aumento di corrente erogata è soltanto del 27 % o del 51 % se il fattore di potenza iniziale del laminatoio era rispettivamente di 0,45 o 0,65. Si consegue così una migliore utilizzazione di tutte le apparecchiature elettriche.

CONCLUSIONI.

Da quanto sopra elencato risulta che la diffusione dei forni elettrici per fusione e ricottura ha una reale giustificazione nella migliorata produzione e nella convenienza economica.

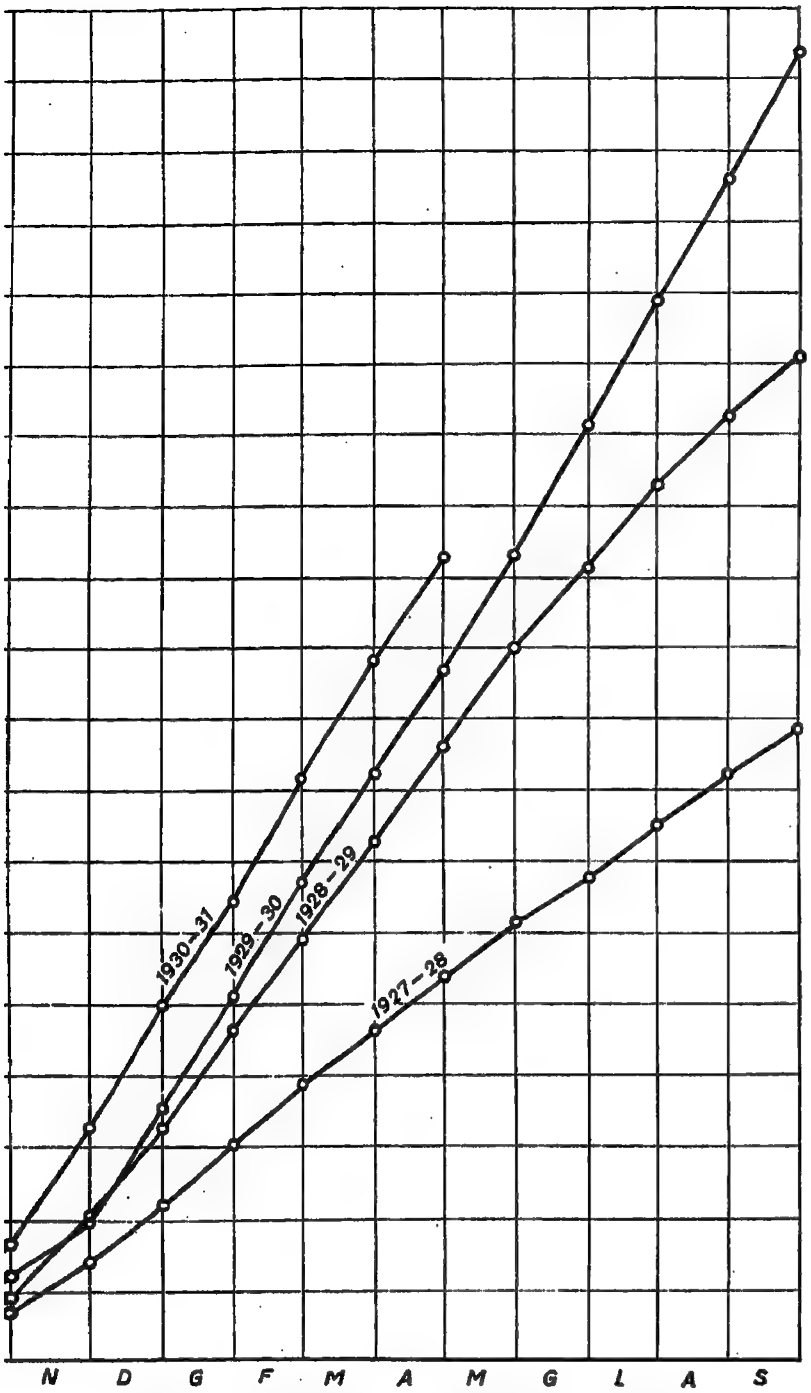
Per noi italiani è necessario considerare il fatto che essendo tributari dell'estero, per ogni sorta di combustibili, è nostro dovere ridurre l'importazione al minimo indispensabile per il beneficio dell'Economia Nazionale, che determina in ultima analisi anche quello delle singole Industrie.

Da ricordare inoltre che, in caso di guerra, enorme potrebbe risultare la difficoltà di rifornirsi all'estero del combustibile necessario e che, qualora ciò potesse pure avvenire, il maggior prezzo che si sarebbe costretti a pagare in un breve periodo bellico, compenserebbe sicuramente eventuali maggiori prezzi dell'energia per molti anni di esercizio normale.

Tra le nostre industrie che hanno forni di ricottura, un esempio notevole è dato dalla Soc. Metallurgica Italiana (fig. 2).



Fig. 2. - Batteria di forni elettrici di ricottura, della potenza di kW 120 ÷ 200 ciascuno, per laminatoio, della S. M. I.



. - Incremento consumo energia elettrica della S. M. I.

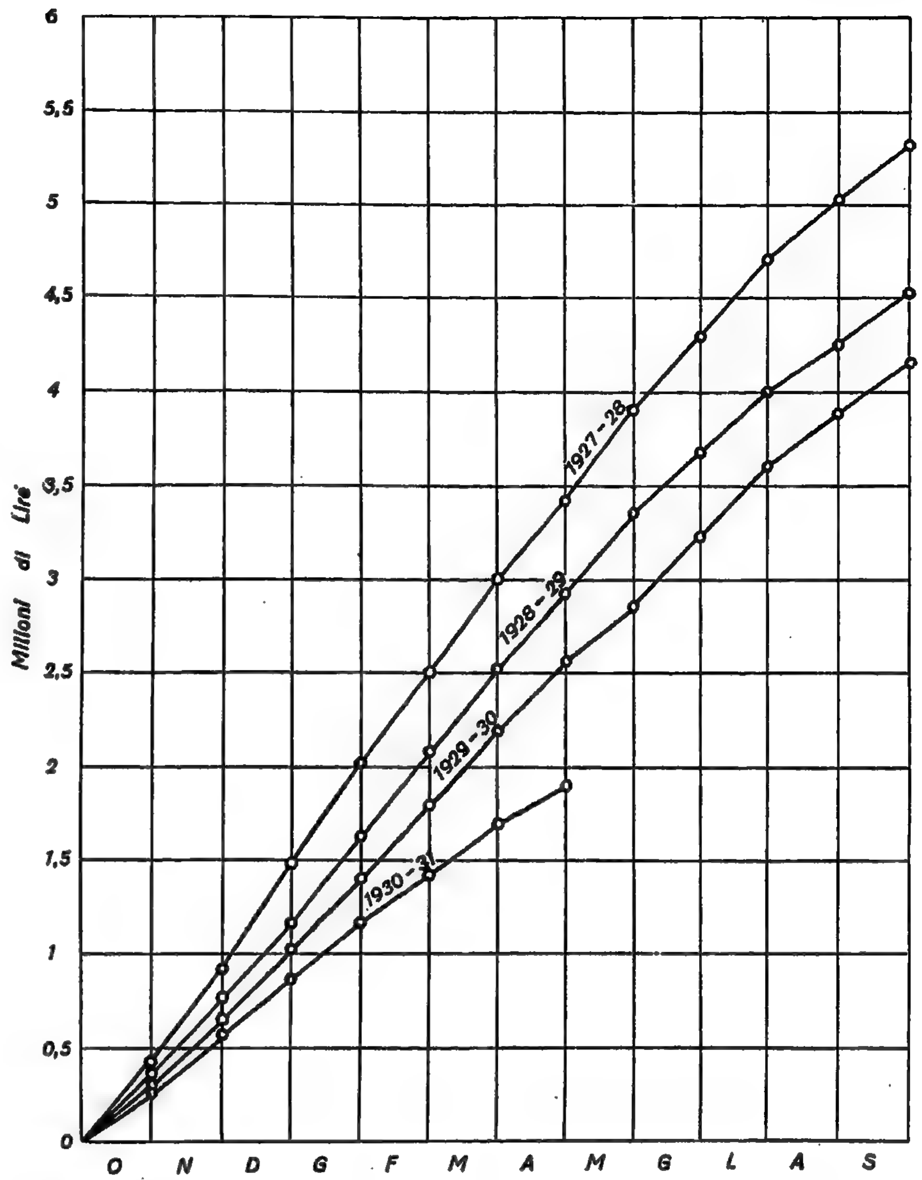


Fig. 4 -. Decremento spesa combustibili della S. M. I.

possiede forni per ricottura di lamiere di ottone, rame ecc., ricottura fili degli stessi metalli, riscaldo lingotti o, ricottura tubi, riscaldo vasche di decapaggio, ecc. azione dell'energia elettrica nei suoi stabilimenti, ai più vari trattamenti, è stata tale da aumentare il suo consumo più del 100 % (fig. 3) ed ha permesso di ridurre le spese per combustibile (nafta e carbone) di circa il 25 % nel periodo di due soli anni (fig. 4).

I brillanti risultati ottenuti da questa Società (v. diagrammi figg. 3 e 4) e da altre siano di persuasione e di stimolo alle altre industrie, al fine di sottrarre una parte della nostra economia all'asservimento estero.

Dott. Ing. Sisto Sammarco.

BIBLIOGRAFIA

...zetti. «Rendiconti della XXXIV Riunione della A.E.I.».
...liani. Ibidem.
...ostinelli. Ibidem.
...zi. Ibidem.
...ma. *Engineering* 20-9-29.
...lter. *Jour. Four éléct.* 1930.
...vin. «VI Congrés Int. Ekines et Metall». Liége j. f. el 1931.
M. Lacroix. Ibidem.
Journal four eletrique. 1930, N. 9.
» » » 1931, » 1.
Revue Brown Boveri. 1929.
Campbell. «Blast Furnace and Steel Plant». 1930.
Ing. S. Sammarco. «Dati sull'esercizio di forni elettrici di fusione e ricottura».

L'elettrificazione dell'Agro Romano

Un nuovo importante elettrodotto

Una interessante linea elettrica è stata costruita dalla Società Romana di Elettricità attraverso il Lazio. Trattasi della linea a 60 000 V Roma - Tor di Quinto - Civitavecchia, che attraversa importanti centri agricoli e tocca i paesi di Bracciano, Manziana e Tolfa. La linea in parola potrà fornire l'energia proveniente dagli impianti della S. R. E. alle zone attraversate e limitrofe, a scopo di illuminazione e di forza motrice per l'industria e per l'agricoltura; a questi scopi sono legati anche gli esperimenti eseguiti con promettenti risultati, sulla trazione teledinamica dei polivomeri a mezzo di motori elettrici istallati su carrelli assieme ai trasformatori.

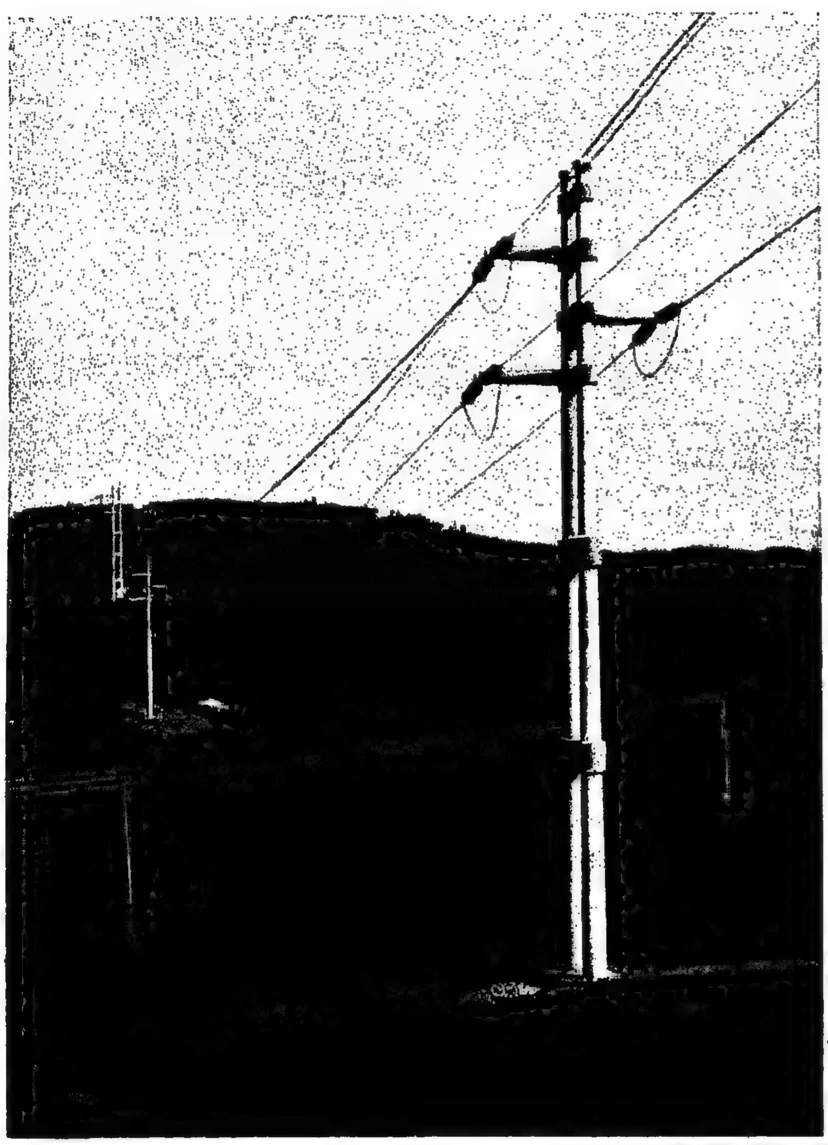


Fig. 1. - Attraversamento telefonico per Manziana.

La nuova linea dovrà pure servire, in parallelo cogli impianti della Soc. Volsinia di Elettricità, consociata della S. R. E., a migliorare e ad aumentare, all'occorrenza, le importanti forniture di energia della Volsinia per servizi pubblici e privati. Il collegamento tra le due reti avveniva fino ad oggi attraverso ad una vecchia linea in ferro a 30 000 V da Colonnetta a Civitavecchia, linea che non dava più nessun affidamento essendo soggetta a frequenti avarie. Tenuta presente l'importanza e la vastità della zona servita dalla Soc. Volsinia di Elettricità si è ritenuto doveroso adeguare gli impianti ai nuovi bisogni dell'industria e dell'agricoltura ed alle esigenze di maggiori garanzie di sicurezza e di fornitura.

Vista la necessità, e decisa la costruzione della linea, la Società Romana di Elettricità decise l'adozione dei pali in cemento armato centrifugato particolarmente indicati per le linee in prossimità del mare. Nel tratto più aspro di montagna furono messi in opera tralicci in ferro.

La lunghezza della linea, che è di 66 km, si può dividere in tre tronchi, corrispondenti « grosso modo », alle diverse configurazioni del terreno attraversato. Il primo tronco, verso Roma, della lunghezza di ca 23 km, è leggermente collinoso, più accentuato verso Roma: è la zona delle grandi fattorie dove la coltivazione dominante è il grano, abbondano i prati, più scarsi sono i pascoli e manca completamente la vegetazione arborea. Il secondo tronco (ca 22 km) va fino al torrente Mignone: la linea percorre dapprima un tratto collinoso che va sempre più inasprendosi man mano che ci si avvicina al Mignone; gli ultimi chilometri sono quanto mai accidentati. La coltivazione è mista: pascoli, grano e boschi. La zona più aspra è la terza che va fino a Civitavecchia, della lunghezza di circa 20,5 km: zona prettamente montagnosa, con mancanza assoluta di ogni viabilità, con grandi avallamenti e vegetazione per buona parte boschiva.

Come si è già detto, la lunghezza totale della linea è di 66 km; vennero messi in opera 312 sostegni, ottenendo una campata media di 212 m, notevolmente superiore alla normale, che è di 200 m. Si potè ottenere questo risultato adottando, oltre il palo di lunghezza normale, un tipo di palo allungato ed uno accorciato, potendo così meglio sfruttare le sinuosità del terreno. In diversi avallamenti profondi si poterono adottare campate da 350 a 500 m.

I pali, scaricati nelle stazioni ferroviarie, vennero caricati su carrileva e con traino animale trasportati per le strade in avvicinamento, indi attraverso strade secondarie e tratturi, o più spesso campi e terreni incolti, fino a picchetto; con tre carri-leva si arrivò a portare fino a 9 pali al giorno a picchetto; l'impiego dei cavalli permise di giungere là dove la mancanza di strade e le asperità del terreno sembravano precludere l'accesso ad un palo in cemento del peso di ca 40 qli. Dove il carro riusciva pericoloso o inutile, per l'eccessiva ripidità o asprezza del terreno, oppure per ingombri di vegetazione, i pali furono trascinati sul terreno fino a picchetto, attaccando i cavalli in punta; si portarono così a picchetto tutti i pali dei dirupi boscosi che sovrastano Civitavecchia.

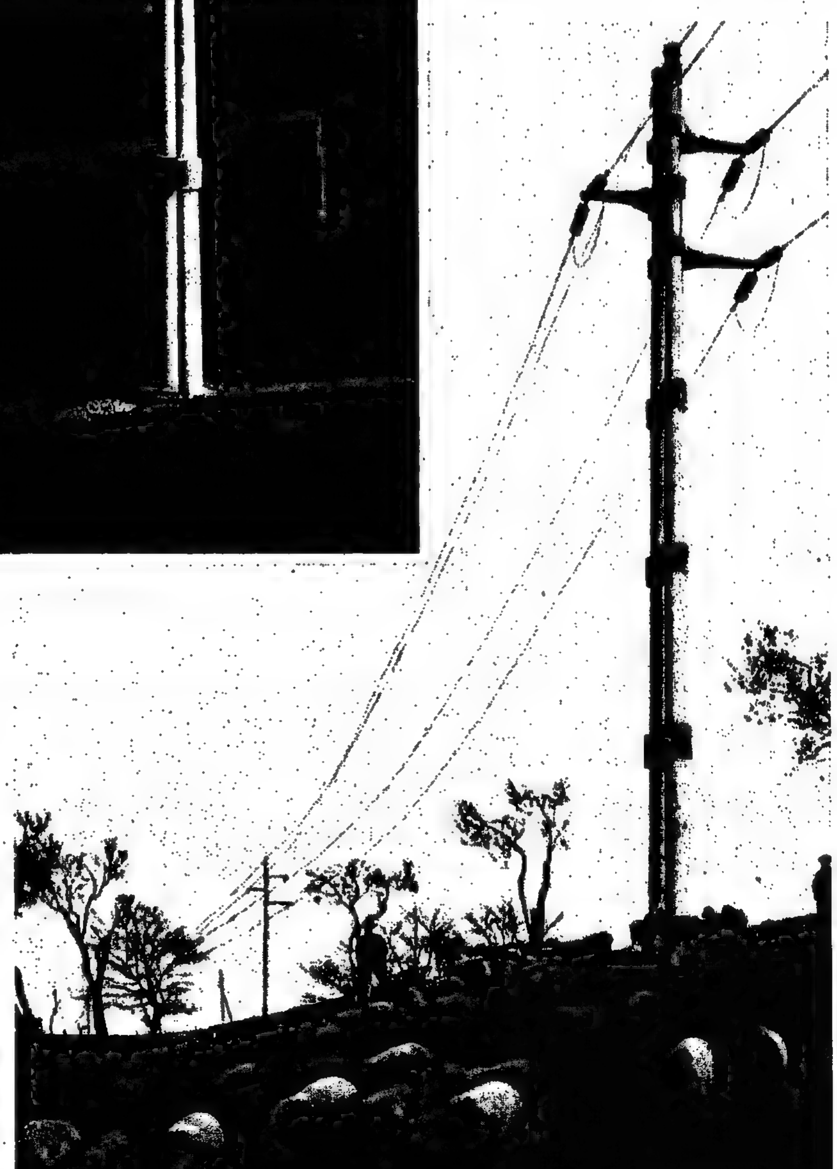


Fig. 2. - Attraversamento telefonico presso Bracciano.

Il rizzamento dei sostegni venne iniziato verso i primi di novembre e ultimato ai primi di gennaio; una squadra rizzava in media 5 pali al giorno, esclusi i sostegni a coppia. La tesatura venne avversata dal tempo, che fu invece benigno per le altre fasi del lavoro; fu adibita una sola squadra, che iniziato il lavoro in dicembre lo finì in marzo.

Aggiungiamo le caratteristiche tecniche della linea che, come abbiamo detto, è una delle più interessanti del Lazio. Il sostegno normale impiegato è lo SCAC 18,20/700/3/47-27 dove le cifre indicano rispettivamente l'altezza del sostegno, lo sforzo in testa, il coefficente di sicurezza ed i diametri alla base e in testa. Vennero messi in opera 29 sostegni doppi per angoli forti ed attraversamenti, oltre a diversi pali più pesanti per grandi campate ed angoli. Vicino a Roma fu necessario far ricorso a due sostegni doppi da m 25 per attraversare una tranvia urbana e il campo della scuola di cavalleria di Tor di Quinto. Oltre ai sostegni da m 18,20 furono messi in opera dei sostegni da 16 e da 20 m dove il terreno lo richiedeva. Sui pali semplici vennero montate tre mensole in ferro a traliccio, mentre per i pali doppi si adottarono mensole in cemento, contribuendo queste maggiormente al collegamento rigido dei due sostegni.

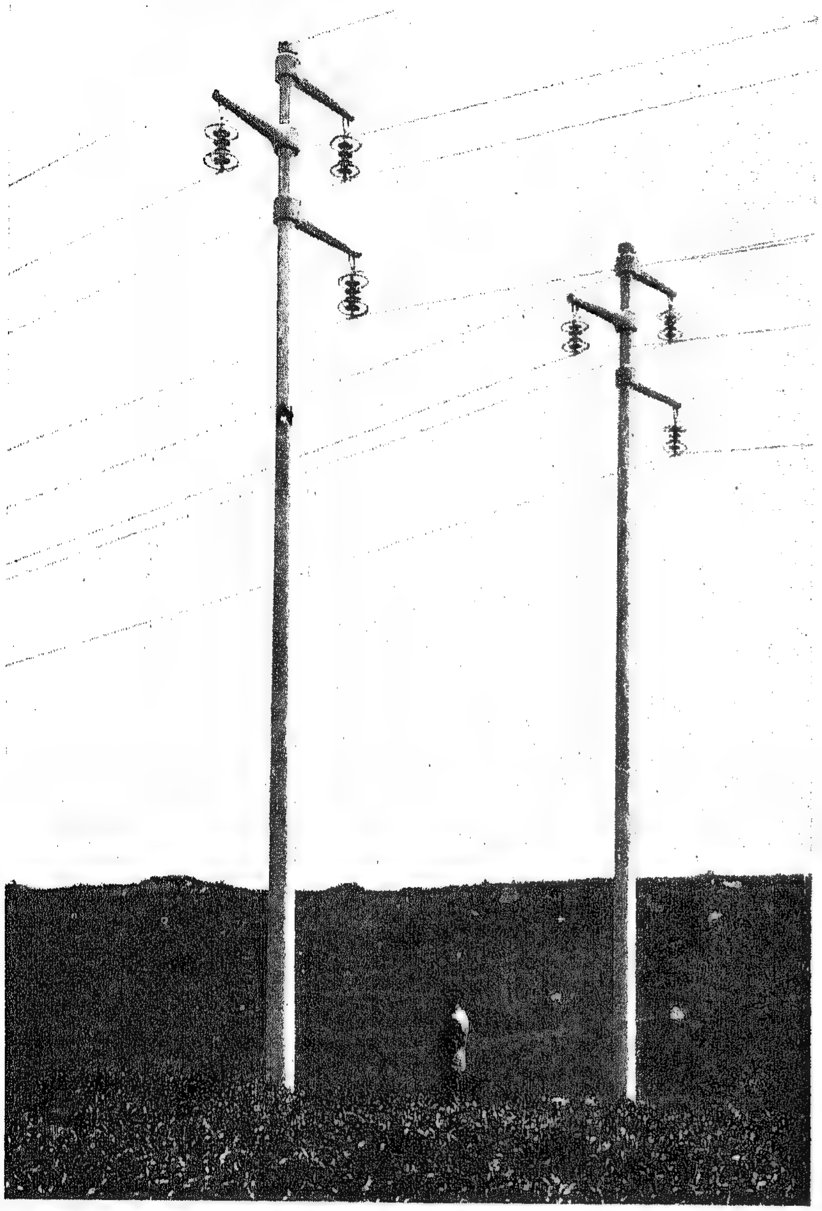


Fig. 3. - Palo perforato da un obice.

Il nuovo elettrodotto che funzionerà alla tensione di 60 000 V, è armato con 3 conduttori in tondino di rame da mm 8,8 e munito di trefolo di guardia in acciaio; gli isolatori sospesi sono a 5 elementi nei pali normali ed a 6 in amarraggio.

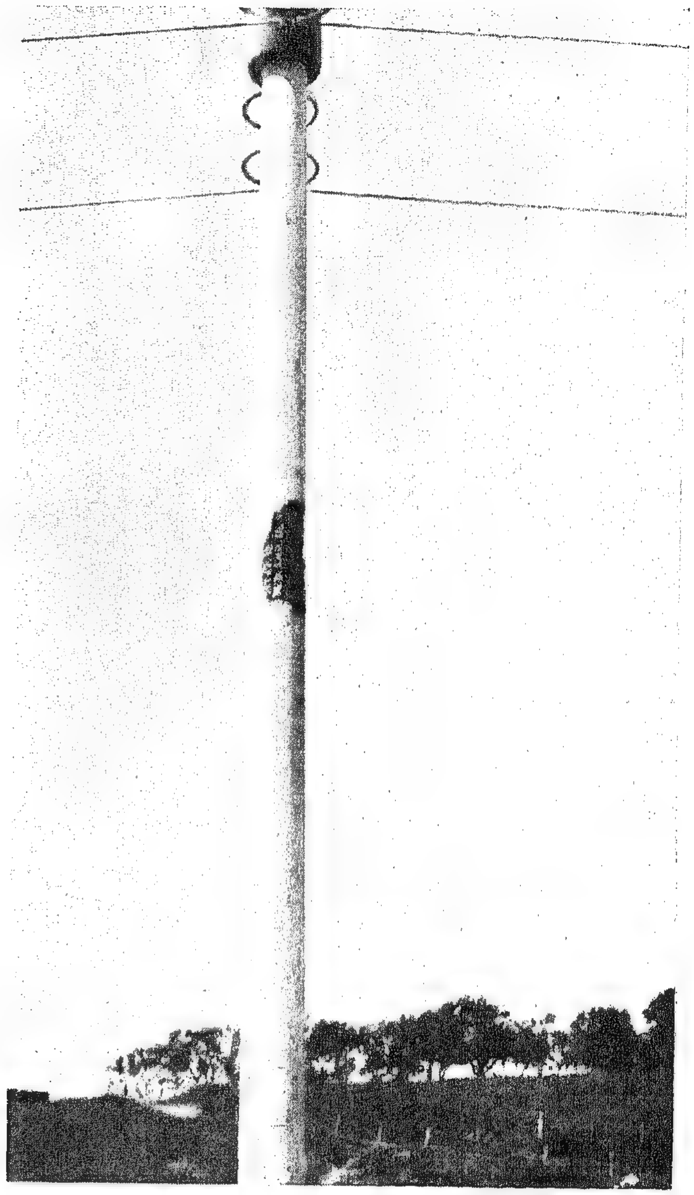


Fig. 4. - Palo perforato da un obice.

La linea fa capo a Civitavecchia alla nuova grande cabina di trasformazione all'aperto (costruita con elementi SCAC) dove l'energia viene trasformata da 60 000 V a 30 000; la stessa con un raccordo di 5 km è collegata alla linea di Colonnetta, raccordo pure eseguito con pali SCAC; ed è in progetto la sistemazione con pali in cemento degli arrivi delle linee a 30 000 V di Vulci e di Treponzi.

Circostanza curiosa: durante alcune esercitazioni d'artiglieria nelle vicinanze di Civitavecchia un obice da 75 mm colpì in asse un palo in cemento, forandolo da parte a parte ma senza farlo cadere o piegare. Nelle fig. 3 e 4 si vede il palo colpito: nella prima di esse è visibile il foro prodotto dal proiettile.

PROF. G. SARTORI
LABORATORIO DI ELETTROTECNICA DELLA R. SCUOLA DI INGEGNERIA DI BOLOGNA

Un denaturatore per applicazioni termiche

Dall'epoca in cui nel nostro paese fu introdotta la tassa sul consumo dell'energia elettrica per illuminazione (Legge 8 agosto 1895) sono stati innumerevoli i tentativi per creare un apparecchio atto a denaturare la corrente elettrica alterandone le caratteristiche in modo da renderne impossibile l'impiego per la ordinaria illuminazione a incandescenza nell'interno delle abitazioni mentre invece poteva ancora vantaggiosamente servire per quelli apparecchi che, per la loro inerzia termica, potevano impunemente sopportare alterazioni momentanee delle caratteristiche.

L'esempio dato dal nostro paese della applicazione di una tassa sull'energia elettrica per luce non ebbe imitatori; così che il problema della ricerca di un apparecchio denaturatore assillò solo i tecnici italiani e di qui anche la scarsità dei tipi comparsi sul mercato ed il loro poco fortunato impiego per tranquillare gli agenti del Fisco che vedono dappertutto la possibilità di abusi per frodare l'Erario della tassa, facendo funzionare lampade sopra i circuiti destinati ad applicazioni esenti da tassa (in prevalenza apparecchi per riscaldamento).

Una recente circolare della Direzione Generale delle Dogane ed Imposte Indirette (Ministero delle Finanze) ribadendo agli Uffici Tecnici di Finanza le norme cui devono sottostare gli impianti interni per poter usufruire dell'energia elettrica a scopo di riscaldamento in esenzione dall'imposta, dà il consenso di limitare la prescrizione alla ***inserzione nel circuito di appositi denaturatori di corrente sufficienti da soli a garantire l'Amministrazione***, ciò che dispensa il consumatore dalle altre gravose prescrizioni, quali le condutture in cavo, la impossibilità di variare il numero delle prese di corrente (queste di tipo speciale) la necessità di un interruttore di linea agevolmente manovrabile dall'esterno.

È forse la prima volta che la Direzione Generale delle Dogane e delle Imposte Indirette esprime un parere favorevole per l'impiego dei denaturatori di corrente e ciò consente di sperare che i costruttori italiani porranno allo studio il problema e sapranno darne non una ma parecchie felici soluzioni.

***

Denaturare una corrente che viene derivata da una conduttura sulla quale il distributore fa ogni sforzo per mantenere costanti le caratteristiche di frequenza e di tensione, non è cosa facile; anche perchè l'apparecchio denaturatore non deve far risentire la sua influenza sulle altre derivazioni della stessa linea di distribuzione per impianti luce. E poichè una lampada ad incandescenza per funzionare regolarmente esige:

a) costanza di tensione,

b) frequenza non inferiore a 20 periodi per secondo, se trattasi di corrente alternata,

c) continuità della corrente derivata,

si comprende ovviamente che ogni qualvolta in un circuito non si verificano tutt'e tre le accennate condizioni noi possiamo dire di trovarci in presenza di corrente denaturata; e sarà tale anche se una soltanto delle condizioni non sarà soddisfatta. Se si potesse avere un apparecchio statico, atto a trasformare corrente a 42÷50 periodi in corrente a 15÷20 periodi, questo sarebbe l'ideale e non è detto che non lo si trovi se siamo alla vigilia di nuove e promettenti meraviglie nel campo dei convertitori a mercurio, apparecchi anche — si sa — di elevatissimo rendimento. Ma per ora non vi è da pensare.

La periodica variazione della tensione in un ordine di grandezza di almeno il 20 % sul valore normale, sarebbe anche molto efficace perchè renderebbe impossibile l'uso della corrente, con caratteristica di tensione così alterata, per scopi di illuminazione, mentre servirebbe benissimo per riscaldamento.

Ma per introdurre periodicamente una tensione deprimente occorrono appositi ruttori o interruttori; per ottenere il risultato mantenendo la continuità di circuiti metallici occorrerebbe introdurre stabilmente un circuito dove, per induzione, agisse un flusso magnetico concatenato a bassa frequenza. E poichè questo sistema darebbe luogo a grosse complicazioni, occorre attenersi alla soluzione con i ruttori; ma allora tanto vale interrompere il circuito derivato per gli apparecchi di riscaldamento con un ritmo molto lento, affidando questa interruzione o ad una disposizione di carattere termico o ad una disposizione di carattere meccanico. A questi ultimi criteri si sono attenuti i tecnici italiani che fino ad ora si sono occupati del problema e molta ingegnosità, forse con scarsa fortuna, fu profusa per raggiungere nel miglior modo possibile l'obbiettivo tanto importante.

***

Essendo stato presentato recentemente a questo Laboratorio di Elettrotecnica un apparecchio ideato dai Signori Ing. Cav. *Mangiaracina* e Per. Ind. *Pacetti* per controllarne il regolare funzionamento, credo non superfluo presentarne una breve descrizione dopo essermi persuaso, come dirò dopo, che esso corrisponde a tutte le esigenze che, per un apparecchio così fatto, si possono avere.

Con esso si compiono sul circuito derivato destinato al riscaldamento e con un ritmo regolabile, delle periodiche interruzioni seguite da lunghi periodi di chiusura del circuito. Per esempio: l'interruzione dura un secondo e la chiusura del circuito dura 100÷200 secondi circa. Questo ritmo, bene adatto allo scopo, viene effettuato dal giuoco di un piccolo relais, da contatti fra mercurio entro atmosfera inerte e da un piccolo elemento termico le cui vicende successive di riscaldamento e di raffreddamento consentono all'interruttore principale (costituito anch'esso da un tubo a mercurio ad oscillazione) di introdurre la voluta denaturazione. È appunto il diverso tempo che impiega l'elemento termico dell'apparecchio a riscaldarsi

o a raffreddarsi che stabilisce il ritmo delle interruzioni. Infatti il riscaldamento dell'elemento è rapido (non più di un secondo) e questo determina il primo tempo del funzionamento dell'apparecchio, cioè apertura del circuito principale; il raffreddamento invece è lento (100÷200 secondi circa) e questo determina il

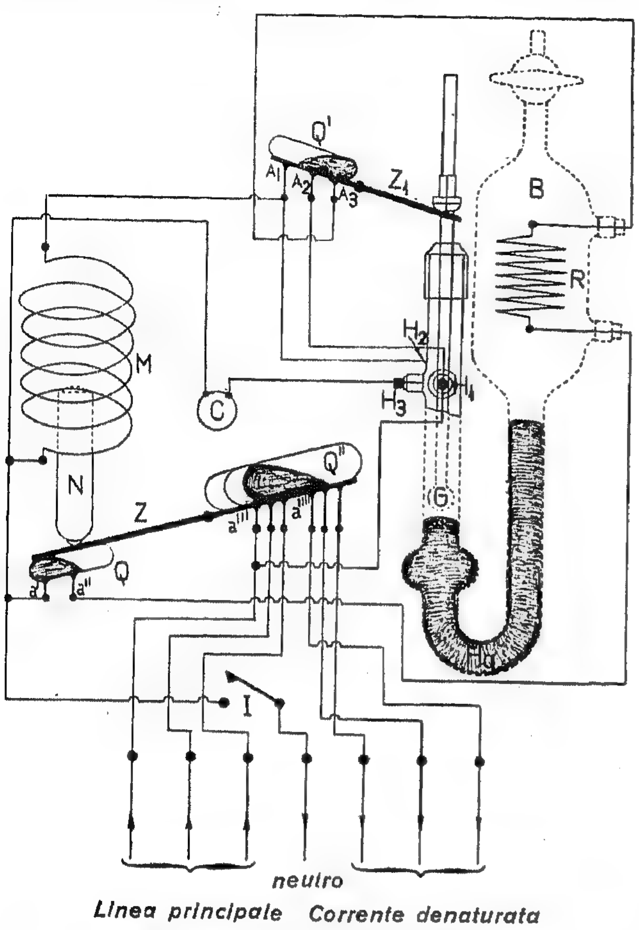


Fig. 1. - Schema dei circuiti.

secondo tempo del funzionamento, cioè chiusura del circuito principale.

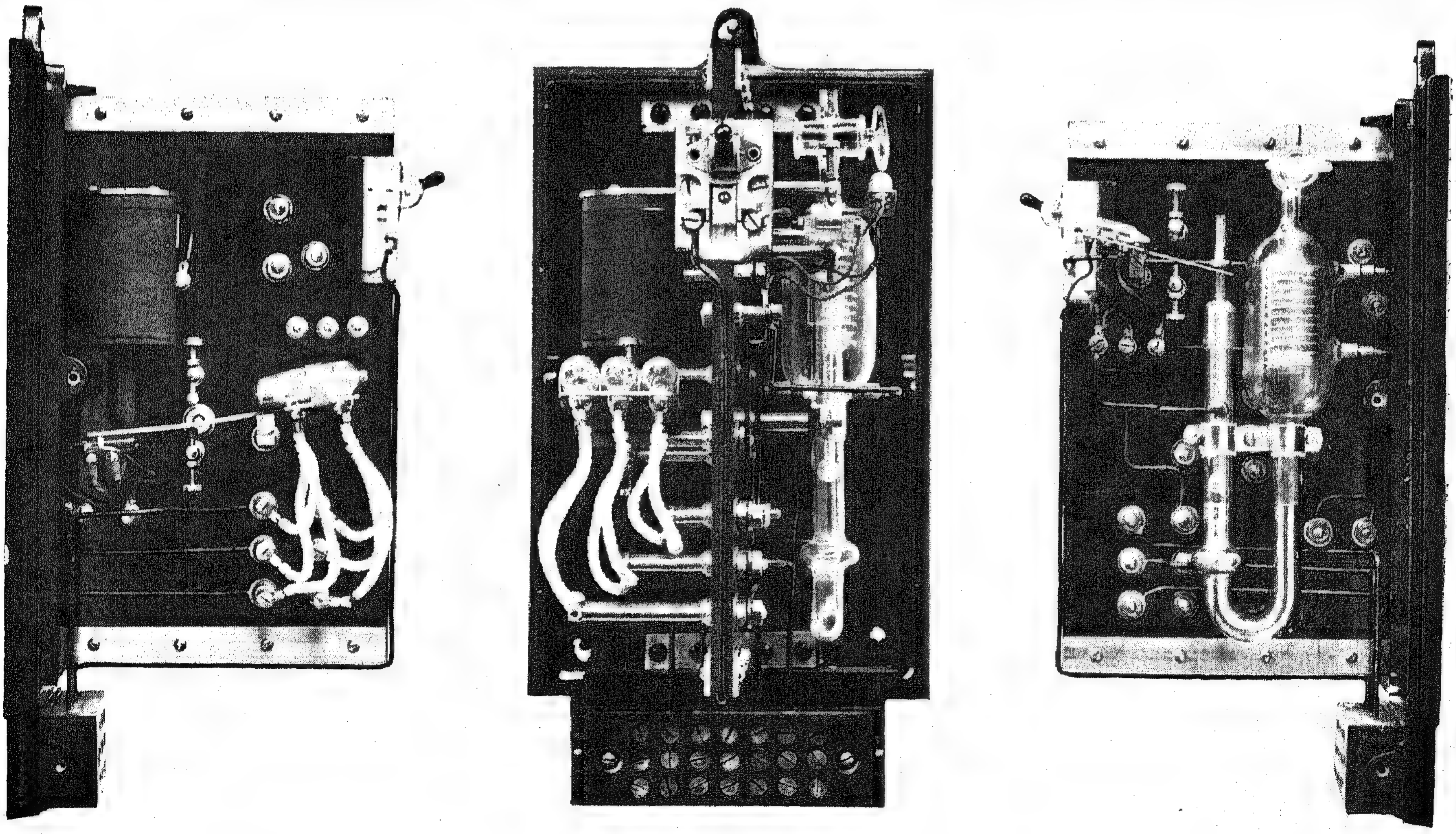
Fissati questi punti cardinali, ecco qualche illustrazione di dettaglio.

La fig. 1 dà lo schema dei circuiti per un apparecchio trifase e le vignette *a*), *b*) e *c*) della fig. 2 mostrano l'apparecchio visto da sinistra, di fronte e da destra: i singoli elementi essendo montati sopra una tavoletta isolante fissata perpendicolarmente alla base dell'apparecchio.

Quando si chiude l'interruttore *I* sul neutro, entra in riscaldamento la resistenza *R*, perchè la corrente partendo da un filo di fase (della linea principale) *a'''* attraverso il ruttore a mercurio *Q'*, che ha i suoi contatti A_2, A_3 in comunicazione, raggiunge la resistenza *R* e da qui per i contatti *a'*, *a''* (in comunicazione) del ruttore *Q* raggiunge il neutro dell'impianto.

La resistenza *R*, ben visibile nella fig. 2 *c*), è chiusa entro un palloncino di vetro, chiuso in alto con un rubinetto, il quale palloncino termina in basso con un tubo ad *U* in vetro ripieno fino ad una certa altezza di mercurio. La dilatazione del gas chiuso entro il palloncino fa salire la colonna di mercurio nel ramo a sinistra e con ciò un galleggiante *G* si innalza rapidamente consentendo alla leva Z_1 di spostarsi fino a tanto che il ruttore *Q'*, inclinandosi apre il contatto A_2 A_3 chiudendo contemporaneamente il contatto A_1 A_2.

In questo istante la corrente viene tolta dall'elemento riscaldante *R* e passa per A_1 A_2 nel solenoide *M*, ben visibile nelle figg. 1 e 2 *a*), il quale determina un'azione di succhiamento sul nucleo poggiante sull'estremità della leva *Z*. Il peso del mercurio contenuto nel ruttore trifase *Q''* fa allora inclinare dalla parte opposta la leva *Z* e con si ciò ottengono due risultati: di portare la tensione di linea sugli apparecchi di lavoro inseriti dalla parte della corrente denaturata e di interrompere il contatto *a' a''*. Però il solenoide *M* rimane sempre attivato attraverso il contatto A_1 A_2 e per tutto il tempo in cui, col raffreddamento di *R* e del lento movimento retrogrado del mercurio nel tubo ad *U*, la leva Z_1 non sia stata trascinata, con l'abbassarsi del galleggiante *G*, ad inclinarsi fino a riversare il mercurio del ruttore *Q'* sopra i contatti A_2, A_3. Allora rompendosi la corrente in A_1 A_2 il solenoide *M*, lascia cadere il nucleo *N* che fa oscillare la leva *Z* con interruzione dei contatti in *Q''* e richiusura del circuito in *a' a''*. Torniamo cioè nella posizione di riposo, nella quale rimane stabilmente l'apparecchio ogni qualvolta si apra



a) *b*) *c*)

Fig. 2. - Il denaturatore visto

a) da sinistra; *b*) di fronte; *c*) da destra

l'interruttore I sul neutro; in funzionamento normale, essendo chiuso questo interruttore, la corrente torna per a' a'' a riscaldare la resistenza R e così il gioco di fenomeni precedentemente descritto riprende.

I due anzidetti tempi di funzionamento si ripetono ininterrottamente e con perfetto sincronismo finchè nel circuito principale si utilizza la corrente così denaturata.

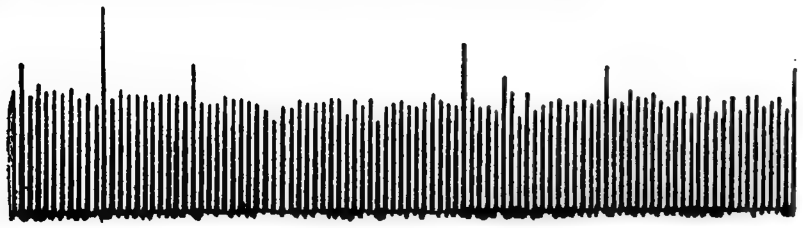


Fig. 3. - Diagramma rilevato con un apparecchio registratore.

La fig. 3 è un pezzo di diagramma ottenuto da un voltametro registratore intercalato fra i capi della resistenza (fig. 1). Esso corrisponde ad un intervallo di interruzione di un secondo (linee verticali) seguito da un intervallo di funzionamento di sessanta secondi.

È importante rilevare che se per un guasto all'apparecchio non funzionasse il relais M, a cui è affidato un compito importantissimo, il circuito della resistenza ohmica R viene egualmente interrotto per la funzione del galleggiante G e ciò evita che la detta resistenza rimanendo permanentemente in circuito determini un danneggiamento del palloncino di vetro. Tale pericolo viene ugualmente evitato nel caso che non avvenisse la manovra del galleggiante G e quindi quella del ruttore Q' perchè il mercurio continuerebbe a salire raggiungendo i due contatti H_1, H_2 (contatti di sicurezza e di segnalazione) dai quali dipende pure l'azionamento del relais M e quindi, come già spiegato, l'interruzione del circuito della resistenza R per l'apertura del contatto a' a''. L'interruzione di un avvisatore acustico S sul circuito dei contatti H_1 H_2 completa il dispositivo di sicurezza.

Il rubinetto con cui termina il palloncino di vetro contenente la resistenza R serve per regolare il quantitativo di fluido da lasciare rinchiuso per meglio registrare le funzioni dell'apparecchio. Se poi si riveste il palloncino di vetro con un materiale opportuno (amianto, per esempio) si abbrevia il tempo necessario al riscaldamento della resistenza R e si prolunga quello necessario per il suo raffreddamento; cioè si aumenta il rapporto fra gli intervalli di tempo corrispondenti alla fase di ammissione di corrente agli apparecchi di lavoro e alla fase di interruzione.

***

Dalla esposizione fatta è facile dedurre che i tre ruttori Q, Q' Q'', avendo il loro funzionamento concatenato, un guasto in uno dei due primi determina l'arresto del funzionamento dell'apparecchio; e poichè essi rappresentano le parti più vulnerabili, resta escluso che l'apparecchio, anche artatamente guastato, mantenga il circuito degli apparecchi di lavoro con corrente non denaturata. Questo caso è escluso e ciò costituisce indubbiamente uno dei pregi fondamentali dell'apparecchio. Da quale parte si potrebbe effettuare una frode non si vede. L'apparecchio andrebbe collocato vicino al contatore, chiuso accuratamente con scatola metallica (che resterebbe anche a protezione per disturbi sugli apparecchi radio) e piombato, come si usa fare per i contatori, dalle Società distributrici d'energia elettrica.

Si potrebbe pensare alla possibilità di una frode se due inquilini di una casa, accordandosi, mettono in parallelo dall'interno i due circuiti a corrente denaturata: data la inevitabile diversità degli istanti della interruzione, potrebbero costituire un circuito unico a corrente normale. Ancora si può pensare al collegamento, all'interno di un appartamento, del circuito luce, se trifase, col circuito a corrente denaturata, eventualmente attraverso un trasformatore. Ma tutto ciò è facile a pensare, ma non altrettanto facile a raggiungere, anche perchè queste applicazioni della energia per uso termico sono per lo più destinate ad abitazioni dove la gente sa a quali pericoli va incontro se una frode dovesse essere scoperta. E poi, di perfetto non vi è proprio nulla a questo mondo.

Se ho creduto non inopportuno far conoscere questo apparecchio è perchè ne ho constatato il suo pratico e sicuro funzionamento con un carico di 3 kilowatt costituito da lampade a filamento di carbone.

Qualcuno si domanderà quale variazione subiva la tensione dell'impianto al momento dell'interruzione. Risponderò che in ciò l'apparecchio non c'entra trattandosi invece di sezioni di condutture. Non è pensabile infatti che una larga diffusione di apparecchi per riscaldamento si possa effettuare nei centri abitati senza un corrispondente e notevole aumento delle condutture principali e secondarie. E questo sarà tanto più necessario se il denaturatore preferito sarà del tipo ad interruzione, indubbiamente il più semplice ed economico che oggi si possa avere.

Denaturare la corrente presso i singoli utenti con apparecchi di altra natura oggi non è possibile perchè mancano gli apparecchi. Diverso è il caso quando il distributore intenda risolvere il problema con una apposita rete in partenza da una cabina di trasformazione perchè allora diverse soluzioni sono possibili.

Nell'Italia Centrale esistono parecchi esempi e sembra che le Società distributrici abbiano trovato il loro tornaconto date le disponibilità idriche nelle varie stagioni. Nel settentrione le cose sono diverse.

D'altra parte sono oggi disponibili decine di milioni di kilowattora nel nostro paese. Un più largo uso di energia per riscaldamento consentito da tariffe ben congegnate e da minori rigori fiscali darebbe certamente modo alle nostre Società di produzione di riprendere il movimento ascensionale dei consumi, ciò che tutti si augurano per ragioni altamente manifeste.

PROF. G. SARTORI.

Un importante progetto di elettrificazione in Lettonia (1)

Il Governo Lettone in vista dell'aumento nel consumo di energia verificatosi nel paese e delle difficoltà tecniche presentate dalla razionale utilizzazione di combustibili nazionali (torbe), ha riconosciuto l'opportunità di provvedere alla costruzione di un primo grande impianto idroelettrico.

La scelta è caduta sul fiume Daugava che presenta delle rapide con caratteristiche adatte ad un buon sfruttamento nei pressi dell'isolotto di Dole.

Il progetto di massima definitivo dell'impianto è stato redatto dall'Ing. P. Stakle, Capo del Dipartimento Marittimo.

Il fiume Daugava ha uno sviluppo di circa 1000 km di cui 376 km in territorio lettone.

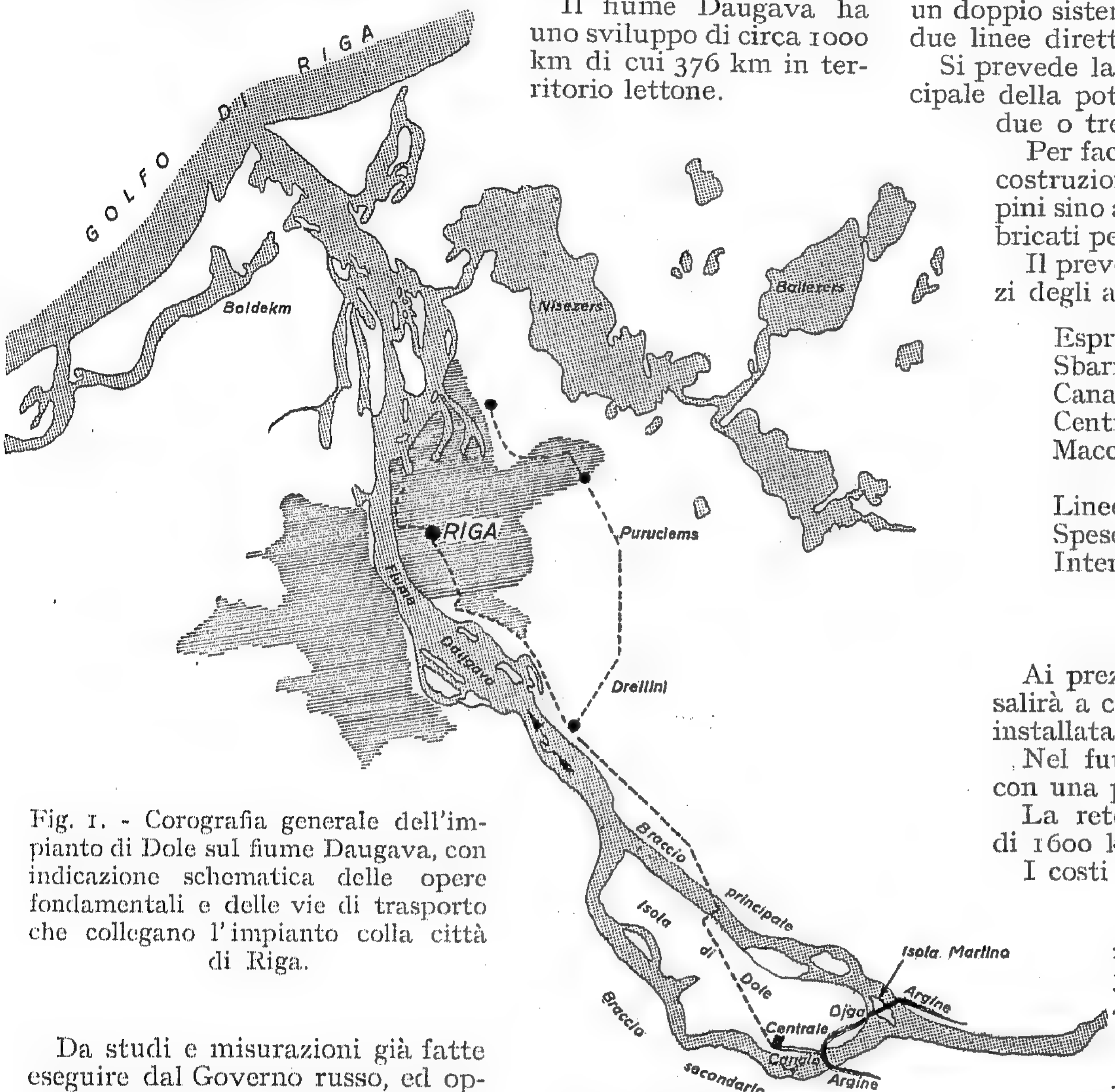


Fig. 1. - Corografia generale dell'impianto di Dole sul fiume Daugava, con indicazione schematica delle opere fondamentali e delle vie di trasporto che collegano l'impianto colla città di Riga.

Da studi e misurazioni già fatte eseguire dal Governo russo, ed opportunamente riveduti, si sono ricavati i diagrammi delle portate. La portata media è di 626 mc/sec. Le indagini geologiche pure sono state favorevoli.

Le opere di presa (fig. 1) interessano un tratto di fiume a due bracci, divisi dall'isolotto di Dole; il braccio principale è occupato da una piccola isola, l'isola Martino.

Le opere comprendono: due traverse di calcestruzzo (fig. 2) attraverso il braccio principale del fiume, sormontate da 8 paratoie cilindriche (fig. 3) di m 3,40 di diametro e della luce di 30 m e da due paratoie Stoney (fig. 4) di m 20 di larghezza per m 8 di altezza; un terrapieno sull'isola Martino e due spalle a gravità sulle sponde del braccio principale.

A paratoie completamente sollevate si può smaltire una portata di 5500 mc/sec senza superare la massima quota di invaso (m 9 sul pelo medio normale del fiume).

Lo sbarramento attraverso il braccio secondario del fiume è costituito da una diga in terra dell'altezza di m 2 sul massimo invaso. Il paramento a monte sarà rivestito di grossi massi, quello a valle di zolle erbose. Anche sull'isola di Dole verrà costruita una diga in terra dello spessore di m 5 in sommità, con pendenze dei paramenti 3:1 a monte e 2:1 a valle e diaframma impermeabile centrale.

Due argini in terra verranno pure costruiti sulle due sponde del fiume per evitare sommersioni di estensioni troppo vaste di terreni.

(1) Ministry of Finance-Marine Department. *The projected Hydro-Electric Power Development on the River Daugava at Dole near Riga.* 1931 - pag. 70.

Il canale derivatore è costruito per una portata di 600 mc/sec alla velocità di 0,9 m/sec; l'area della sezione trasversale è di mq 667; le sponde hanno una pendenza di 3 : 1 nella parte superiore e di 5 : 1 nella parte inferiore.

La centrale è prevista per 4 gruppi generatori da 12 000 HP ciascuno ed è posta sulla sponda destra del canale derivatore. Ogni gruppo è costituito da una turbina Francis per caduta di 12 metri, ad asse verticale, accoppiata con alternatore tipo chiuso di 10 000 kW, a 6000 V, 50 periodi.

Ogni alternatore è connesso, attraverso il trasformatore, ad un doppio sistema di sbarre a 37 000 V, dalle quali partiranno due linee dirette a Riga.

Si prevede la costruzione a Riga di una sottostazione principale della potenza di 20 000 kW e successivamente di altre due o tre sottostazioni.

Per facilitare la costruzione dell'impianto è prevista la costruzione di un tronco ferroviario dalla stazione di Stopini sino alla centrale per una lunghezza di km 6,4 e di fabbricati per uffici ed alloggi per un'area coperta di 1570 mq.

Il preventivo di spesa dell'impianto sulla base dei prezzi degli anni 1923-1925 è il seguente:

Espropri	L.	2.893.800
Sbarramenti	»	37.070.000
Canali	»	8.080.000
Centrale ed opere accessorie	»	16.250.000
Macchinario idraulico	»	4.600.000
» elettrico	»	11.877.000
Linee e sottostazioni	»	5.648.000
Spese generali 5 %	»	4.430.000
Interessi passivi	»	13.600.000
TOTALE	L.	104.500.000

Ai prezzi oggi correnti si prevede che la spesa totale salirà a circa 116 milioni di lire italiane, con una potenza installata *iniziale* in centrale di 30 000 kW (tre gruppi). Nel futuro la potenza installata salirà a 70 000 kW con una produzione prevista di 110 milioni di kWh.

La rete di linee si prevede raggiungerà lo sviluppo di 1600 km in una quindicina di anni.

I costi definitivi dell'impianto sarebbero i seguenti:

1ª fase	(4 gruppi:	40 000 kW):	L. 125.000.000
2ª »	(5 »	: 50 000 »):	» 134.000.000
3ª »	(6 »	: 60 000 »):	» 146.000.000
4ª »	(7 »	: 70 000 »):	» 154.100.000

Il piano finanziario è compilato con i seguenti criteri:

interessi del capitale 9%; ammortamento in 30 anni all'1%; rinnovamenti calcolati sulla media dell'1% all'anno; riparazioni, lubrificazioni, manutenzione, direzione, spese di esercizio e generali, 2 % del costo complessivo dell'impianto; 4% del costo per le linee di trasporto e distribuzione.

Con tali criteri il costo di produzione del kWh è dato dal seguente specchietto:

Costo del kWh		1ª fase	2ª fase	3ª fase	4ª fase
in centrale	L.	0,169	0,123	0,118	0,112
a Riga	»	0,209	0,15	0,144	0,133
per le grandi industrie presso Riga	»	0,257	0,16	0,151	0,136
Costo medio sulla rete nazionale	»	0,289	0,21	0,202	0,193

Il Governo lettone ha predisposto uno schema di concessione che dovrebbe servire di base per affidare ad una Società privata la costruzione e l'esercizio dell'impianto per la durata di 40 anni.

Il concessionario sarebbe obbligato a costruire a proprie spese l'impianto idroelettrico di Dole (installando nella centrale una potenza non inferiore ai 30 000 kW col fattore di potenza 0,8), le sottostazioni e l'intiera rete nazionale della lunghezza complessiva di circa 1500 km, oltre alla linea Dole-Riga da costruire

contemporaneamente all'impianto. La rete nazionale dovrebbe venire costruita entro il 1950 con una media di 100÷200 km per anno.

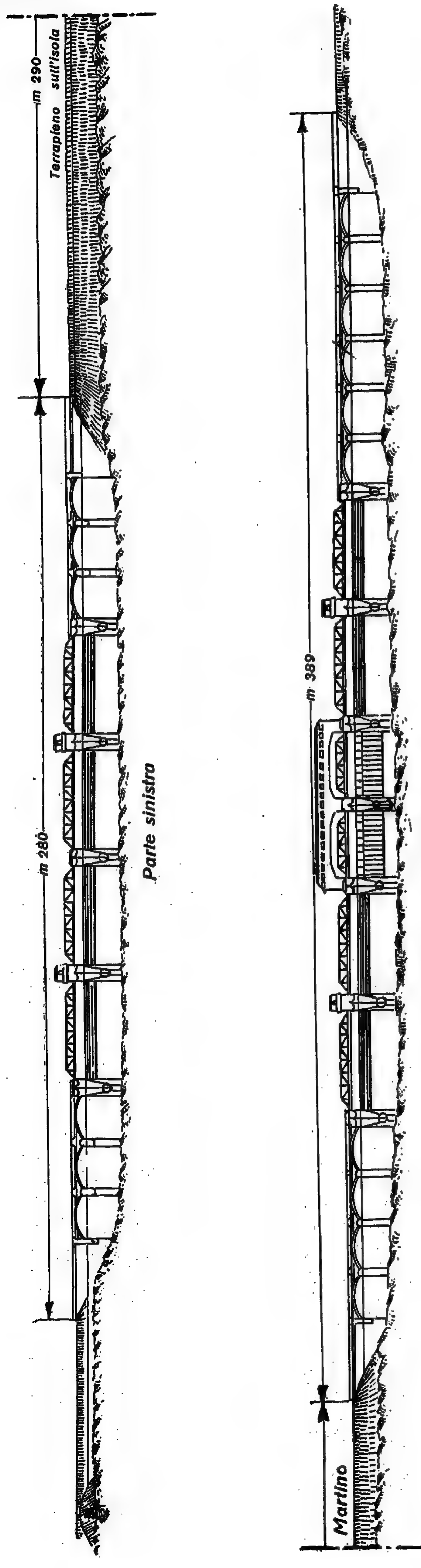


Fig. 2. - Vista da monte della parte più importante della diga, attraverso il braccio principale del Daugava e l'isola Martino.

Il concessionario è obbligato a fornire l'energia al Governo, ai Comuni ed alle zone agricole alle condizioni che verranno concordate caso per caso ma che in ogni modo debbono essere in armonia con le condizioni generali dello schema suddetto.

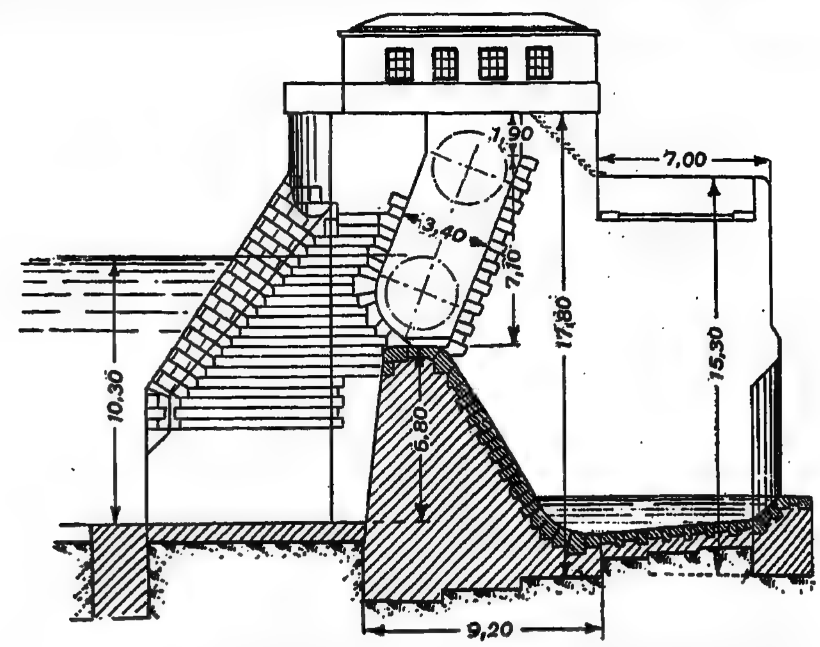


Fig. 3. - Sezione della diga principale in corrispondenza di una paratoia cilindrica.

Il concessionario dovrà redigere il progetto definitivo, da sottoporsi al preventivo benestare del Governo lettone, ispirato ai criteri del progetto di massima precedentemente descritto. Tale progetto dovrà pure comprendere tutte quelle opere accessorie atte a garantire la utilizzazione del corso d'acqua per i trasporti fluviali, per la piscicoltura, ecc.

Il Governo lettone faciliterà nel migliore dei modi le espropriazioni, concederà facilitazioni nei trasporti e particolari riduzioni nelle dogane e concederà inoltre l'uso gratuito dei terreni demaniali.

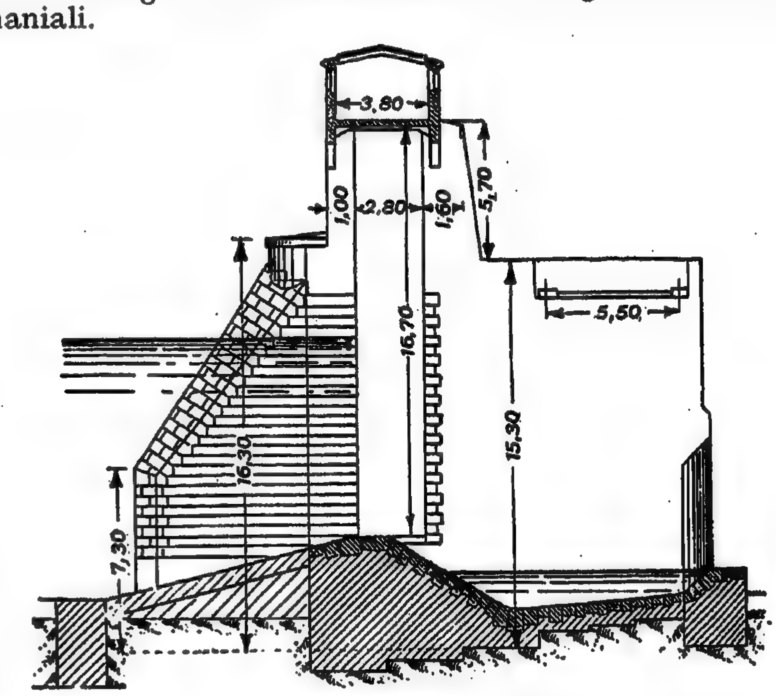


Fig. 4. - Sezione della diga in corrispondenza di una paratoia Stoney.

Il Governo lettone, dopo 18 anni dall'inizio della concessione, salvo preavviso da darsi nel termine di anni 2, potrà riscattare l'impianto a determinate condizioni.

Se il dividendo sui capitali investiti, calcolati secondo certi criteri, eccede il 10%, il Governo è autorizzato a esigere una quota parte del dividendo o a chiedere una riduzione delle tariffe.

La quota da esigere dal Governo verrà calcolata nel modo seguente:

a) sul primo 2% oltre il 10% in misura del 40%
b) sull'altro 2% » » 12% » » » 50%
c) » 2% » » 14% » » » 60%
d) » 2% » » 16% » » » 70%
e) sulla percentuale eccedente il 18% in misura del 75%.

L'impianto sopradescritto, che rappresenta un notevole esempio di grande impianto a bassa caduta, può presentare qualche interesse per l'Ingegneria e per le Imprese costruttrici italiane, le quali potrebbero concorrere eventualmente al progetto ed all'esecuzione del medesimo.

e. t. d.

FATTI E TESTIMONIANZE

IL MOTORE DIESEL E L'ENERGIA ELETTRICA NELLE FABBRICHE DI GHIACCIO

Lettera aperta al Signor Ernesto Ferrero

Nella mia qualità di Presidente della UNFIEL ho ricevuto il N. 5 della Rivista « Industria Italiana del Freddo ». Aperta a pagina 100, fa bella mostra di sè una dicitura impressa con timbro azzurrino del seguente tenore: « Si prega di leggere attentamente ». La prosa da leggere attentamente è intitolata: « Diesel ed energia elettrica nelle fabbriche di ghiaccio ».

L'articolo porta la di Lei firma. Credo di non sbagliarmi inducendo che anche il timbro sia stato apposto da Lei o da altri per Lei.

Per questa delicata attenzione Le sono molto grato, quantunque possa parere un poco presuntuoso invitare altri a leggere attentamente. Per ciò che mi concerne L'assicuro che leggo sempre attentamente ciò che leggo. Non so se tutti scrivano con altrettanta attenzione ciò che scrivono. Ma, veniamo al Suo articolo.

Non ho alcuna intenzione di rilevare l'acredine ed il sarcasmo particolari della Sua prosa contro i venditori di energia elettrica. Questa categoria di cittadini non ha le Sue simpatie; e siccome le simpatie e le antipatie non si discutono, sprecherei il mio ed il Suo tempo se La seguissi su questo terreno. Mi permetto soltanto di farLe rilevare che, per eccesso di zelo, Ella trasmoda. Per esempio come vuole si giudichi uno scrittore competente (come indubbiamente dev'essere Lei) quando lo si sente affermare che 25.200 quintali di ghiaccio si producono con 151.000 cavalli-ora se l'energia è fornita dai Motori Diesel, mentre per converso sostiene, poche righe più sotto, che occorrono 178.400 kilowatt-ora (vale a dire quasi 240.000 cavalli-ora) quando l'energia sia fornita da motori elettrici?

Per Lei i Diesel hanno, si vede, il dono divino di moltiplicare i quintali di ghiaccio, come nostro Signore Gesù Cristo aveva quello di moltiplicare i pani ed i pesci. Non mi risponda, Egregio Signor Ferrero, che ci sono dei rendimenti in gioco, diversi nell'uno e nell'altro caso. Non ne vale la pena. Io mi sono proposto soltanto di mostrarLe che ho ubbidito al Suo imperativo avverbiale, cioè ho letto attentamente, per quanto mi danno le mie facoltà, il Suo scritto. Vorrà dunque imputare alla mia discrezione la mia riluttanza a contradirLa nelle Sue osservazioni e nelle Sue conclusioni.

Distinti saluti.

GIACINTO MOTTA.

SUL COSTO DELLA ELETTRIFICAZIONE RURALE.

A dimostrare come siano ormai dovunque riconosciuti i principî sostenuti dalla UNFIEL in materia di elettrificazione agricola, riportiamo un capitolo dell'opuscolo « L'electrification des campagnes » (1) pubblicazione ufficiale del Ministero d'agricoltura francese. Da esso risulta anche il diverso significato che in Francia e da noi si dà all'espressione « elettrificazione rurale ».

Le frasi in corsivo o in neretto sono sottolineate nel testo francese.

« I vantaggi delle distribuzioni di elettricità per l'agricoltura sono, come si è visto, considerevoli. Ciononostante, fino a pochissimi anni or sono queste imprese servivano pressochè esclusivamente le città e le regioni industriali, la cui situazione privilegiata è dovuta a ragioni che appaiono facilmente.

« *Le reti rurali per servire i villaggi e i cascinali sparsi devono essere molto estese e quindi molto costose. Per contro, se le applicazioni agricole dell'elettricità sono molteplici,* **le quantità di energia consumata sono molto piccole.** Il consumo annuale nelle zone puramente agricole non sorpassa generalmente una dozzina di chilowattora per abitante; esso può arrivare, se gli usi per forza motrice, specialmente per la trebbiatura, sono sviluppati, fino a una quindicina di chilowattora e non è suscettibile di sorpassare questa cifra se non nel caso dell'esistenza di numerose lavorazioni familiari.

« D'altra parte, l'utilizzazione dei motori è brevissima e varia secondo le loro funzioni da 100 a 300 ore per anno, mentre le utilizzazioni industriali vanno da 1000 a 3500 ore. Il distributore d'energia cava quindi un guadagno mediocre dalla potenza che deve immobilizzare. Inoltre, le variazioni dei bisogni agricoli con le stagioni e le intemperie, sono fastidiose per un esercizio rimuneratore che richiede regolarità.

« *In definitiva, si è potuto a ragione affermare che le reti agricole* **rappresentano il massimo di spesa col minimo di entrate.**

« Come trionfare di queste difficoltà di ordine finanziario? In primo luogo agendo sulle spese per ridurle e sulle entrate per migliorarle.

« *Innanzi tutto, occorre limitare l'onere di primo impianto a una cifra ragionevole, sia rassegnandosi a non servire le località troppo distanti, sia esigendo dai loro abitanti un contributo a fondo perduto che riduca ad un ammontare accettabile le spese a carico della collettività.*

« D'altra parte è possibile, come sarà spiegato più avanti, di attenuare le spese di costruzione e di esercizio senza nuocere alla sicurezza e al buon funzionamento delle imprese. *Infine è altrettanto importante che gli agricoltori imparino a servirsi dell'elettricità* per ridurre le loro spese personali e quelle dell'impresa distributrice mediante una migliore utilizzazione dell'energia.

« *Per aumentare gli introiti, è indispensabile che i coltivatori siano sempre meglio informati sui servizi che può rendere l'elettricità.* Indipendentemente dagli opuscoli e dalle conferenze, delle dimostrazioni devono essere organizzate in occasione di congressi, concorsi ed esposizioni in modo che gli agricoltori possano vedere in funzione gli apparecchi che li interessano. L'Amministrazione dell'Agricoltura non mancherà di favorire con tutti i mezzi di cui dispone il successo di queste varie manifestazioni e di incoraggiare la creazione di impianti per quanto è possibile completi, suscettibili di servire da modello.

« Le misure ora prospettate, malgrado i loro benefici effetti, non sarebbero sufficienti per permettere la realizzazione della maggior parte delle reti rurali di distribuzione d'energia elettrica. **Il prezzo dell'energia sarebbe infatti generalmente proibitivo se la totalità degli oneri di primo impianto pesasse sui consumatori.** *Per assicurare la vitalità delle imprese, è indispensabile che questi oneri siano alleggeriti con un concorso finanziario dello Stato.*

« *È a questa conclusione che sono giunti gli studi di una commissione extraparlamentare costituita presso il Ministero dell'Agricoltura da un decreto del 25 marzo 1922. Il progetto di legge predisposto dal Governo sulle basi determinate da questa Commissione è stato approvato dal Parlamento (legge 2 agosto 1923), e pertanto la creazione delle reti rurali sarà molto più largamente facilitata di quanto essa non lo fosse già dalla concessione di sovvenzioni e di prestiti a interesse ridotto: l'elettrificazione delle campagne sta così per avere tutto il suo sviluppo* ».

(1) Ministère de l'Agriculture - Direction générale des eaux et forêts - Eaux et Génie rural - *L'Electrification des campagnes* - Notice destinée à faciliter la création des réseaux (1924) pag. 10 e segg.

DIRITTO E GIURISPRUDENZA

Fornitura di energia elettrica - Clausola di esclusività.

Il patto contenuto in un contratto di fornitura di energia elettrica che assicura alla società fornitrice il diritto esclusivo di fornire la energia nei locali indicati dal contratto e di uso dell'abbonato è perfettamente valido non essendo contrario all'ordine pubblico ed essendo giustificato dalle necessità di sviluppo della produzione elettrica e dal correlativo interesse della economia nazionale (1).

Cassazione del Regno, 17 gennaio - 19 febbraio 1931, Pres. Padiglione, Est. Sora, in causa Soc. An. Industria Elettrica Scledense (Avv. Rizzoli) c. Romagna (Avv.ti Angelucci e Ronzani).

FATTO

Romagna Amedeo, fabbricante di ghiaccio in Malo, in data 19 febbraio 1925 concludeva colla Industria Elettrica Scledense un contratto per iscritto concernente la fornitura di energia elettrica per anni tre a partire dal 1° marzo 1905. Successivamente il 9 aprile 1925 concludeva colla medesima Società un secondo contratto di fornitura di altra energia per il tempo dal 1° aprile 1925 al 31 maggio 1929, ed infine il 1° gennaio 1927 ne fu tra le parti concluso un terzo per fornitura di energia elettrica per forza motrice per la durata di quattro anni, cioè a tutto dicembre 1931. Nel primo di questi contratti si vede inserita con timbro la clausola: « L'utente garantisce alla Società il diritto di prelazione per la fornitura di energia elettrica alla fine del contratto per eguale periodo ». Negli altri due si legge identica clausola a stampa in fine del patto sulla durata del contratto: c'è poi con tutti e tre i contratti fra le condizioni generali la seguente pattuizione: « La Società avrà diritto esclusivo di fornitura d'energia elettrica nei locali indicati nel contratto ed annessi di uso dell'abbonato ». Con citazione del 3 agosto 1928 la Società, premesso che il Romagna, dopo aver disdettato a scadenza il primo dei tre contratti, senza curarsi del diritto di prelazione in favore della Società, e malgrado che fossero ancora in corso gli altri due, aveva concluso con altra ditta concorrente, dell'Ing. Marzotto di Valdagno, una nuova fornitura elettrica; che pertanto esso Romagna erasi reso doppiamente inadempiente e dell'obbligo concernente la prelazione e di quello concernente l'esclusiva e lo conveniva perciò davanti al Tribunale di Vicenza per sentir dichiarare le suddette inadempienze; dichiarare la proroga del primo contratto scaduto in virtù della prelazione, e dichiarare tenuto esso convenuto alla emenda dei danni. Il Romagna per quanto concerneva la pretesa violazione del patto di prelazione eccepiva in primo luogo che quel patto nello scaduto contratto del 19 febbraio 1925 era stato dalla Società abusivamente inserito, dopo la firma, approfittando d'uno spazio in bianco, in secondo luogo che ad ogni modo egli aveva posto la Società in condizione di esercitare la prelazione informandola delle tariffe più vantaggiose che gli offriva l'Ing. Marzotto; ma la Società non solo non aveva accettato di accordare una riduzione, ma aveva annunciato che avrebbe dovuto aumentare le tariffe.

Per quanto rifletteva il patto di esclusività, il convenuto ne eccepiva la nullità per esserne la causa illecita. Il Tribunale ammise la prova testimoniale proposta dal Romagna sui fatti da lui addotti in riguardo al patto di prelazione: dichiarò la nullità del patto di esclusiva, riservò il giudizio definitivo dopo l'esito della prova suddetta. Appellò in via principale la Società per opporsi alla prova e per far dichiarare lecito e valido il patto di esclusiva: appellò incidentalmente il Romagna, ma tanto di questo appello incidentale quanto di quello principale per ciò che riguarda la prova testimoniale non occorre ora occuparsi, giacchè per l'oggetto del presente giudizio di Cassazione importa, dell'impugnata sentenza che la Corte di Appello emise in data 6-17 gennaio 1930, soltanto riferire che rigettò l'appello principale della Società per quanto concerneva la dichiarata illiceità del patto, di esclusiva, illiceità che la Corte tornò a confermare. Contro tale punto della sentenza la Società ha ricorso per Cassazione con unico mezzo col quale denuncia la violazione degli articoli 1097, 1104, 1122, 1123, 1221 C. C. e conseguente nullità a sensi dell'art. 517, n. 3 C. P. C. assumendo che erroneamente ed in spregio dei suddetti articoli del C. C. la Corte di Appello ha dichiarato la nullità del patto sovradetto.

DIRITTO

L'impugnata sentenza ha sul punto in questione considerato che il patto di esclusiva è contrario alla pubblica economia e quindi all'ordine pubblico, contemplato dall'art. 1122 C. C.: « È precisamente (dice la sentenza) la particolare caratteristica della industria elettrica del nostro paese quella che determina il pregiudizio per la economia pubblica, derivante dalla clausola di esclusività. Il nostro paese povero di carbone ed onerosamente tributario all'estero per tale minerale, ha sommo interesse che l'industria elettrica si sviluppi e si propaghi quanto più possibile. D'altra parte il progresso del vivere civile ha finito per costituire dell'uso della energia elettrica un bisogno di prima necessità; e chi ha un impianto di produzione elettrica in una regione che ne è sfornita, occupa in breve tutta la clientela che la regione può dare. È intuitivo che se si potesse incatenare questa clientela in modo da impedirle per un tempo più o meno lungo di servirsi da altri produttori, si verrebbe in pratica a rendere impossibile, nelle regioni così accaparrate, il sorgere di nuovi impianti, perchè la loro produzione non troverebbe possibilità di essere collocata. In ciò consiste il danno per l'economia pubblica, non soltanto ipotetico, ma effettivo perchè ogni kW di energia elettrica che si produce nel regno fa risparmiare l'emigrazione all'estero della corrispondente moneta italiana necessaria per l'acquisto di carbone ». Osserva questo Supremo Collegio che la questione è stata più volte dibattuta sotto l'aspetto se il patto di esclusiva sia illecito in quanto possa essere lesivo del diritto inalienabile della libertà individuale di colui che si obbliga a rispettare l'esclusività e concordemente dottrina e giurisprudenza hanno detto che una tal lesione non si verifica, ed il patto è quindi lecito, ogni volta che questo sia limitato nel tempo e nello spazio.

Giacchè in tal caso la libertà dell'obbligato non viene soppressa, ma soltanto ristretta per un certo oggetto, tempo e luogo, il che la legge permette come necessità inerente ad ogni contratto che importi l'obbligo di fare o non fare. L'impugnata sentenza non ha esaminato la questione sotto tale aspetto strettamente giuridico, ma sotto quello economico per concludere, nella specie, che il patto è dannoso all'economia pubblica quindi all'ordine pubblico perchè illecito. Ma anche a tale riguardo la pretesa illiceità non esiste. Ed invero è facile rilevare che il fatto dell'esodo della moneta italiana all'estero per ivi acquistare carbone utilizzabile per ogni kW di energia elettrica, che non si produce in Italia, non è sufficiente per dedurne in modo assoluto il danno all'economia pubblica tale da influire sull'ordine pubblico, giacchè altrimenti dovrebbe essere dichiarata illecita ogni importazione di merce che potesse essere sostituita da altre nazionali e che ugualmente produce un esodo della moneta dal Regno che potrebbe essere evitato, ciò che sarebbe decisa negazione del principio della libertà degli scambi cui si riconosce tanta benefica influenza sullo sviluppo delle industrie e dei commerci, e sul benessere delle popolazioni. Non basta adunque addurre l'inconveniente dannoso dell'esodo della moneta nazionale, per dire che l'economia pubblica rimanga offesa e danneggiata da una contrattazione, ed invece bisogna tener presenti tutti gli effetti che dalle medesime possono derivare; ed a questo proposito, contro le conclusioni cui nella specie la impugnata sentenza è addivenuta, può ritorcersi quello che essa stessa espone circa l'incremento che deve essere dato alla produzione di energia elettrica nel Regno, appunto per evitare un corrispondente acquisto di carbone all'este-

ro. È invero opinione concorde di economisti, e che questa Suprema Corte ha già avuto occasione di dichiarare giusta e fondata, che per lo incremento sopradetto, il patto di esclusività di fornitura a favore del produttore dell'energia elettrica è condizione che si può dire necessaria, in quanto che si tende con esso ad assicurare alla azienda la continuità di una clientela il cui rendimento sia adeguato alle esigenze onerosissime delle spese di impianto e di esercizio, le quali richiedono immobilizzazione di considerevoli capitali, che non sarebbero destinati alla azienda senza la sicurezza di un ragionevole compenso.

Di modo che, se lo sviluppo della produzione elettrica è di massimo interesse per l'economia della Nazione, come giustamente ha detto la Corte di Appello, è proprio un tale interesse che giustifica il patto di esclusiva fra produttore e consumatore, anzichè renderlo illecito come la Corte medesima ha soggiunto. Erroneamente quindi essa ha dichiarato la nullità del patto per la pretesa sua contrarietà all'ordine pubblico in correlazione colla pubblica economia.

Per queste considerazioni l'impugnata sentenza, deve essere cassata, e la causa rinviata per nuovo esame.

(*Omissis*).

NOTA

(1) La Cassazione, con la sentenza annotata, ha ristabilita la unanimità della giurisprudenza in ordine alla validità del patto di esclusiva, unanimità per un momento turbata dalla sentenza 6-17 gennaio 1930 della Corte d'Appello di Venezia, ora cassata.

Detta sentenza può leggersi in questa stessa Rivista, nel fascicolo di gennaio 1931, a pag. 49.

Si veda ivi anche la nota di commento, nella quale sostanzialmente si accennavano le contrarie argomentazioni ora accolte dalla Cassazione; nonchè, per i precedenti, i richiami in detta nota contenuti.

A. P.

Fornitura di energia elettrica - Clausola di esclusività - Patto del minimo consumo.

MASSIMA

I patti di esclusività e di prelazione contenuti in un contratto per fornitura di energia elettrica sono validi non ostando a nessuna disposizione di ordine pubblico, data la loro limitazione nel tempo.

Il patto che obbliga l'utente a corrispondere il canone per un minimo di consumo preventivato, anche se non effettivamente usufruito, ha relazione alla esecuzione del contratto, e non costituisce predeterminazione del danno per il caso di sua risoluzione. Conseguentemente esso non autorizza l'utente a liberarsi dalla fornitura corrispondendo il detto canone minimo per la restante durata del contratto. In caso di violazione del patto di esclusiva da parte dell'utente, la Società fornitrice ha diritto al risarcimento dei danni nella misura del mancato guadagno dimostrabile e non limitatamente al minimo consumo preventivato (1).

Tribunale Parma, Pres. Caboni, Est. Pisani, 12-30 aprile 1931, in causa Soc. Emiliana Esercizi Elettrici (Avv. Artoni) c. Reni (Avv. Isi).

FATTO

Con citazione 2 agosto 1930 la Società Emiliana di Esercizi Elettrici in persona come in epigrafe, conveniva innanzi questo Tribunale Reni Giovanni e premesso:

che il Reni il 13 agosto 1928 stipulava con essa richiedente un contratto per la fornitura di energia elettrica a scopo di forza motrice per azionare la propria segheria;

che tale contratto venne stipulato per la durata di anni tre con decorrenza dal 1° agosto 1928, quindi con scadenza al 31 luglio 1931;

che con effetto dal 1° maggio 1930 il Reni ha ritenuto di potere risolvere di suo arbitrio il contratto in corso, cessando dall'assorbire l'energia messa a sua disposizione dalla Società richiedente, nei riguardi della quale egli ha creduto di potere assolvere ad ogni obbligo contrattuale offrendole (senza tuttavia pagarlo) l'importo del canone minimo impegnativo fissato in contratto, e provvedendo poi ad acquistare presso altro fornitore il fabbisogno di energia elettrica occorrente per l'azionamento della propria segheria;

che in virtù del contratto il Reni ha invece l'obbligo di ritirare esclusivamente dalla Società richiedente tutto il fabbisogno di energia elettrica necessaria per l'azionamento della sua segheria;

che tale obbligo deriva anche dal disposto dell'art. 1° cap. 3 di altro contratto di fornitura di energia elettrica a scopo di illuminazione stipulato con la Società stessa il 16 dicembre 1928 per la durata di anni tre;

che tale violazione del contratto autorizza essa richiedente a chiedere la risoluzione del contratto di fornitura di cui trattasi per fatto e colpa del Reni. col conseguente risarcimento dei danni;

che la causa è di valore indeterminato e che per patto scritto la competenza territoriale è quella del foro di Parma; tutto ciò premesso, l'attrice chiedeva dichiararsi risolto per fatto e colpa del Reni il contratto di fornitura di energia elettrica 13 agosto 1928, con la condanna del convenuto al risarcimento dei danni da liquidarsi in separata sede, con vittoria delle spese ed accessori. Costituitosi il contraddittorio, alla udienza di discussione previa produzione degli atti e documenti di cui alle rispettive comparse, le parti concludevano come in epigrafe.

DIRITTO

L'attrice fonda la sua domanda sul contratto 13 agosto 1928 dove è detto: « la durata del presente contratto viene stabilita in anni tre a partire dal 1° agosto 1928 » e sul patto 19 del Capitolato di contratto nel quale è detto: « La Società ha il diritto esclusivo per la fornitura di corrente elettrica per qualsiasi uso nei locali indicati nel contratto »; diritto di esclusiva che deriva anche da altro contratto di fornitura di energia per l'illuminazione in data 15 dicembre 1928 della durata di un triennio, nel quale si stipula: « L'utente si obbliga di usare esclusivamente dell'energia fornita dalla S.E.E.E. per tutta la durata dell'accordo ».

Ora siccome è pacifico che il Reni ha abbandonato la fornitura della S.E.E.E. il 30 aprile 1930, e ha acquistato, durante il corso del contratto, energia da altro fornitore, così sarebbe caduto in evidente violazione di contratto.

Afferma il convenuto:

1° avendo offerto di corrispondere all'attrice il minimo di consumo garantito, ha adempito al contratto, e la Società non può lamentarsi;

2° sono illecite le clausole di esclusiva e di prelezione;

3° la Società non risente danno in alcuna ipotesi, come si chiede di provare.

1° Non regge nessuno di questi argomenti. È infatti facile rilevare che se fosse sufficiente corrispondere il minimo di consumo garantito, il contratto verrebbe a svuotarsi del suo sostanziale contenuto; e in verità il contratto aveva per oggetto la fornitura di tutta la energia occorrente al Reni, soltanto si fissava un limite minimo, necessario per porre la Società in condizioni di far fronte alle spese di esercizio.

Il patto vuol soltanto dire che anche nel caso che l'utente non consumi energia, deve ugualmente pagare quel minimo stabilito, ma questo non vuol dire affatto che si possa prendere altrove l'energia, e basti per adempiere al contratto pagare il minimo. Il contenuto del contratto è la fornitura di energia che occorre all'azienda. L'interesse della Società sta appunto in ciò, che avendo il Reni fatto uso di altra energia, ha dato ad altri quell'utile che ad essa Società sarebbe derivato dal consumo di energia superiore al minimo. E che il Reni abbia consumato energia superiore al minimo è pacifico in causa.

Che sia così d'altra parte deriva chiaro dalle clausole di esclusiva.

2° Il convenuto dice illecite tali clausole come contrarie alla libertà dei commerci e alla concorrenza che del commercio è condizione essenziale.

Si ricordi che il Reni cessò dall'usare l'energia dell'attrice in corso di contratto, e sarà chiaro che l'eccezione del convenuto, anche se fondata, non fa al caso. Perchè nessuno vorrà osservare che la concorrenza e la libertà del commercio trovasse ostacolo nella durata vincolativa dei contratti: per la durata del contratto le parti sono vincolate e nessuno può d'arbitrio venir meno all'esecuzione.

Ma la clausola di esclusiva a tempo determinato è perfettamente valida: infatti sarebbe illecito e contrario al nostro ordinamento giuridico una clausola di *non facere* che vincolasse per tempo indeterminato la attività del soggetto, così come non è lecita la locazione d'opere a tempo indeterminato (art. 1628 C. C.); ma questo non tocca la clausola che era circoscritta in precisi limiti di tempo. Tutti i contratti a termine hanno questo contenuto vincolativo, e si può dire di esclusiva, perchè chi si impegna di servirsi da Tizio per un tempo prefisso, non può servirsi da Caio. La buona fede dei contratti diversamente non avrebbe contenuto.

La clausola di esclusiva è comune nei contratti di fornitura del genere presso le grandi aziende perchè è necessario che esse

possano fare affidamento su una clientela relativamente stabile, per organizzare la produzione, per non tenere capitali improduttivi, per potere ripartire le ingenti spese di gestione. Valida dunque la clausola di esclusiva.

Non è il caso di discutere dell'altra clausola di prelazione, perchè l'attrice non l'accampa e non era il caso di accamparla, dato che il contratto era ed è tuttora in corso; laddove l'efficacia della prelazione si manifesta appunto quando cessa l'efficacia del contratto.

Nè infine si dica che il patto di esclusiva inserito nel contratto di fornitura di energia per illuminazione non possa incidere nel contratto di fornitura per energia elettrica a scopo industriale; è vero infatti che si tratta di due contratti distinti, ma non è vero che la clausola contrasti col contenuto del contratto precedente. Qui l'esclusiva prende una maggiore ampiezza, ma se la parte l'accetta, è tenuta ad osservarla, perchè non è che un patto che vincola l'utente a servirsi esclusivamente della energia della Società.

3° Afferma infine il convenuto che l'attrice non subì alcun danno per la violazione del patto di prelazione, in quanto essa non avrebbe potuto fornire la energia al prezzo fatto dall'Ente Adige-Garda, o l'avrebbe fornita in perdita.

Intanto si osserva che il capitolo come proposto non può essere ammesso, perchè si vogliono provare gli estremi di un contratto che è soggetto a registrazione quando se ne faccia uso.

Ma il capitolo è inconcludente perchè la clausola non è fondata sulla violazione del patto di prelazione, ma sibbene sulla violazione del contratto in corso.

Che in questi limiti un danno si sia verificato è di per sè palese, ma è dimostrato dallo specchietto dei consuni di energia fatti dal Reni, dai quali emerge che egli consumava assai più del minimo. Ora se su questo di più l'attrice aveva un guadagno, come ammette il convenuto quando afferma che altri fornisce la energia a prezzo assai inferiore, la ragione del danno è evidente.

Deve dunque dichiararsi risolto per fatto e colpa del Reni il contratto *de quo*, e si deve condannare lo stesso al risarcimento dei danni e alle spese. (*Omissis*).

NOTA

(1) Per la validità dei patti di esclusività e di prelazione (giurisprudenza ormai costante) si vedano ad ogni piè sospinto le sentenze pubblicate nelle ultime annate di questa Rivista, ed in ispecie la sentenza 17 gennaio 1931 della Cassazione in questo stesso fascicolo.

Esattamente poi la sentenza del Tribunale di Parma si è proposto ed ha risolto il quesito relativo alla efficacia del patto per il consumo minimo preventivato.

L'effetto di svincolare il contraente dalla obbligazione mediante la corresponsione di un pattuito compenso è attribuito dalla legge soltanto alla caparra penitenziale (art. 1217 Cod. Civ.), il cui carattere deve però risultare tassativamente dai patti contrattuali.

A. P.

Stabilimento industriale - Danni all'altrui proprietà.

MASSIMA

Il danno cagionato ad una proprietà dall'esercizio di una industria vicina non dà luogo a risarcimento quando derivi dall'uso normale dell'industria, con le normali cautele, e corrisponda alle necessità della industria; poichè le esigenze della coesistenza sociale nell'interesse generale giustificano la conseguente limitazione al godimento della proprietà del vicino (1).

Cassazione del Regno, 15 ottobre 1930 - 26 gennaio 1931, Pres. D'Amelio P. P., Est. Tomassi, in causa Rischitelli e LL. CC. (Avv.ti Camerini e Vacca) c. Soc. Meridionale di Elettricità (Avv.ti De Lectis e Bafile).

FATTO

Rischitelli Pietro e consorti in lite convennero davanti il tribunale di Chieti la Società Italiana Elettrochimica — nelle more del giudizio assorbita dalla Società Meridionale di Elettricità — esponendo che in conseguenza dell'impianto ed esercizio degli stabilimenti della società convenuta, siti in territorio di Bussi e azionati dalla acque del Pescara, i loro fondi a valle, posti in tenimento di Tocco Casauria, fossero notevolmente danneggiati sia per le acque che gli stabilimenti restituivano in minor quantità ed inquinate da sostanze che le rendevano inadatte alla irrigazione e sia per il fumo denso di gas che dalle officine proveniva e che, venendo a contatto con le piantagioni e prodotti del soprasuolo, ne ostacolavano decisamente la vegetazione. Chiedevano pertanto che la Società fosse condannata alla rivalsa dei danni nonchè ad eseguire le opere necessarie a rimuovere ogni danno per l'avvenire.

La società eccepiva l'incompetenza dell'autorità adita per le questioni relative all'uso delle acque e nel merito impugnava l'esistenza di qualsiasi danno.

Il Tribunale, con sentenza 16-22 dicembre 1924, affermava la propria competenza e disponeva taluni incombenti di carattere preparatorio.

Appellò la Società e la Corte di Aquila, con sentenza del 20 dicembre 1929-30 gennaio 1930 dichiarò l'incompetenza dell'autorità giudiziaria a pronunciare sul capo di domanda relativo alle acque e dichiarò improponibile l'azione per danni derivanti dall'immissione di fumo.

Avverso siffatta decisione gli appellati soccombenti hanno prodotto ricorso per cassazione, oltre che per il motivo concernente la competenza respinto dalle Sezioni Unite con sentenza di pari data, anche per i seguenti motivi:

Violazione e falsa applicazione degli art. 517, n. 3, 361, n. 2 e 360 n. 6 C. P. C. nonchè violazione e falsa applicazione degli art. 1151, 436, 438 e 840 C. C. 19 dello Statuto e 3 disposizioni preliminari del C. C.

DIRITTO

Osserva che relativamente ai danni dai ricorrenti lamentati, siccome derivanti dal fumo denso di gas sprigionantesi dalle officine della Società, la Corte di merito ritenne prima fosse insostenibile la pretesa giudiziale, per difetto di un pregiudizio economicamente apprezzabile e giuridicamente risarcibile.

Argomentò al riguardo che se le norme di buon vicinato giustificano delle limitazioni all'esercizio del diritto di ciascun proprietario per la tutela dei diritti dell'altro, onde a ragione sono considerate illegali le immissioni eccessive di fumo, ciò è sul presupposto che realmente sussistano relazioni immediate e prossime di vicinanza o contiguità; il che non può dirsi rispetto a fondi che, come quelli degli attori, distano ben due chilometri dalle Officine Elettrochimiche, trattandosi, in tal caso, di quel nocumento minimo, contenuto nei limiti della necessaria tolleranza dovuta all'industria e che deve essere sopportato in contemplazione delle esigenze sociali, prevalenti oggidì sull'utile individuale.

Contro tale motivazione si appuntano i varii rilievi del ricorso, intesi a censurarla come difettosa ed informata ad erronee concezioni di diritto.

E si assume anzitutto che la Corte di merito, oltre a cadere in equivoco circa la distanza di due chilometri tra i fondi dei ricorrenti e gli opifici industriali, vicinissimi invece, in linea d'aria, e ad incorrere in errore sul concetto troppo ristretto del *vicinato industriale*, da intendersi per contro in rapporto alla estensione degli stabilimenti e alla loro sfera d'influenza esterna, neppur seppe cogliere il vero punto della controversia, soffermandosi a far questione di distanze e di tolleranze reciproche per rapporti di buon vicinato; mentre, avendo i ricorrenti denunciato non semplici molestie o incomodi, ma il danno considerevole della immissione dei gas, che avevano quasi annientata la produzione e la vegetazione dei loro terreni, la precisa questione a risolvere era quella se, nell'esercizio del proprio diritto, possa il proprietario agire in modo da distruggere la somma delle utilità che l'altro proprietario abbia ragione di ritrarre dall'esercizio del suo diritto dominicale.

Ma quanto alla inesatta distanza di cui sopra, trattasi di mero accertamento di fatto, che non consente riesame e censura in questa sede. E circa le altre doglianze, se non può disconoscersi che il rapporto di vicinanza debba intendersi in senso relativo e non sia da confondere con le immediate relazioni fra fondi e con la *contiguità*, a cui la sentenza impugnata fa esplicito accenno, tuttavia è certo che, malgrado ciò, la questione sostanziale, così come i ricorrenti oggi la prospettano, non ne è rimasta spostata, poichè la sentenza istessa vi ha dato la risposta superiormente riassunta, affermando che riguardo ai danni che dall'esercizio di una industria possono derivare alla proprietà altrui, non sempre vi ha luogo a riparazione, perchè, come nel caso in ispecie in cui era da ritenere ben lieve l'immissione di fumo, si debbono tollerare, per ragione della coesistenza sociale e per la preminenza spettante alle necessità dell'industria, quei danni ordinarii che sono la conseguenza inevitabile della sua attivazione. La sentenza ha quindi adottato i due criterii oramai accolti della *normalità dell'uso* e della *necessità sociale*, uniformandosi ai dettami contenuti in recenti decisioni di questa Corte regolatrice.

La proprietà non è un diritto assoluto, ma suscettibile di restrizioni e modifiche nell'interesse generale ed anche per la concorrenza dell'altrui diritto.

Necessità sociale esige che le industrie, le quali compiono funzione economica d'indubbio interesse pubblico, abbiano vita e sviluppo, per cui neppure è concepibile che il diritto di proprietà possa compromettere o sopprimere l'industria.

L'uno e l'altra debbono coesistere ed occorre che, per via di adattamenti e di tolleranze reciproche, trovino il modo della comune convivenza. Di guisa che, quando l'esercente l'industria, nell'impianto e pel funzionamento della propria officina, abbia adottato tutte quelle cautele che la scienza e l'esperienza insegnano per evitare danni ai vicini, e, ciò nonostante, inconvenienti non gravi si verifichino, questi incomodi debbono sopportarsi come un male ineluttabile, costituente un onere del vicinato industriale. E tale carico oneroso, sempre beninteso nei limiti del sopportabile e delle assolute esigenze dell'industria, è come in conseguenza di una condizione naturale della proprietà vicina, e resta quindi senza compenso, neppur sotto forma d'indennizzo per espropriazione parziale, secondo nel ricorso gradatamente si sostiene, perchè, a parte la sua tollerabilità, è l'interesse sociale che l'onere impone per la conservazione della industria.

Il decidere poi se il pregiudizio di cui il vicino si lagna sorpassi o meno la misura degli obblighi ordinarii del vicinato è questione di fatto più che di diritto; e non può, al riguardo, ammettersi la netta distinzione tra immissione in *alienum dirette e indirette*, da cui far dipendere, come la difesa dei ricorrenti vorrebbe, l'intollerabilità o non del giudizio ai fini del risarcimento, per venirne a concludere che la immissione del fumo e dei gas, importando sempre diretta invasione della proprietà altrui, dia sempre luogo a riparazione.

Siffatto criterio di distinzione, che è di contenuto imprecisato ed incerto, in quanto non è agevole discernimento tra immissioni che direttamente o indirettamente spieghino pregiudizievole influenza sul fondo degli altri, è generalmente ripudiata, mentre unico criterio ritenuto confacente alla delicata materia del conflitto tra proprietà ed industria, è quello già menzionato dell'uso normale, che, col sussidio dell'altro della necessità, meglio si presta a soluzioni equitative che debbono variare da caso a caso a seconda delle circostanze. Nella specie in esame, la Corte di merito, di fronte al fatto indiscutibile che le Officine Elettro-Chimiche funzionano da anni in seguito a regolare concessione amministrativa, senza che alcuna perizia tecnica o negligenza siasi potuta addebitare alla società, e di fronte allo stesso riconoscimento per parte dei ricorrenti che la causa primaria dei lamentati danni sia da attribuire alla immissione delle acque nocive provenienti dalle officine, fu tratta nel pieno convincimento che il fumo sprigionantesi dalle aperture di queste, alla notevole distanza di due chilometri dai fondi che diconsi danneggiati, non potesse se non arrecare un pregiudizio insignificante e inevitabile, e negò quindi ingresso all'azione, reputando inutile qualsiasi accertamento peritale. Si è adunque in presenza di un apprezzamento di fatto sufficientemente giustificato e non sussiste in conseguenza il difetto di motivazione di cui i ricorrenti si dolgono. Il ricorso, pertanto, va respinto con le conseguenze di legge a carico di questi ultimi.

P. Q. M. (*Omissis*).

NOTA

(1) La sentenza della Cassazione sopra riportata conferma ancora una volta la più recente giurisprudenza del Supremo Collegio, divenuta ormai prevalente in tema di criterii sulla risarcibilità del danno prodotto dalle industrie ai proprietari finitimi.

Si veda, in ugual senso, la sentenza 4-12 gennaio 1931 del Tribunale di Milano, in causa Guaiti c. Azienda Elettrica Municipale, pubblicata nel fascicolo di gennaio 1931 di questa Rivista, a pag. 50, nonchè, anche per i precedenti, la nota di commento e di richiamo fatta seguire alla stessa.

A. P.

Fornitura di energia elettrica - Fallimento - Minimi di consumo garantiti - Deposito cauzionale.

MASSIMA

Il fallimento del compratore non risolve il contratto di fornitura a tratto continuativo (nella specie, contratto di somministrazione di energia elettrica) ma solo ne sospende gli effetti.

Anche la clausola risolutiva espressa pattuita dalle parti per il caso di fallimento, non ha per effetto la risoluzione automatica del contratto; essendo sempre a ciò necessaria una dichiarazione di volontà della parte a favore della quale la clausola fu stipulata.

Conseguentemente, ove la risoluzione non sia stata espressamente chiesta e dichiarata, la domanda del fornitore di essere ammesso al passivo del fallimento per l'importo dei canoni minimi contrattualmente pattuiti fino allo esaurimento del contratto, non può essere proposta a titolo di danno per la risoluzione del contratto, mancando a ciò il presupposto necessario.

Deve invece tale domanda essere accolta a titolo di esecuzione del contratto, in quanto l'obbligo di pagamento dei canoni minimi previsti per il futuro costituisce obbligazione già esistente nel patrimonio del fallito e che deve essere riconosciuta dalla massa.

Il deposito di garanzia effettuato dall'utente non può dal fornitore essere incamerato a parziale compensazione del credito, insinuandosi al passivo fallimentare solo la parte di credito residua, ma deve essere computato nel pagamento da farsi in moneta fallimentare sul credito totale (1).

Appello Bologna, 20-27 marzo 1931, Pres. Montalenti P. P., Est. Sotgiù, in causa Soc. Emiliana Esercizi Elettrici (Avv.ti Gaiani e Artoni) c. Fallimento Cremeria Correggese Rossi e Cattania (Avv.ti Macchiavelli e Bacchi).

DIRITTO

Omissis.

Nel merito, l'appello è fondato e deve essere accolto, in quanto con esso a ragione si deduce, sostanzialmente, che il fallimento non esonera dal pagare i minimi contrattuali garantiti.

Si deve convenire col Tribunale che la Società non abbia diritto al pagamento contestato dei minimi contrattuali garantiti a titolo di danno, in conseguenza del fallimento; ma non per la ragione, addotta dal Tribunale, che la risoluzione del contratto, che deriva dal fallimento, non essendo dovuta a inadempienza del debitore, non può dar luogo a condanna nei danni, sibbene perchè il fallimento non risolve il contratto, e non si può parlare di danno altrimenti che in caso di risoluzione.

Impropriamente di fatto si parla di risoluzione fallimentare (per distinguerla dalla risoluzione da inadempienza). Il fallimento sospende, arresta il corso del contratto (bilaterale, si intende) finchè esso pende; e ciò per una misura di equità.

Altrimenti avverrebbe che mentre il fallimento avrebbe diritto alla prestazione al cento per cento; l'altra parte non potrebbe pretendere da esso la controprestazione se non in misura della aliquota fallimentare; e ciò per legge del concorso pari di tutti gli altri creditori, al passivo.

Donde consegue (ed è riprova che il contratto non si risolve) che se l'altro contraente si contenta di prendere come suo corrispettivo l'aliquota fallimentare, può pretendere dal fallimento che il contratto continui ad avere esecuzione; ed il curatore, se vuole, nell'interesse del fallimento, che tale continuazione avvenga, deve versare il corrispettivo al cento per cento, non già nei soli limiti di detta aliquota.

Il Tribunale è poi caduto in duplice errore, quando ha creduto di potere derivare l'inesistenza del credito per l'importo dei minimi garantiti dalla risoluzione del contratto di pieno diritto, in virtù della clausola contrattuale: « il contratto si intende risolto di diritto con la dichiarazione di fallimento « dell'Utente ».

Anzitutto neanche di risoluzione di diritto si può parlare: La regola che la condizione risolutiva espressa opera di diritto non vuole dire che opera automaticamente la risoluzione, anche se le parti non la vogliono. La condizione è apposta al contratto nell'interesse di entrambe le parti o di una sola, la quale se ne varrà o no, come meglio stimerà di sua convenienza. Perchè la condizione operi è pertanto essenziale che la parte se ne valga.

Nella specie, pure a volere ammettere che la condizione sia stata apposta nell'interesse sia della Società sia dell'Utente, nessuno di costoro ha chiesto che il contratto fosse dichiarato risolto in virtù del patto risolutivo espresso.

Non l'ha chiesto il curatore, che si è limitato a chiedere il rigetto della domanda di insinuazione del credito contestato sul riflesso che il fallito si trova per forza maggiore nella impossibilità giuridica di eseguire il contratto: donde deriverebbe, secondo il concetto del Curatore, accettato dal Tribunale, risoluzione del contratto senza diritto ai danni.

Non l'ha neppure chiesta la Società, che si limita a domandare l'ammissione al passivo del credito domandato.

D'altra parte essa per ottenere ciò non aveva bisogno nè interesse di far funzionare la clausola risolutiva (e forse questa non serve ad altro che a creare l'equivoco). La sua domanda trova il suo preciso titolo nei patti del contratto; particolarmente nel 2° e 11°. Il principale errore del Tribunale consiste nel non avere tenuto il dovuto conto di essi, indottovi forse da eguale errore della difesa della Società.

Dai detti articoli, che riflettono la potenza impegnata e la durata del contratto, si ricava in modo inequivocabile che la

Ditta Rossi e Cattania si è impegnata di ritirare « o quanto meno di pagare », per tutta la durata del contratto (nove anni, a partire dal 1° maggio 1926) il seguente quantitativo minimo di energia: kW 10 dal 15 aprile al 15 ottobre, e kW 5 dal 16 ottobre al 14 aprile di ogni anno. Il contratto porta quindi un credito originario e perfetto della Società pari all'importo della quantità minima di energia impegnata, ed è di tale credito che la Società ha domandato il pagamento dal fallimento.

Non si tratta dunque di una domanda di danni, dipendenti o dalla condizione risolutiva tacita o da quella espressa. Si domanda la esecuzione del contratto, il pagamento dei minimi impegnati sino al termine di esso.

E a nulla serve il dire che la energia di cui si domanda il pagamento, non è fornita; ciò dipende dal fallimento; non dalla Società. Se il fallimento paga la energia al cento per cento del prezzo pattuito, la Società non vorrà e non potrà rifiutarla. Se il fallimento non la vuole, è però tenuto a pagare, secondo il contratto, il minimo garantito.

Il Tribunale ha ritenuto trattarsi di credito futuro. E se ciò fosse esatto, la domanda dovrebbe essere rigettata. Ma così non è. Il Tribunale ha evidentemente scambiato il credito col pagamento. A termini del patto ottavo il canone, corrispondente « al minimo impegno, od al maggior quantitativo di energia » assorbita, doveva pagarsi a rate mensili posticipate, Ma ciò non toglie che il credito del canone « corrispondente al minimo impegno », del qual si tratta, fosse esistente dall'origine del contratto, e quasi deducibile, come credito attuale, alla data di dichiarazione del fallimento. Il credito non sarebbe bensì ancora esigibile essendo a termine; ma per effetto della dichiarazione del fallimento si intende scaduto (art. 701 Cod. Comm.).

Il credito contestato deve essere dunque ammesso al passivo.

In ordine al suo ammontare, la Società appellante chiede si determini in « Lire 32.500,35 oppure più esattamente in lire 34.025,25 ».

Osserva la Corte che il secondo comma del patto 13 del contratto così dispone: « In tale caso (di fallimento dell'Utente) il « deposito cauzionale (di lire 1435) resterà incamerato dalla « Società fino a concorrenza del suo credito arretrato di energia, « dell'importo dei minimi contrattuali garantiti sino alla fine « del contratto e di quant'altro dovuto ».

Il credito arretrato è costituito in questo caso dall'importo dell'energia consumata in giugno-luglio 1929 (L. 3.119,05), su cui non cade contestazione. L'importo dei minimi contrattuali garantiti, oggetto della contestazione, ammonta secondo l'estratto conto unito alla domanda di ammissione al passivo a lire 34.025,25. Quindi il credito complessivo della Società è di lire 37.144,40, come risulta dal conto. L'ammissione al passivo è stata invece domandata per L. 35.709,40 corrispondente, secondo il detto estratto, al credito complessivo (lire 37.144,40), diminuito dell'importo del deposito cauzionale (lire 1433).

Stando a tale conteggio della Società, fino a concorrenza di tale deposito, essa verrebbe ad essere pagata dal suo credito al cento per cento. Ciò è manifestamente contrario alla legge. La Società deve essere pagata in moneta di fallimento dell'intero suo credito, ed il deposito va computato nel pagamento dovutole in cotale misura.

E a nulla varrebbe che al patto si fosse voluto dai contraenti dare il significato voluto dalla Società (ciò che per altro non sembra ammissibile). L'impegno che in tal modo avesse preso la ditta fallita, dovendo avere effetto dopo il fallimento, non ricadrebbe in danno suo, ma dei creditori, e perciò non potrebbe impegnare costoro.

(*Omissis*).

NOTA

La sentenza sopra riportata della Corte Bolognese merita particolare menzione, oltre che per la autorità della Magistratura giudicante e per la lucida motivazione di diritto, anche e sopratutto perchè arreca un nuovo ed importante contributo a quella recente corrente giurisprudenziale il cui sorgere fu già alcuna volta segnalato in queste pagine.

Tale nuovo indirizzo, che riteniamo destinato a prevalere al di sopra della vecchia controversia circa la risarcibilità o meno dei danni per la interruzione o risoluzione del contratto di fornitura a tratto successivo in caso di fallimento, considera, con prospettiva a nostro avviso più esatta, la possibilità di un obbligo di *esecuzione* del contratto che, concretandosi in un semplice debito di pagamento, sopravviva al fallimento, in quanto assunto anteriormente allo stesso, e debba quindi accollarsi alla massa come ogni debito fallimentare.

Per i particolari della questione, e per i suoi precedenti, rimandiamo il lettore alla nota pubblicata nel fascicolo di aprile 1931 di questa Rivista (pag. 341) in calce alla conforme sentenza 14 febbraio - 4 marzo 1931 del Tribunale di Genova, nonchè alle altre sentenze e commenti in detta nota richiamati.

La annotata sentenza della Corte Bolognese, mentre aderisce alla massima cui già più volte fu da noi espresso un completo assenso, ha il merito di proporsi e di risolvere, con sobrietà ma con esattezza di criterii giuridici, anche la questione circa la sopravvivenza del contratto di fornitura in caso di fallimento; respingendo il principio della risoluzione, per aderire a quello della semplice *sospensione*, concetto più consono alla lettera ed allo spirito della legge.

Non possiamo per contro aderire all'ultima delle massime epigrafate.

Fu già pubblicata in questa rivista (fasc. di febbraio 1931, pag. 162) la sentenza 30 ottobre-10 novembre 1930 del Tribunale di Torino, in senso contrario alla massima annotata. Il Tribunale di Torino aveva ritenuto che il deposito di garanzia costituisca un pegno irregolare a cautela del pagamento, talchè possa essere senz'altro incamerato dal fornitore, cui fu a suo tempo versato, a parziale compensazione del suo credito.

La Corte Bolognese, per escludere tale diritto, motiva sommariamente la propria decisione sul riflesso che la Società, nel caso di diversa interpretazione, sarebbe pagata, per parte del suo credito, al cento per cento.

La argomentazione non convince.

A parte che l'addurre un inconveniente *non est solvere argumentum*, tale motivazione si risolve in una petizione di principio; poichè il punto da decidersi era appunto quello: se cioè il deposito cauzionale dia diritto al fornitore depositario di pagarsi al cento per cento fino alla concorrenza del relativo ammontare; e la semplice constatazione di tale fatto non può valere ad escluderne la legittimità.

La questione, a nostro avviso, trova la sua soluzione nei principii generali del diritto.

Per l'art. 1286 Cod. Civ. la compensazione si fa di diritto, automaticamente, anche alla insaputa delle parti, nel momento stesso in cui contemporaneamente esistono i due crediti rispettivi, che si elidono per le quantità corrispondenti.

Ne consegue che il fornitore, debitore dal canto suo per il deposito avuto dall'utente (che egli sarebbe tenuto a restituire) cessa di essere debitore per il solo fatto che sorga il correlativo debito dell'utente per la energia fornitagli.

È quindi improprio ed inesatto asserire che esista un credito il quale viene pagato al cento per cento con l'incameramento del deposito; più esatto il rilievo che il credito, fino a quella cifra, non esista; non esiste in quanto veniva estinguendosi contemporaneamente al suo sorgere; di mano in mano che si formava e cresceva il debito dell'utente per la fornitura, diminuiva correlativamente il debito del fornitore per la cauzione, talchè i due debiti venivano mutuamente estinguendosi.

Perciò, nel caso specifico del fallimento, il fornitore non può insinuare che il residuo del suo credito, in quanto la parte coperta dalla cauzione non costituisce una sua ragione creditoria insoluta.

D'altro canto il ragionamento della annotata sentenza (che il pagamento al cento per cento sia contrario alla legge perchè pregiudizievole agli altri creditori) con una affermazione alquanto semplicista ed apodittica, prescinde dalla considerazione della situazione di fatto. Non è vero infatti (come si potrebbe da tale affermazione supporre) che la legge nostra di fronte al fallimento prescriva tassativamente la unicità di trattamento per tutti i creditori; chè anzi fa salvi e contempla i graduati diritti dei creditori variamente privilegiati, muniti di diritti di prelazione a titolo universale o particolare.

La questione da decidere (risolta anch'essa dalla Corte con una petizione di principio) era quindi nel vedere se il deposito cauzionale creasse nel fornitore dell'Energia un diritto sulla somma che fosse privilegiato nei confronti delle azioni degli altri creditori.

La risposta affermativa non parrebbe dubbia. Il deposito, e per la forma e per la sostanza, ha tutti i caratteri di un pegno vero e proprio, risultando esso da patto scritto (contratto di fornitura) ed essendo consegnato al creditore a garanzia dello adempimento della obbligazione. Ed è addirittura elementare che il pegno crea al creditore pignoratizio un diritto di privilegio sui beni che ne sono oggetto.

Resterebbe, in materia fallimentare, la ipotesi della applicabilità dell'art. 709, della revocazione del deposito come fatto in frode ai creditori. Ma anche questa scappatoia (che dovrebbe comunque formare oggetto di espressa domanda giudiziale) non pare possa trovare fortuna, poichè, nella particolare materia, in cui il deposito è coevo al sorgere del contratto (in epoca non sospetta, od in ogni caso non sospettabile dal fornitore, che diversamente non avrebbe dato corso alla contrattazione) è chiaro non potersi parlare di conoscenza dello stato di cessazione dei pagamenti.

La Corte Bolognese accenna al fatto che l'impegno avrebbe effetto dopo il fallimento, e ricadrebbe quindi sui creditori. La

obbiezione (a parte la contraddizione con quanto detto prima dalla stessa sentenza in tema di pagamento dei canoni futuri; poichè anche in quel caso trattasi di obbligazione assunta dal fallito ma la cui esecuzione grava sulla massa) non prova nulla o proverebbe troppo. Non prova nulla perchè non è esatto che il patto gravi sulla massa; il pagamento fu fatto dal fallito a suo tempo, all'atto stesso in cui stipulò il contratto; la compensazione (se si aderisce alla tesi della compensazione) è avvenuta sin da quando è sorto il debito che diversamente graverebbe sulla massa. Ma in ogni caso proverebbe troppo, perchè così avviene anche degli altri privilegi (p. es. debiti ipotecari) concessi dal fallito validamente. Anche quegli impegni, assunti prima del fallimento, hanno effetto successivo, e gravano sui creditori. Ma questa non è nè può essere, ove non concorrano altri motivi per ritenerli stipulati in frode alla massa, ragione di loro inefficacia.

A. P.

Espropriazioni per pubblica utilità - Occupazione temporanea - Termine - Danni.

MASSIMA

Scaduto il biennio assegnato dalla legge come termine della occupazione temporanea di urgenza di un immobile espropriando, senza che sia intervenuto il Decreto di espropriazione definitiva, la occupazione del fondo che si protragga oltre detto termine è abusiva e senza titolo e dà luogo al risarcimento dei danni a favore del proprietario del fondo.

Tali danni debbono essere liquidati in relazione al mancato godimento del fondo nel periodo della occupazione illegittima, e non possono limitarsi ai soli interessi legali sulla somma che sia stata in seguito fissata per indennità della espropriazione successivamente concessa.

Tribunale Superiore delle Acque Pubbliche, 3 maggio 1930' Pres. Frugiuele P, Est. Moscatelli, in causa CONSORZIO BONIFICA RENANA (Avv. Ferreri) c. MURATORI (Avv. Schupfer).

DIRITTO

Omissis.

Il consorzio sostiene anzitutto che per la mancata restituzione al Muratori del terreno con macero e quindi per il mancato godimento di esso terreno da parte del Muratori medesimo alla scadenza del biennio, per il quale ne era stata autorizzata l'occupazione, fino alla pronuncia del decreto di esproprio, sono dovuti al Muratori unicamente gli interessi legali sulla somma assegnatagli per indennità di esproprio.

Il motivo non ha fondamento. Invero l'art. 71 della legge 25 giugno 1865 sull'espropriazione per p. u. autorizza il prefetto a disporre in casi di gravissima ed assoluta urgenza l'occupazione dei beni immobili altrui; occupazione che, appunto perchè temporanea, non importa passaggio di proprietà, ma soltanto uso dei beni. Per tale occupazione deve essere corrisposta una indennità che, se non accettata, viene depositata presso la cassa depositi e prestiti per essere poi determinata dai tribunali competenti (art. 72). La durata di tale occupazione deve essere determinata dal prefetto in relazione alla sua necessità, ma non può mai essere protratta oltre due anni (art. 73) anche nel silenzio del decreto prefettizio. Spirato il termine, l'immobile deve essere restituito al legittimo proprietario non avendo l'occupatore alcun titolo per detenerlo ulteriormente nè per legge nè per decreto del prefetto. Se pertanto l'occupatore continua a detenerlo, la sua occupazione ne è illegittima, arbitraria ed abusiva ed egli per principio generale di diritto (art. 1151 C. C.) deve rispondere dei danni sofferti dal privato che è rimasto privo del suo fondo per un periodo di tempo superiore a quello consentito dalla legge.

Nè questi danni possono concretarsi negli interessi sull'indennità dovuta per la successiva espropriazione definitiva dell'immobile già occupato temporaneamente, perchè, se è vero che l'art. 73 della legge sull'espropriazione per causa di pubblica utilità prevede la ipotesi che la occupazione temporanea diventi definitiva, dispone però, che, perchè divenga tale, occorre seguire il procedimento di che agli art. 16 e seguenti della legge stessa e cioè dichiarazione di pubblica utilità, approvazione del piano particolareggiato, decreto di espropriazione e di occupazione dei beni, previo pagamento o versamento nella cassa depositi e prestiti della indennità di espropriazione, la quale è cosa ben diversa dalla indennità di occupazione temporanea.

In conclusione l'art. 73, in quanto concerne l'occupazione definitiva dei beni, riconosce la possibilità della precedente loro occupazione temporanea, la quale però non può mai durare oltre il biennio. Di conseguenza, se entro questo termine interviene l'espropriazione definitiva, non vi è soluzione di continuità, ma se fra la fine del biennio dell'occupazione temporanea e l'occupazione definitiva sussiste un periodo ulteriore di occupazione temporanea questa non può essere ritenuta se non abusiva ed arbitraria a tutti gli effetti di legge. Nè questo stato di cose può essere sanato dalla successiva espropriazione definitiva perchè è dalla data del decreto prefettizio che pronuncia l'espropriazione e l'occupazione dei fondi che la proprietà dei beni soggetti all'espropriazione per causa di pubblica utilità passa all'espropríetario (art. 50). Costui adunque, come non ha titolo per l'occupazione temporanea oltre il biennio dal decreto prefettizio di occupazione temporanea perchè questo è limitato al biennio, così non ha titolo nel decreto di espropriazione definiva perchè posteriore all'occupazione abusivamente prolungata. E d'altra parte poi non si può far equivalere come risarcimento del danno per l'occupazione temporanea illegittimamente prolungata, gli interessi della somma dovuta per l'espropriazione definitiva perchè, come la giurisprudenza ha ripetutamente affermato, l'indennità di occupazione temporanea si sostanzia nella mancata utilizzazione del fondo per quel periodo determinato, mentre l'indennità di espropriazione sostituisce il valore del fondo la cui proprietà è stata tolta dal privato; e gli interessi sulla somma depositata a questo titolo decorrono dal giorno del deposito.

NOTA

La sentenza annotata del Tribunale superiore delle acque ribadisce sostanzialmente i concetti già espressi e sviluppati, nella stessa causa, dalla sentenza 22 febbraio 1927 della Corte di Appello di Firenze, sentenza che si può leggere nel *Monitore dei Tribunali*, anno 1927, a pag. 657.

La massima accolta da queste sentenze si può dire aderisca alla lettera della legislazione vigente in tema di espropriazioni per pubblica utilità, legislazione che però risente ormai della sua età veneranda e non appare più in tutto sufficiente alle esigenze dei tempi nuovi.

È noto come la pratica amministrativa e quella giurisprudenziale, per adattare quanto più possibile la vecchia legge del 25 giugno 1865 ai moderni bisogni, per darle una elasticità maggiore di quella che forse fu allora prevista dal legislatore, abbiamo grandemente allargato nella pratica, con interpretazione analogica ed estensiva, i casi di applicazione degli art. 71 e 73 della legge, relativi alle occupazioni temporanee di urgenza.

Quelle disposizioni, che un tempo trovavano applicazione soltanto in casi di urgenza veramente assoluta, quali quelli esemplificati nell'art. 71 (rottura di argini, rovesciamento di ponti per impeto d'acque, ecc.) sono andate via via adattandosi ad un concetto della urgenza più adeguato ai bisogni della vita moderna, alle nuove forme della vita sociale; talchè l'urgenza non si ravvisa più soltanto là dove debbasi ovviare ad una pubblica calamità, ma anche dove debbasi provvedere ad una opera positiva di cui sia riconosciuto il pubblico interesse, tale da rendere pregiudizievole il ritardo.

Senonchè, mentre l'art. 71, nella sua indicazione meramente esemplificativa dei casi di urgenza, e nel suo generico richiamo ai casi « di forza maggiore e di assoluta urgenza » si prestava alla elaborazione della prassi amministrativa e giurisprudenziale, lasciando largo campo alla interpretazione e ad una certa libertà di criterio per stabilire quali casi concreti rientrino in quelli, il successivo art. 73, nella sua tassativa disposizione, per la quale « le occupazioni temporanee prevedute dall'art. 71 non possono in nessun caso essere protratte oltre il termine di due anni » non lascia nessun campo ad elaborazioni esegetiche od interpretative.

Ne consegue che il termine di due anni, in quell'articolo stabilito, dovendo di necessità applicarsi anche a casi di espropriazione che, per quanto rientranti in via di interpretazione fra quelli dell'art. 71, non erano previsti nè prevedibili quando fu promulgata la legge, si dimostra inadeguato ed insufficiente.

Da questa insufficienza del termine due inconvenienti principali solitamente derivano.

Il primo si ha nel caso di quelle opere che, benchè urgenti, hanno un carattere di temporaneità per la esecuzione loro, ma che richiedono, per essere compiute, tempo superiore al biennio.

In questo caso, allo scadere dei due anni, l'esecutore dell'opera si trova nella condizione o di dovere sospendere il lavoro non finito (con danno grave anche all'interesse pubblico) oppure di dover mutare in definitiva espropriazione la occupazione temporanea (anche quando ciò non sia richiesto dalla natura dell'opera) oppure infine di dovere sottostare alle pretese, alcune volte eccessive, del proprietario del fondo, che reclama la evacuazione forte dell'arma che gli è dalla legge fornita, per ottenere un indennizzo oltre l'equa misura.

Il secondo caso (quello più specialmente contemplato nella sentenza annotata) si ha quando la occupazione temporanea voglia mutarsi in espropriazione definitiva.

Praticamente avviene molto spesso che, concessa per una data opera la occupazione temporanea di urgenza, iniziata subito la procedura per mutarla in esproprio definitivo, secondo le norme degli articoli 16 e seguenti della legge, la procedura stessa, anche senza negligenza della parte istante, non possa giungere a compimento se non dopo spirato il termine dei due anni.

Ed allora, benchè intervenga il decreto definitivo di esproprio, si verifica questo assurdo logico: che l'espropriante, legittimo occupatore dei fondi durante il biennio di occupazione temporanea, legittimo occupante dopo il decreto di espropriazione, viene ad acquistare veste di usurpatore dell'altrui proprietà, di occupante abusivo nel periodo intermedio; e ciò malgrado non sia intervenuta alcuna soluzione di continuità nella procedura di esproprio, dalla domanda alla emanazione del decreto.

Per cui l'espropriante si trova in questo bivio: allo scadere del biennio egli deve, o restituire il fondo al proprietario, con rimessione in pristino, e subire così un danno gravissimo, salvo ricominciare da capo il lavoro e rioccupare *ex novo* il fondo alla emanazione del decreto di esproprio, oppure adattarsi a subire le pretese del proprietario espropriando, il quale, forte del suo diritto a risarcimento danni, e più ancora del diritto ad ottenere il rilascio del fondo, può farsi pagare a prezzo di assoluta affezione (senza nessun riferimento nè alla indennità di occupazione nè al prezzo di esproprio) il suo assenso alla conservazione dello stato di fatto.

Ognun vede quali siano gli inconvenienti, e di quale gravità, che tale stato di cose comporta; e come ciò si risolva in definitiva, proprio in danno dell'opera intrapresa, contro quel fondamentale concetto di difesa della utilità pubblica che a siffatta materia dovrebbe sempre presiedere.

E l'assurdo logico appare anche sotto altro aspetto. Basti considerare la diversità del trattamento che al proprietario del fondo espropriando viene fatta a seconda che il decreto di esproprio emani prima o dopo la scadenza del biennio di occupazione temporanea (quantunque tale anticipo o ritardo sia il più spesso indipendente dalla volontà o dalla diligenza delle parti). Nel primo caso egli ha diritto soltanto alla indennità di occupazione temporanea, e poi al prezzo di esproprio (salvi i diritti che gli competono per la loro concreta determinazione). Nel secondo caso invece, quantunque la sola differenza pratica si risolva in un ritardo nel pagamento del prezzo di esproprio, egli ha diritto non soltanto agli interessi su tale pagamento ritardato (il che apparirebbe giustificato) ma ai danni per il mancato godimento del fondo, ed anzi, in principalità, alla restituzione del fondo stesso.

L'inconveniente è grave e merita di essere segnalato, soprattutto per le opportune provvidenze *de iure condendo*, tanto più in quanto è noto che è in elaborazione la nuova più aggiornata legislazione su tutta questa materia.

Per ovviare agli inconvenienti basterebbe che la nuova legge fissasse per le occupazioni temporanee un termine più ampio, sufficiente sia ad assicurare il compimento di quelle opere che non possono essere portate a termine nel biennio, sia a permettere di condurre a buon fine entro il detto periodo la procedura di esproprio definitivo; oppure autorizzasse i Prefetti a concedere delle proroghe alla occupazione temporanea oltre il limite normale in quei casi in cui se ne ravvisi giustificata la domanda; oppure infine contemplasse espressamente il caso di opera non ultimata (non per colpa dell'occupante) o di pendenza della procedura di esproprio, tenendo ferma sino allo esaurimento dell'opera o della procedura (pur con le correlative cautele per accelerarle) la occupazione temporanea.

Sed de hoc videant consules. Allo stato attuale della legislazione, *de iure condito*, parrebbe che qualche temperamento si potesse trovare in una men rigida applicazione del ricordato articolo 73 o quanto meno delle conseguenze sue.

Anche ammesso infatti il principio che la occupazione temporanea diventi illegittima e carente di titolo con lo scadere del termine per il quale essa era stata concessa, un'altra questione si affaccia e prospetta. Se cioè il decreto di esproprio successivamente emanato (ma preventivamente richiesto) non valga retroattivamente a sanare lo stato intermedio.

Si è deciso negativamente argomentando dall'art. 50 della Legge sulle espropriazioni, per il quale la proprietà dei beni trapassa nell'espropriante soltanto dalla data del decreto di espropriazione, onde soltanto da quella data sorge l'obbligo del pagamento del prezzo e della correlativa eventuale corresponsione di interessi.

L'argomento ha senza dubbio il suo peso, ma non pare inconfutabile.

A parte il fatto che il decreto di espropriazione, come provvedimento decisorio di interessi di diritto privato, fu spesso equiparato a sentenza (vedi Appello Cagliari, 10 marzo 1928, Mereu c. Amministrazione Ferrovie, in *Giurisprudenza Sarda*, 1928, 554) e che la sentenza normalmente retroagisce col suo effetto al momento della domanda giudiziale, dalla quale decorrono anche gli interessi sulla cosa dovuta (art. 1283 Cod. Civ.), la non retroattività del trapasso di proprietà non appare decisiva a giustificare la illegittimità di un precedente trapasso di *possesso*; poichè la occupazione temporanea costituisce attribuzione, legittima od abusiva, non di proprietà ma di possesso; e non è escluso che i due diritti possano andare disgiunti.

La moderna dottrina della proprietà ammette, nei rapporti privati, negozi giuridici che contemplino i due trapassi in tempo successivo; è ammesso ad esempio il contratto di vendita con trapasso di proprietà a termine futuro, anche se con immediato trasferimento di possesso. In questo caso il trasferimento di proprietà successivo, che si verifica solo alla scadenza del termine, ma che trae origine e fondamento dalla convenzione precedente, giustifica e legittima il trapasso di possesso anteriormente intervenuto.

Nella stessa guisa la espropriazione, se anche provochi il passaggio di proprietà solo alla data del decreto definitivo, potrebbe, in ipotesi, dato che essa si riallaccia pur sempre alla domanda di esproprio che tale decreto ha provocato, legittimare retroattivamente il trapasso di possesso precedente.

Ciò tanto più in quanto, alle origini, lo spossessamento fu legittimo, in forza del decreto prefettizio; e legittimo ridiviene in forza del decreto di esproprio; onde la continuità dello stato di fatto fra un inizio ed un termine parimenti legittimi dovrebbe sanare la eventuale interruzione del titolo. *Probatis extremis, media praesumuntur*.

Si è voluto qui, più che svolgere la questione (chè il luogo e lo spazio non lo comporterebbero) accennarvi; chè la imminenza (quanto meno sperata) della nuova legislazione in materia, toglie molta importanza ai dibattiti di interpretazione della legge moritura. Solo si è voluto metterne in evidenza gli inconvenienti più palesi, in attesa e nella speranza che il nuovo testo abbia ad ovviarvi in modo definitivo.

Avv. Alessandro Patrucco.

NOTE E RIASSUNTI

REGOLAZIONE DELLA TENSIONE CON TRASFORMATORI ED INVERTITORI A GRADINI MANOVRABILI SOTTO CARICO

Bulletin A.S.E., N. 1, 9 gennaio 1931. – W. Grob.

L'A. espone i progressi realizzati nella costruzione degli apparecchi atti alla regolazione, sotto carico, della tensione dei trasformatori ed indica il campo di applicazione di tali apparecchi.

Un trasformatore adatto per la regolazione della tensione sotto carico differisce da un trasformatore normale, senza prese, oppure con prese commutabili senza carico, sopratutto nella disposizione dell'avvolgimento di regolazione e, quindi, in tutte quelle particolarità meccaniche ed elettriche che sono legate a tale disposizione. In generale il trasformatore adatto per la regolazione della tensione è del tipo a nucleo con gioghi e colonne formate da lamine legate. Gli avvolgimenti sono di solito formati da bobine cilindriche convenientemente disposte per consentire un'attiva circolazione dell'olio. I materiali oggidì impiegati sono tali da ridurre in limiti non preoccupanti, almeno fino a potenze di 120 000 kVA, le forze radiali che sollecitano gli avvolgimenti durante i cortocircuiti. Per vincere, invece, le forze assiali, è necessario disporre convenientemente gli avvolgimenti, amarrare gli stessi e smorzare le sollecitazioni mediante sostegni molleggiati. Per i tipi di isolatori passanti, l'impiego del conservatore d'olio, il raffreddamento, il montaggio e lo smontaggio, la scelta dei dati elettrici: induzione, sollecitazione nel rame, isolamento, ecc., valgono le norme abituali per i trasformatori normali.

Un interesse affatto particolare assume lo studio della disposizione degli avvolgimenti di regolazione. Quando il campo di regolazione sorpassa l'8÷10 % della tensione normale, — come avviene in generale quando la regolazione dev'essere effettuata sotto carico, — le sollecitazioni durante i cortocircuiti assumono valori inammissibili se le prese sono distribuite tutte al termine dell'avvolgimento, oppure in corrispondenza del punto neutro o del punto medio delle colonne. È necessario, per questo, distribuire l'avvolgimento di regolazione di ciascuna fase lungo l'intera colonna corrispondente oppure prevedere degli avvolgimenti di compensazione. Le figg. 1 *a*, 1*b*, 1*c*, indicano rispettivamente, la disposizione di un avvolgimento di compensazione disposto in opposizione all'avvolgimento di regolazione di un avvolgimento di regolazione ripartito lungo un'intera colonna ed, infine, di un avvolgimento di regolazione con bobine alternate a quelle dell'avvolgimento principale. La convenienza di impiegare una piuttosto che un'altra disposizione va esaminata caso per caso.

La scelta del salto di tensione fra un gradino ed il successivo e del numero dei gradini dev'essere fatta in relazione alle condizioni di esercizio. Il salto di tensione ammesso varia dall'1% al 4% della tensione normale: valori dell'ordine (1÷2)% sono adatti per piccole unità che lavorano direttamente sulla rete a bassa tensione; i valori maggiori del salto di tensione vanno riservati alle grandi unità. Il numero dei gradini viene scelto normalmente da 6 a 10. Tenuto conto che, con una semplice commutazione, la tensione regolata può essere aggiunta o sottratta a quella dell'avvolgimento principale, il numero di gradini indicato è largamente sufficiente per l'ampiezza di regolazione che può essere richiesta anche nei casi più sfavorevoli.

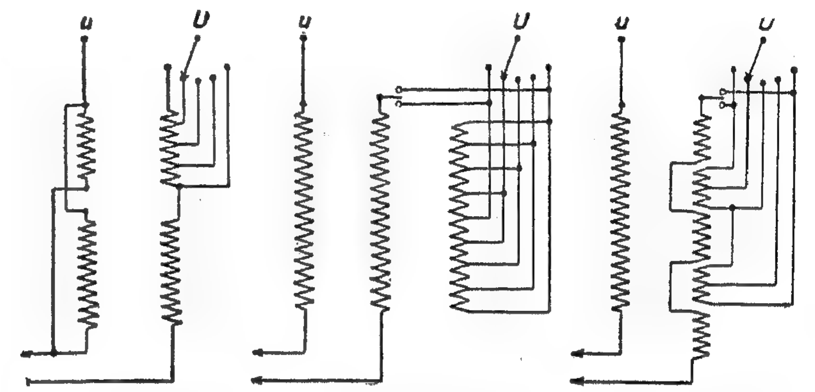


Fig. 1 *a* Fig. 1 *b* Fig. 1 *c*
Disposizioni di principio dell'avvolgimento di regolazione.

La regolazione della tensione può essere ottenuta, notoriamente, con trasformatori ad avvolgimenti separati oppure con autotrasformatori: le condizioni di esercizio ed il rapporto delle tensioni a monte ed a valle indicano caso per caso se è più opportuno l'impiego dei primi o degli altri.

Le condizioni di esercizio costituiscono l'elemento più importante per valutare se, per ottenere la regolazione della tensione, è preferibile l'impiego del regolatore ad induzione o dell'inseritore a gradini. Il primo consente una regolazione continua della tensione e del cos φ; l'inseritore permette soltanto una regolazione discontinua. Per tensioni elevate e grandi potenze l'inseritore a gradini è più economico del regolatore ad induzione. Quest'ultimo viene collegato direttamente alla rete da regolare per tensioni fino a 20 kV; per tensioni più elevate il regolatore dev'essere combinato, con un trasformatore in serie ed un trasformatore d'eccitazione. L'inseritore a gradini può essere impiegato per tensioni che arrivano a 150 kV ed oltre. Nonostante questi indiscutibili vantaggi dell'inseritore a gradini, uniti al fatto che con esso è evitata la rotazione del vettore tensione, che in qualche circostanza può essere indesiderata, vi sono delle applicazioni per la quali il regolatore ad induzione non può essere sostituito dall'inseritore a gradini. È questo il caso quando si tratta di trasformatori di prova, trasformatori per tarature, ecc.

La tabella I riporta il confronto fra regolatore ad induzione ed inseritore a gradini applicati in due casi diversi. Nel primo caso si tratta della regolazione in una rete a 10 kV e nel secondo in una rete a 110 kV: la potenza passante è nel primo caso di 1000 kVA e, nel secondo, di 20 000 kVA. Il campo di regolazione è, in entrambi i casi, del ± 15 %.

		Regolatore ad induzione	Trasformatore di regolazione	Regolatore ad induzione	Trasformatore di regolazione	
					autotrasformatore	trasformatore
Potenza passante	kVA	1000	1000	20000	20000	20000
Potenza propria	»	180	180	3600	3600	20000
Tensione	kV	1	11	110	110	110
Campo di regolazione	%	±15	±10×1,5	±15	±6×2,5	±6×2,5
Disposizione dell'inserzione		diretta	diretta	indiretta	diretta	diretta
Perdite: ferro	kW	4,5	1,25	100	24	65
rame	»	6,2	3,8	150	50	190
Rendimento 1/1, cos φ = 1	%	98,94	99,47	98.77	99,63	98,76
1/2, cos φ = 1	»	98,66	99,56	98,55	99,54	98,91
1/1, cos φ = 0,8	»	98,68	99,37	98,47	99,63	98,46
1/2, cos φ = 0,8	»	98,33	99,45	98,19	99,54	98,63
Corrente a vuoto ca.	»	5	0,8	6,5	0,97	4,5
Tensione di corto circuito ca.	»	2,7	0,8	5,7	1,8	1
Prezzo, olio compreso	»	100	60	100	50	80
Ingombro	»	100	90	100	45	80

Un trasformatore con inseritore a gradini addossato, costruito nel 1905, è rappresentato nella fig. 2. La fig. 3 rappresenta invece un trasformatore con inseritore separato, costruito più

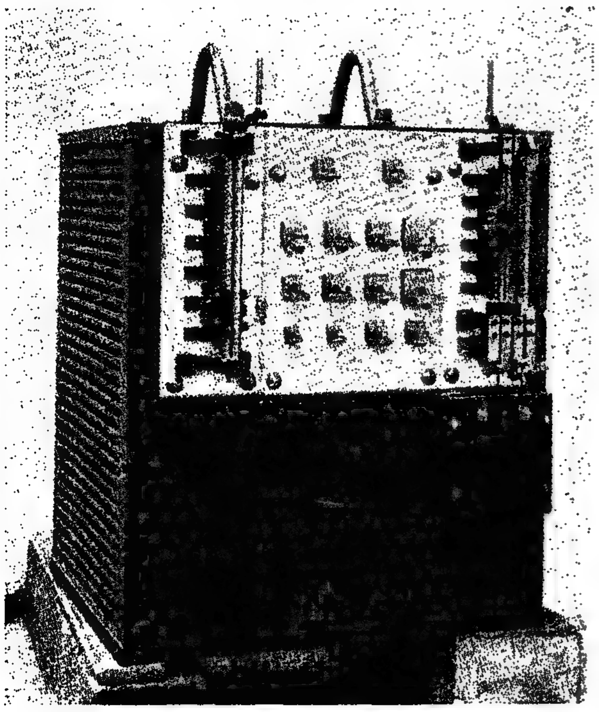


Fig. 2. - Trasformatore di regolazione costruito nel 1906.

tardi, quando le preoccupazioni per garantire la sicurezza di esercizio dei trasformatori ad alta tensione avevano sconsigliato il montaggio addossato dell'inseritore. Oggidì per tensioni fino a 37 kV quest'ultimo riesce montato direttamente nel-

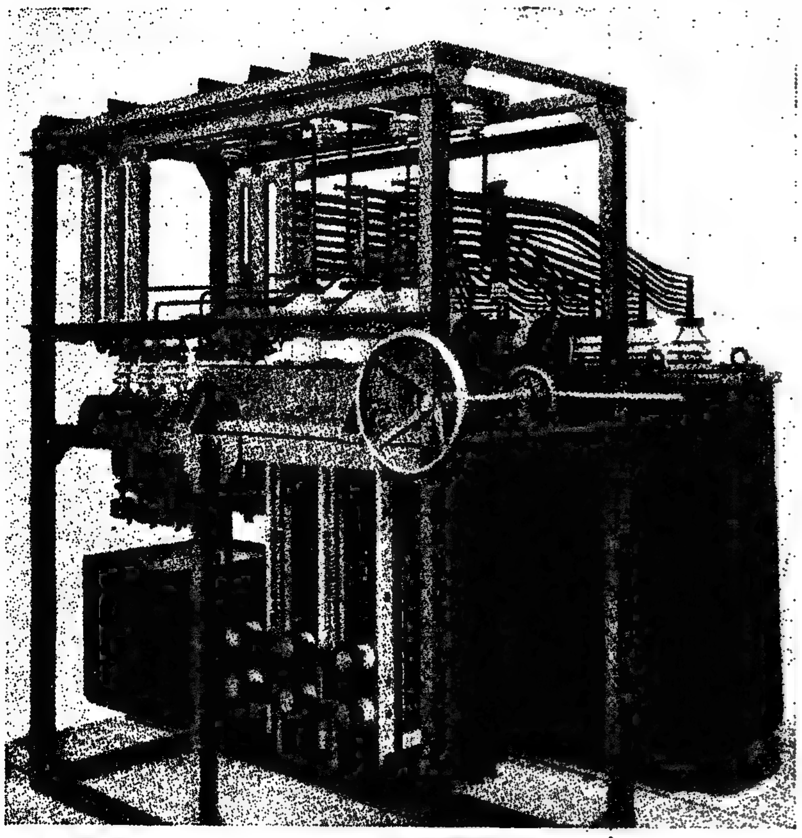


Fig. 3. - Trasformatore di regolazione costruito nel 1909.

l'interno del trasformatore e, per tensioni più elevate, esso riesce addossato nel modo indicato dalla fig. 4.

In linea generale, l'inseritore a gradini si può considerare come derivato dall'inseritore di elementi delle batterie di accumulatori. Come in questi, il passaggio da un gradino al successivo viene ottenuto facendo precedere, allo spostamento della spazzola principale, lo spostamento di una spazzola ausiliaria. Le due spazzole chiudono in questo momento, sopra una resistenza ohmica od induttiva, la parte di avvolgimento compresa fra i due gradini successivi. Col successivo spostamento della spazzola principale il circuito si apre dando luogo ad un arco la cui grandezza dipende dal salto di tensione, dalla resistenza del circuito e dalla velocità della commutazione. Quando le tensioni e le potenze che entrano in gioco sono grandi, l'arco, adescandosi fra i contatti principali, potrebbe danneggiarli. Si evita questo suddividendo l'inseritore a gradini in una parte manovrabile senza corrente ed in una destinata ad interrompere propriamente i circuiti che si chiudono con lo spostamento delle spazzole (parascintille). I contatti del dispositivo parascintille,

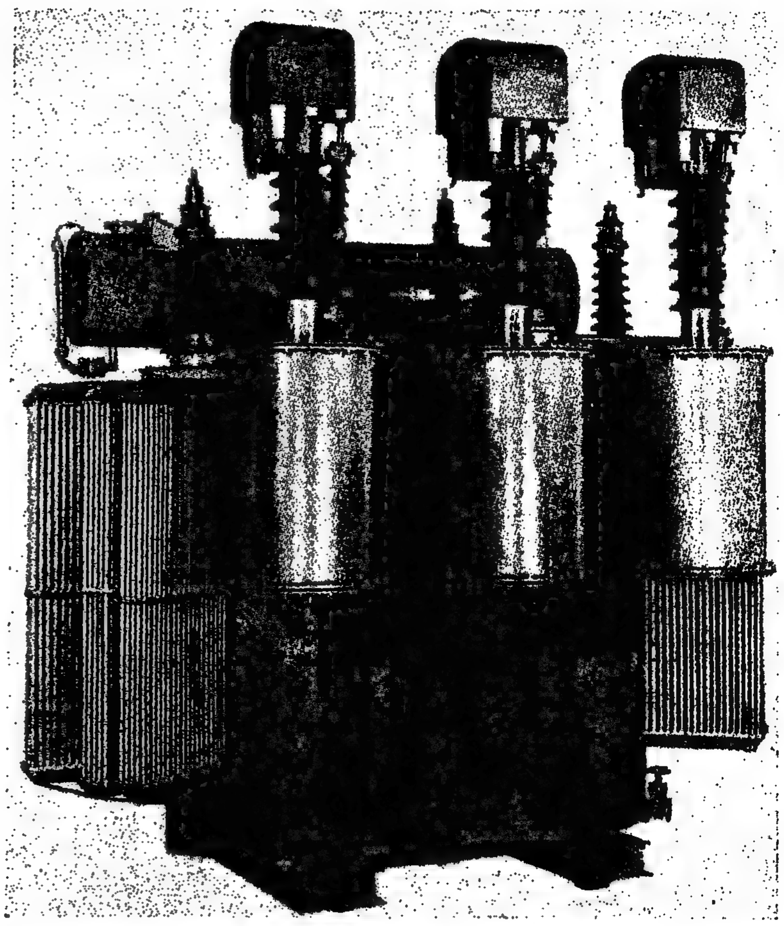


Fig. 4. - Trasformatore trifase di regolazione con inseritore addossato.

i soli soggetti ad essere danneggiati dagli archi di apertura, sono facilmente ricambiabili. La fig. 5 rappresenta il processo di commutazione dell'inseritore a gradini Brown Boveri. In esso i contatti principali, non soggetti ad usura, sono sotto olio, i contatti del parascintille sono portati esternamente al trasformatore.

L'apparecchio presenta i seguenti vantaggi:

1) La mancanza di archi fra spazzole e contatti principali evita la carbonizzazione dell'olio che conserva quindi inalterata la sua rigidità dielettrica.

2) I contatti principali vengono percorsi da corrente soltanto quando le spazzole, principali ed ausiliarie, chiudono perfettamente il circuito della corrispondente sezione dell'avvolgimento.

3) Si può impedire il pericolo di scariche dovute a sovratensioni scegliendo opportunamente le dimensioni dei contatti e delle spazzole.

4) I contatti, in corrispondenza dei quali si verifica una interruzione di corrente, e le resistenze di inserzione sono montati all'esterno del trasformatore.

5) Tutte le parti soggette ad usura sono facilmente ispezionabili e, in caso di necessità, ricambiabili.

Da esperienze eseguite è risultato che dopo 1,5 milioni di manovre le spazzole principali ed ausiliarie non presentano alcuna traccia di usura; soltanto dopo 80 000 ÷ 100 000 manovre si è risontrata la necessità di ricambiare i contatti del para-

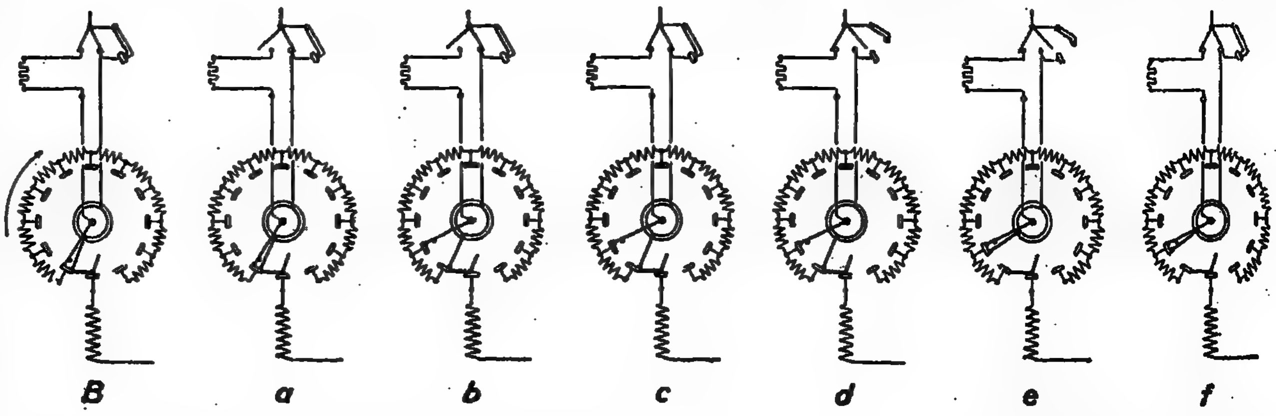


Fig. 5. - Rappresentazione schematica del processo di commutazione di un inseritore a gradini.

B Posizione di servizio
a Posizione di passaggio I
b Posizione di passaggio II
c Posizione di passaggio III
d Posizione di passaggio IV
e Posizione di passaggio V
f Posizione di servizio

scintille. L'impiego delle resistenze ohmiche in luogo delle resistenze induttive si dimostrò particolarmente opportuno agli effetti della manutenzione dei contatti del parascintille.

Gli inseritori a gradini possono essere comandati: a mano, a distanza mediante motore, automaticamente.

Il comando a mano vien fatto normalmente con manovella e rinvii a catena che mettono in rotazione l'albero dell'inseritore. I rapporti di trasmissione del moto fra manovella ed albero vengono scelti in modo da consentire lo spostamento di un gradino con una rotazione completa della manovella. La rotazione nel senso delle lancette dell'orologio corrisponde ad un aumento di tensione. Le posizioni successive dell'inseritore possono essere controllate da un indicatore montato sul comando: un arresto per ciascuna posizione estrema impedisce una rotazione ulteriore dell'albero. Il comando a distanza viene realizzato da un motore messo in funzione attraverso a due relais. Uno di questi viene eccitato quando un commutatore di comando è messo nella posizione corrispondente ad un aumento di tensione; l'altro è eccitato quando è richiesta una diminuzione della tensione stessa. Il circuito del motore, chiuso da uno dei relais, si apre dopo che è stata effettuata una rotazione completa. Un interruttore di fine corsa impedisce l'ulteriore manovra dell'inseritore quando esso è arrivato nella posizione finale. Un indicatore di posizione controlla il comando a distanza ed il passaggio da gradino a gradino è controllato da lampadine di segnalazione. Il comando è tale che l'arresto di una spazzola in una posizione intermedia non è possibile: un comando, anche di brevissima durata, comporta il passaggio completo da un gradino al successivo.

lazione non presenta difficoltà essendo possibile combinare in modo opportuno i comandi a mano, a distanza oppure automatici dei diversi inseritori in modo da distribuire nel modo più opportuno il carico fra i trasformatori.

Dipendentemente dalle condizioni di esercizio si possono impiegare tipi particolari di inseritori. Per alte intensità di corrente e piccole tensioni si possono impiegare inseritori in aria, di tipo rappresentato nella fig. 6. Per impianti raddrizzatori sono impiegati, talvolta, inseritori nei quali i comandi dei commutatori delle tre fasi non sono simultanei ma successivi, l'uno all'altro in modo da consentire una maggior finezza di regolazione. Tipi speciali di inseritori sono quelli che regolano la tensione ai morsetti dei motori nei locomotori monofasi. Fino ad epoca recente la regolazione veniva effettuata sul lato bassa tensione, oggidì si hanno anche esempi di regolazione sul lato primario (15 kV).

Agli effetti del loro impiego i trasformatori di regolazione si possono classificare in tre gruppi:

1) Trasformatori di regolazione per centrali.
2) Trasformatori per accoppiamento delle reti.
3) Trasformatori di regolazione per impianti di utilizzazione.

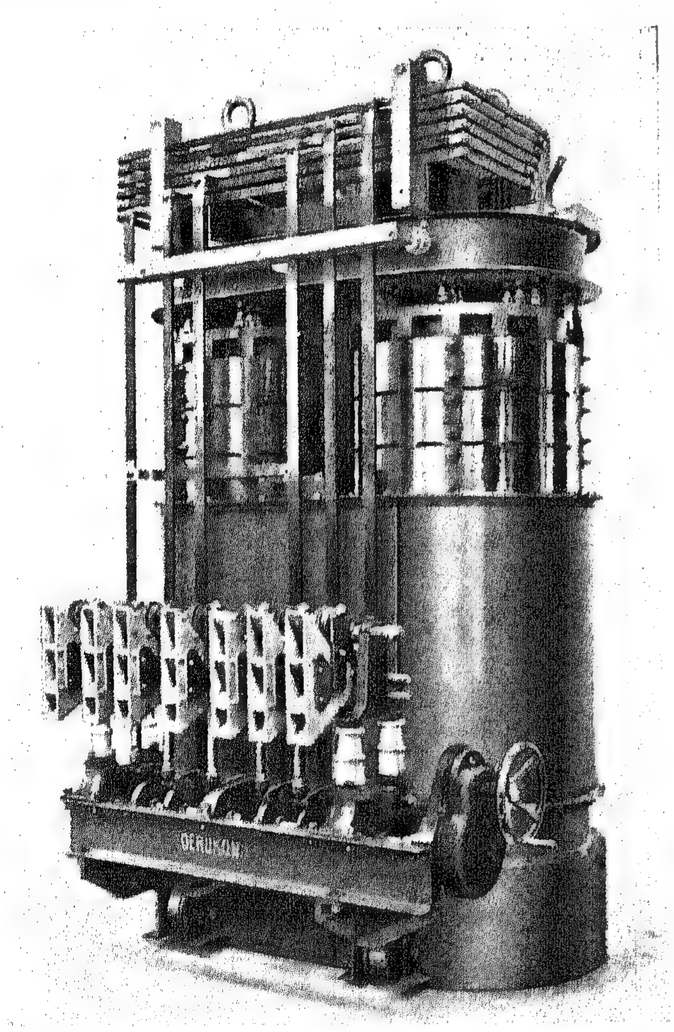


Fig. 6. - Trasformatore monofase per forno con inseritore a gradini in aria.

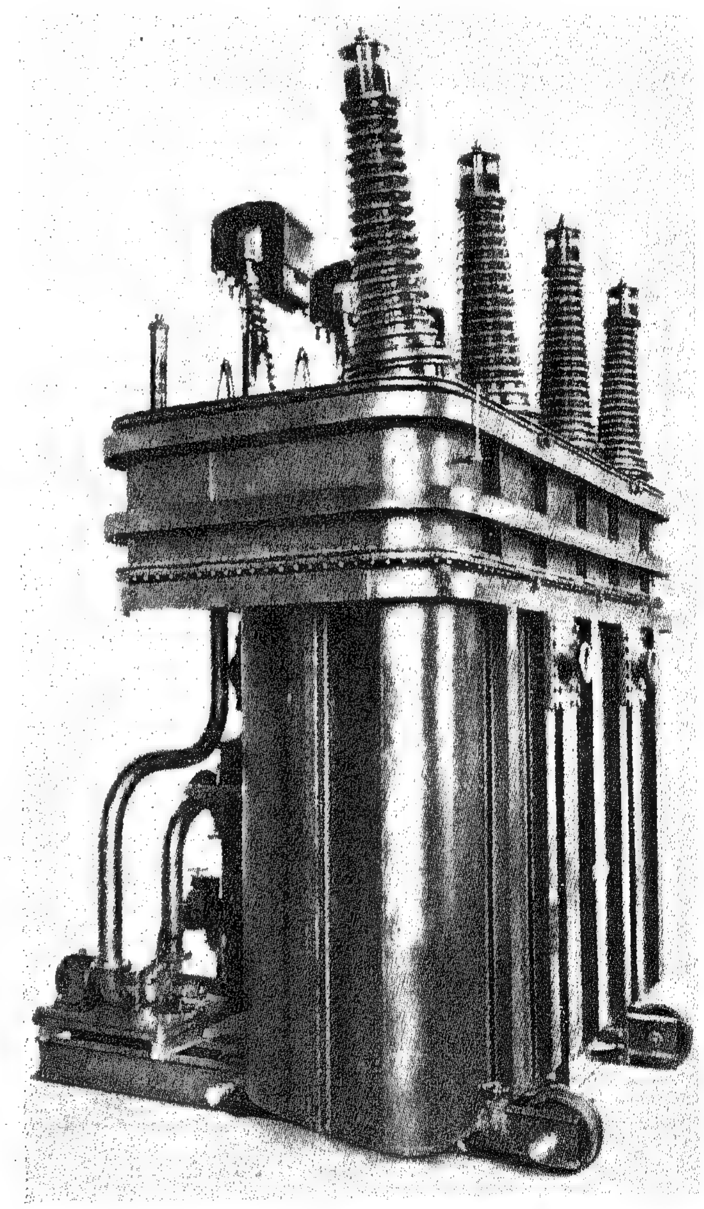


Fig. 7. - Trasformatore di regolazione a tre avvolgimenti con inseritore montato nell'interno del cassone.

L'inseritore può essere comandato automaticamente in funzione della tensione da regolare o del fattore di potenza. Questo viene ottenuto sostituendo il commutatore di manovra per il motore con un relais influenzato dalla tensione o dal fattore di potenza. Il comando automatico è sussidiato da tutti i dispositivi atti ad impedire manovre false od intempestive. Un relais ausiliario interviene quando manca la tensione di alimentazione del motore ed impedisce che l'inseritore si arresti in una posizione intermedia. Il circuito del motore di comando viene interrotto, mediante un relais a minima, quando la caduta di tensione nella rete che alimenta il motore è tale da impedire il regolare funzionamento del comando stesso. La perturbazione viene segnalata con dispositivo acustico d'allarme. Per impedire la manovra automatica dell'inseritore durante un corto circuito, vengono impiegati relais a massima che bloccano il motore di comando quando la manovra può pregiudicare la sicurezza di esercizio. Anche la marcia in parallelo di trasformatori di rego-

L'impiego dei trasformatori con inseritore a gradini nelle centrali di produzione consente la regolazione della tensione al valore più adatto alle diverse esigenze dell'esercizio. I trasformatori vengono talvolta equipaggiati con inseritore a gradini per fornire la tensione regolata ad una rete a media tensione situata in una località non lontana dalla centrale. I trasformatori vengono collegati alle sbarre dei generatori ed hanno spesso il rapporto 1 : 1; l'impiego degli autotrasformatori non è consigliabile perchè il collegamento metallico fra rete e generatori costituisce un punto debole agli effetti della sicurezza di esercizio. Il trasformatore di regolazione può essere impiegato per il collegamento di due reti con tensioni molto diverse oppure pressochè eguali. Nel primo caso entrano in considerazione soltanto trasformatori con avvolgimenti separati: la regolazione viene effettuata di solito sul lato a tensione minore, vi sono tuttavia dei casi nei quali la regolazione sul lato a tensione più elevata si presenta più economica. Nel caso di due

reti a tensioni non molto diverse, vengono impiegati di preferenza gli autotrasformatori di regolazione. Occorre, però, accertarsi che le due reti ammettano un collegamento metallico; abbiano, cioè, analoghe caratteristiche di isolamento, di protezione, ecc. È necessario, pure, esaminare se l'autotrasformatore, in relazione alle caratteristiche delle reti, possiede la necessaria insensibilità ai cortocircuiti oppure se, per renderlo tale, si presenta opportuna l'inserzione di una bobina di autoinduzione. In questo caso potrebbe convenire maggiormente, dal punto di vista economico, l'impiego di un trasformatore con avvolgimenti separati.

È possibile accoppiare fra loro più reti impiegando un trasformatore a più avvolgimenti (fig. 7) con inseritore a gradini. Un tale trasformatore viene anche utilmente impiegato quando si tratta di regolare opportunamente il fattore di potenza installando nella stazione di collegamento un compensatore di fase. Il terzo avvolgimento del trasformatore viene eseguito in modo tale da consentirvi il collegamento diretto del compensatore. Trasformatori a tre avvolgimenti vengono impiegati anche allo scopo di eliminare la terza armonica in una rete oppure per collegare alla rete una bobina di estinzione a dissonanza. In questo caso, il terzo avvolgimento viene collegato a triangolo.

L'impiego dei trasformatori a tensioni regolabili sotto carico negli impianti di utilizzazione è utile per compensare le variazioni di tensione dipendenti dal carico sulla rete primaria o secondaria senza pregiudizio per la continuità del servizio. Anche nelle sottostazioni di conversione con commutatrici o con raddrizzatori, i trasformatori di regolazione trovano impiego per regolare la tensione sul lato corrente continua quando varia la tensione sul lato corrente alternata. È questo il caso per impianti di conversione destinati al servizio di trazione, ad installazioni elettrochimiche, alla carica di batterie d'accumulatori.

DISCUSSIONE.

Puppikofer espone alcuni criteri che hanno guidato la M.F.O. Oerlikon nella costruzione degli inseritori a gradini. Egli dimostra come per le basse e medie tensioni sia opportuno l'impiego di inseritori a gradini con bobina di inserzione per il passaggio da una presa alla successiva. Potendosi impiantare tale bobina come divisione di tensione, a parità di numero di prese, si può ottenere un numero di gradini doppio di quello che si ha con l'impiego della resistenza di inserzione. Per tensioni elevate (oltre 80÷90 kV), le difficoltà di isolamento della bobina rendono più conveniente l'impiego delle resistenze di passaggio.

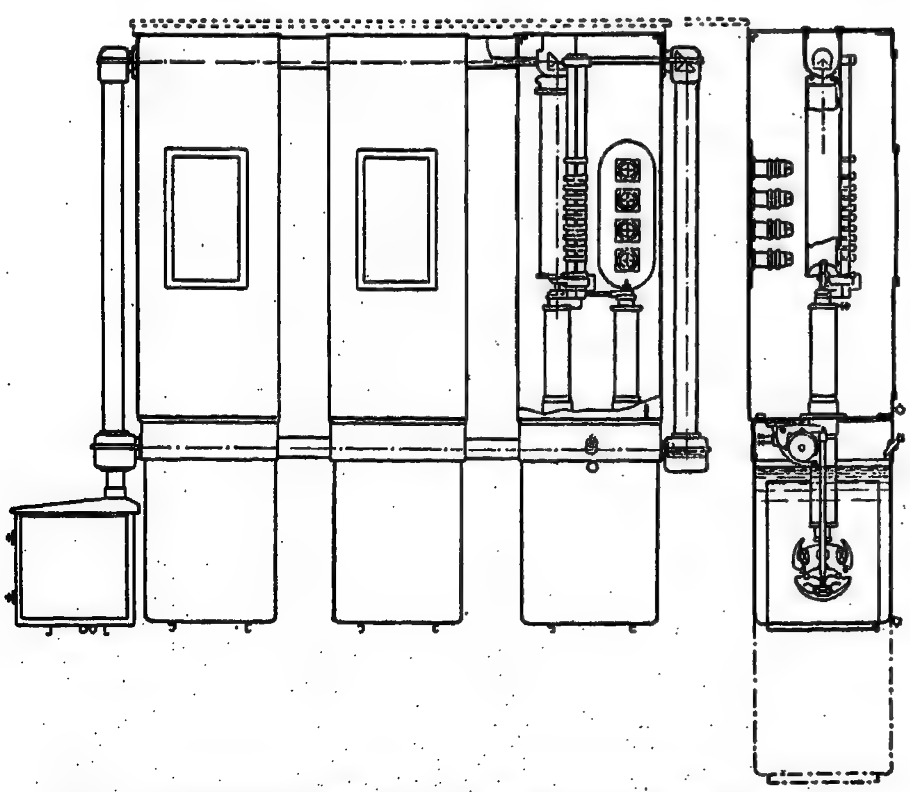


Fig. 8. - Inseritore a gradini con bobina di passaggio, 62 kV.

La fig. 8 rappresenta un inseritore a gradini, con bobina di inserzione, costruito per una tensione nominale di 62 kV e destinato alla regolazione della tensione di un trasformatore da 10 000 kVA, 135/62 kV, con ± 10 gradini.

La fig. 9 rappresenta il nuovissimo tipo di inseritore a gradini della M.F.O. per le alte tensioni.

L'A. espone ancora uno schema atto ad ovviare eventuali difficoltà per la marcia in parallelo di trasformatori di regolazione con inseritore. È messo pure in rilievo l'impiego di regolatori automatici per il comando degli inseritori montati su trasformatori di regolazione veri e propri (fig. 10) oppure di collegamento fra due reti (regolazione di potenza reattiva) (fig. 11).

Bauer crede che la marcia in parallelo di autotrasformatori di regolazione presenti gravi difficoltà. Il relatore afferma che tali difficoltà sussistono quando gli autotrasformatori non hanno la stessa potenza o non sono costruiti esattamente eguali. La necessità del parallelo di autotrasformatori di regolazione è, in generale, eccezionale.

Mayer richiama l'attenzione delle case costruttrici sugli inconvenienti che possono derivare dall'arresto dell'inseritore in una posizione intermedia. Egli domanda se per le reti trifasi ad alta tensione è preferibile l'impiego di trasformatori di regolazione monofasi oppure trifasi. Il relatore risponde ricordando che il primo inconveniente è eliminato con dei servomotori meccanici (molle, pesi, ecc.) che rendono possibile il completamento di una manovra iniziata dal motore di comando. Circa l'impiego dei trasformatori di regolazione monofasi o trifasi, il relatore fa presente che la cosa dipende soltanto da necessità di trasporto o di montaggio. La Brown Boveri ha costruiti trasformatori di regolazione trifasi fino a 160 kV.

Penochet rileva che la diffusione dei trasformatori di regolazione nelle reti a media tensione, 20÷60 kV, trova un grave ostacolo nelle spese ingenti che tale regolazione comporta. Egli domanda se per reti alla tensione accennata, non è ammissibile la sostituzione dell'interruttore in olio, immediatamente a monte di un trasformatore situato all'estremità di una linea già protetta da un altro interruttore all'origine, con una semplice terna di coltelli. Il relatore obbietta che i trasformatori di regolazione vengono costruiti in modo da presentare la stessa sicurezza, contro le sovratensioni e le altre perturbazioni, dei trasformatori ordinari. L'impiego degli interruttori in olio cui ha fatto cenno Penochet non è necessario.

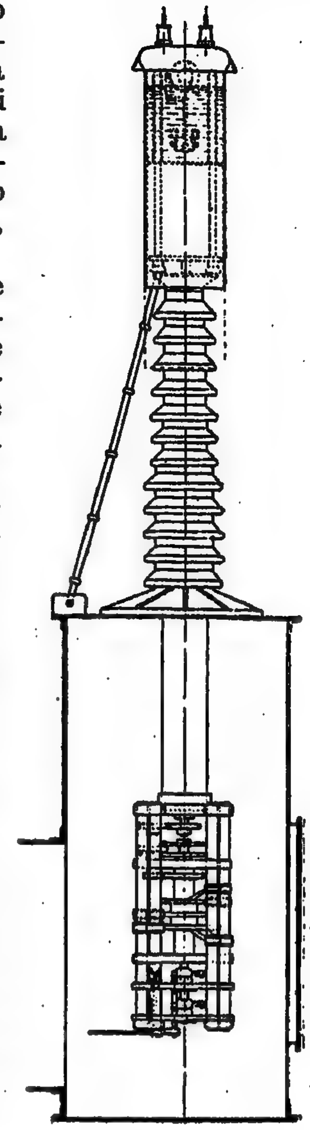


Fig. 9. - Inseritore a gradini per altissime tensioni.

Marty accenna al fatto che in pratica può verificarsi un corto circuito durante la manovra dell'inseritore a gradini, con pregiudizio per la sicurezza di esercizio, a causa dell'incapacità del rompiscintille a sopportare le correnti di cortocircuito. Il relatore è d'avviso che tali cortocircuiti si verifichino raramente; per gli impianti automatici essi sono possibili se non vengono presi degli accorgimenti per bloccare l'inseritore. È, tuttavia, possibile dimensionare l'inseritore in modo da renderlo atto ad interrompere i cortocircuiti.

Schiesser conferma questa possibilità ma sostiene che il rompiscintille diventerebbe, in questo caso, di dimensioni notevoli e di costo eccessivo. Ne verrebbe anche compromessa la facilità di montaggio.

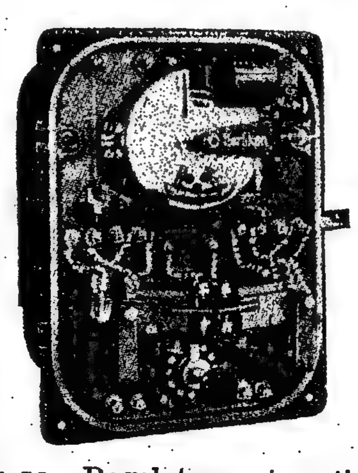


Fig. 10. - Regolatore automatico per trasformatore di regolazione.

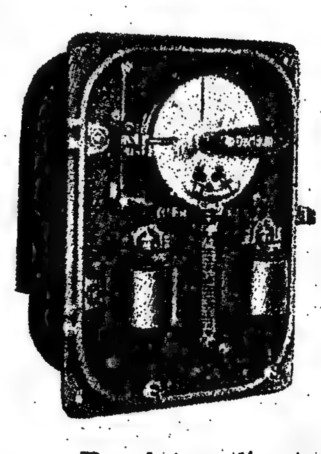


Fig. 11. - Regolatore di potenza reattiva.

Meyer mette in rilievo la soluzione della ditta Secheron che consente l'esclusione della parte regolabile del trasformatore al verificarsi di un danno ed il collegamento diretto del trasformatore vero e proprio.

Rochat espone le caratteristiche più salienti del complesso impiegato allo scopo.

Kleiner domanda se le Case costruttrici hanno avuto modo di constatare se gli inseritori a gradini danno luogo a sovratensioni di notevole entità. Egli ritiene che tali sovratensioni abbiano importanza trascurabile per reti ad alta tensione ma che, invece, possano assumere una importanza per reti a bassa tensione.

Kopeliovitch afferma che in nessun caso gli inseritori a gradini danno luogo a sovratensioni pericolose. Specialmente nelle reti a bassa tensione l'inconveniente non è da temersi perchè le oscillazioni provocate dall'inseritore vengono facilmente smorzate dagli apparecchi utilizzatori inseriti sulla rete stessa. È da notare, inoltre, che la commutazione avviene senza interruzione del circuito principale in modo che le oscillazioni che ne nascono non possono assumere una importanza notevole.

d. m.

I COSTI DI PRODUZIONE E DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA QUANDO SI PRENDANO IN CONSIDERAZIONE I FATTORI DI SIMULTANEITÀ.

Elektrizitätswirtschaft, 1931, n.° 3. – M. KÜHNERT.

INFLUENZA DELL'UTILIZZAZIONE DELLA PUNTA MASSIMA ANNUA SUI PREZZI PER kWh.

In occasione della Conferenza Mondiale dell'Energia a Berlino sono state fatte delle asserzioni relative al costo di distribuzione dell'energia elettrica negli Stati Uniti, che hanno trovato una profonda eco anche nel pubblico tedesco. In tali asserzioni i prezzi di vendita dell'energia sono stati messi in rapporto con i costi di produzione, e in relazione a ciò si son mossi dei rimproveri all'industria elettrica americana per le sue deficienze quanto alla distribuzione dell'energia. Se tali rimproveri fossero giustificati, essi dovrebbero essere applicati anche all'industria elettrica tedesca. È stato anzi questo il motivo per cui la stampa quotidiana tedesca ha riprodotto quasi unanimemente l'asserzione del critico americano.

In realtà è però errato porre in rapporto i costi di produzione con quelli di distribuzione. I due elementi di costo sono tra di loro assolutamente indipendenti. Le acque minerali sono fornite gratuitamente dalla natura, e non vi sono quindi costi di produzione; però i costi di distribuzione sono così elevati che il consumatore deve spendere una somma abbastanza rilevante per una bottiglia d'acqua, mentre quest'ultima spesso defluisce non utilizzata in grandi quantità nel luogo di produzione. I costi di distribuzione sono inoltre tanto più elevati, quanto più piccola è la quantità distribuita.

Ora gli impianti di distribuzione dell'energia elettrica sono molto costosi, perchè devono venir eseguiti con materiali di forte valore. Se il ferro avesse le stesse proprietà elettriche del rame, gli impianti di distribuzione risulterebbero già per questo solo fatto notevolmente più a buon mercato. Gli elevati costi d'impianto e quindi l'interesse e l'ammortamento degli stessi, e le piccole quantità di energia consumate nelle abitazioni richiedono che il prezzo dell'energia per il piccolo utente sia elevato. Se il consumo domestico aumenterà, le imprese elettriche saranno poste in condizione di diminuire i loro prezzi.

I costi di un kWh al punto di consegna presso l'utente constano di due parti. Nulla occorre aggiungere sulla parte relativa al servizio del capitale, poichè di questa si parla da oltre venticinque anni nella letteratura. Meno nota è la legge di variazione della parte rimanente dei costi. Con l'aumentare o diminuire dell'utilizzazione degli impianti di un'impresa elettrica diminuiscono od aumentano anche i costi di esercizio e di trasporto. Il consumo di carbone per un kWh generato in una centrale di medie dimensioni è per esempio di 1,2 kg di litantrace da 6000 cal./Kg. Se la stessa centrale avesse una utilizzazione annua del massimo carico di 8.000 anzichè 2500 ore, il consumo di carbone per kWh scenderebbe certamente fino a 0,9 Kg.

Ancora più variabili del consumo di carbone sono gli altri costi necessari in una centrale termica per la produzione di un kWh. Tali costi espressi in cent/kWh sono molto diversi da caso a caso, si avvicinano però notevolmente quando si tenga conto dell'utilizzazione del carico massimo. Si è potuto rilevare che i costi accessori oltre al costo del combustibile in una centrale termica a vapore sono di 95 Lire per kW della potenza massima annua. Questa cifra è però valevole soltanto per quella determinata centrale presa in considerazione.

In due altre centrali tedesche di grandezza all'incirca eguale sono stati determinati i seguenti costi di produzione, oltre al combustibile:

Centrale I .... 3,1 cent/kWh
» II .... 2,05 »

La centrale II è ancora relativamente nuova e presenta quindi costi un po' minori; questo fatto non basta però assolutamente per spiegare la forte differenza trovata.

La potenza massima annua utilizzata era nella

Centrale I .... 3.125 ore
» II .... 4.000 »

I costi per kW di potenza massima sono quindi per la

Centrale I 3.125 × 3,1 = circa 96 Lire
» II 4.000 × 2,05 = » 82 »

Se si tiene conto della circostanza che nella centrale II, quasi nuova, oltre ai costi per le riparazioni anche quelli per il personale, specialmente nella sala caldaie, e per i trasporti saranno un po' minori che nelle altre due centrali considerate, potremo concludere che i costi di esercizio, combustibile escluso, sono praticamente eguali nelle tre centrali prese in esame, per quanto i costi in cent/kWh siano tra di loro assai diversi. Delle tre centrali esaminate una si trova nel sud della Germania, una nella Germania centrale e l'ultima in quella orientale.

Prendendo come base il costo di 95 lire annue per kW di potenza massima, risulta che con una utilizzazione di 2500 ore il costo di esercizio, oltre il combustibile, riferito all'energia prodotta è di 3,8 cent/kWh in cifra tonda. Se la durata di utilizzazione sale a 5000 ore, tali costi scendono a 1,9 cent/kWh e per una utilizzazione di 8000 ore a 1,2 cent/kWh. In modo analogo diminuiscono anche i costi di esercizio per kWh degli impianti di trasporto.

Nella figura 1 sono rappresentati i costi di produzione di un kWh, compreso l'interesse dell'8% sul capitale, in funzione della utilizzazione annua della punta massima. La curva *a* rappresenta i costi d'esercizio, mentre la curva *b* dà i costi complessivi compreso il servizio del capitale. Queste curve sono state costruite in base alle reali condizioni di funzionamento di un'impresa elettrica nel 1925. Esse sono sufficienti per esaurire l'argomento in via di principio. Nelle curve non è tenuto conto dei grandi utenti che prelevano l'energia direttamente dalla centrale. I costi rappresentati dalle curve si riferiscono a forniture attraverso la rete di distribuzione.

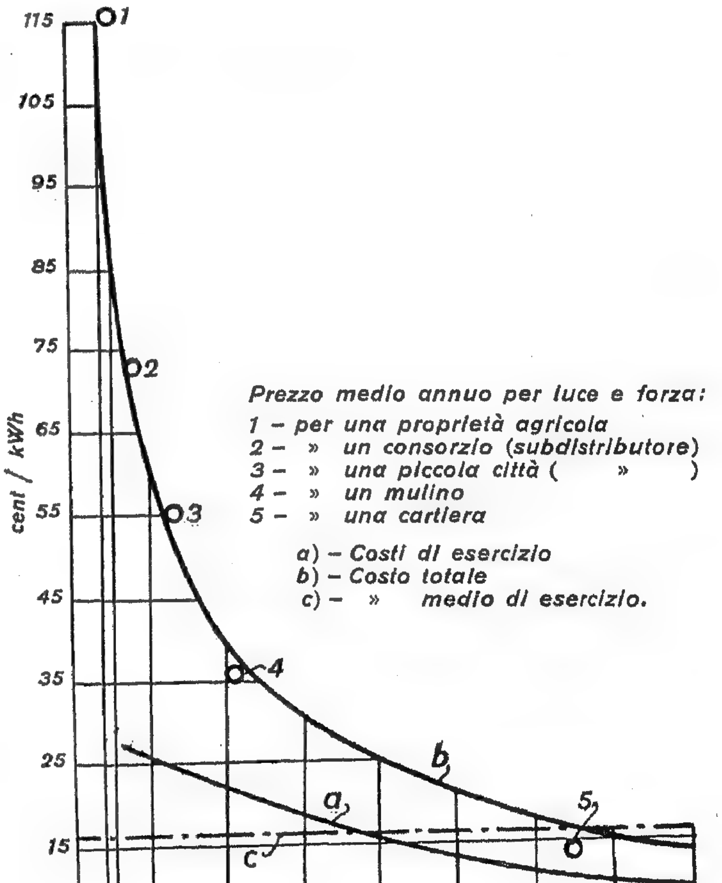


Fig. 1. - Costi di produzione di 1 kWh in funzione della utilizzazione annua del massimo carico.

Sul diagramma sono segnati cinque punti i quali rappresentano i prezzi effettivi pagati da vari gruppi di utenti.

Le curve non sono oggi più corrispondenti esattamente alla realtà sia per l'aumento sopravvenuto nei costi negli ultimi anni che per le variate condizioni economiche generali. Specialmente la linea dei costi d'esercizio ha subito notevoli aumenti per quanto riguarda le forniture con breve utilizzazione. La figura dà però bene l'idea del modo come devono essere distribuiti i prezzi dell'energia per i vari gruppi di utenti.

Gli utenti di regola desiderano pagare un prezzo determinato per kWh. È questa la base sulla quale è più facile concludere dei contratti di fornitura. Il fornitore di energia deve quindi conoscere esattamente le condizioni di esercizio dell'utente, affinchè i prezzi pagati per l'energia corrispondano a quanto risulta dalla curva dei costi. Naturalmente ci sono inevitabili scarti verso l'alto od il basso, poichè i prezzi dell'energia vanno regolati non soltanto secondo i costi di produzione ma anche secondo la concorrenza dovuta agli altri mezzi di illuminazione o di produzione di forza motrice.

La durata annua di utilizzazione dei piccoli utenti, riferita alla potenza allacciata la quale nella maggioranza dei casi rappresenta anche la potenza massima richiesta, oscilla da 50 a 500 ore all'anno. Data questa breve utilizzazione i costi di produzione salgono molto rapidamente e si ottengono importi assai elevati per kWh.

In realtà però l'impresa non ha bisogno di fatturare i prezzi elevati quali risulterebbero da una applicazione rigida della curva dei costi, poichè per le minori utilizzazioni il fattore di simultaneità fa sentire notevolmente la sua influenza. La linea dei costi di produzione è stata quindi troncata in corrispondenza di 1,15 lire/kWh, poichè questo importo rappresenta l'introito medio ricavato dalla vendita dell'energia elettrica ai piccoli utenti per luce e forza. I costi di produzione per kWh per i piccoli utenti sono maggiori o minori dell'importo medio degli introiti suddetti, a seconda che il fattore di simultaneità ha un valore maggiore o minore per i singoli gruppi.

Determinazione del fattore di simultaneità.

È stato possibile determinare con sufficiente precisione il fattore di simultaneità per la fornitura di energia per forza motrice in una città di medie dimensioni avente circa 70.000 abitanti. L'impresa elettrica della città dispone di una conduttura per la fornitura di energia per forza motrice ai piccoli utenti, conduttura che viene esercita a 500 Volt. La potenza dei motori allacciati varia da 0,5 a 30 HP. Detti motori servono per quelle piccole industrie, che si trovano più o meno in quasi tutte le città un po' importanti.

Nella tabella sono indicate la potenza allacciata e le altre caratteristiche per la conduttura suddetta. Questa viene staccata durante la notte. La direzione dell'impresa ha potuto stabilire che l'energia viene prelevata dalle cinque del mattino alle 23. Per ogni 10 kW allacciati, il carico per la centrale è di appena 1 kW durante il periodo dell'anno di massimo prelievo.

Potenza allacciata, carico ed energia prelevata per forza motrice (motori da 0,5 a 30 HP)

	1925	1926	1927
Potenza allacciata .... kW	3.710	4.000	4.300
Massimo carico in centrale »	360	370	420
kWh prelevati misurati presso gli utenti	692.000	674.000	854.000
Massimo carico / Potenza allacciata	1 / 10,3	1 / 10,8	1 / 10,25
Fattore di simultaneità	0,097	0,093	0,097
Consumo annuo di energia per kW allacciato, misurato presso l'utente .... kWh	186	168	198
Ore di utilizzazione annua riferite alla potenza massima e all'energia venduta	1.920	1.820	2.030

Valore medio del fattore di simultaneità	0,1
Consumo medio per kW allacciato	180 kWh
Durata media di utilizzazione	1900 ore

Il fattore di simultaneità per la fornitura di energia per forza motrice a piccoli utenti agricoli nel territorio della Slesia inferiore è risultato eguale a 0,2, cioè per ogni 5 kW allacciati si ha un kW di carico della centrale nel periodo di massimo carico. Nei paesi si è potuto difatti constatare con sicurezza un fattore eguale a 0,25: nel territorio suddetto si calcola che la potenza dei trasformatori sia perfettamente sufficiente quando la potenza allacciata in HP è quadrupla della potenza del trasformatore in kVA.

Da ulteriori controlli eseguiti è risultato che la somma dei carichi massimi dei trasformatori locali supera del 25% il carico massimo risultante. Ne segue il fattore 0,2 dianzi accennato.

Il fattore di simultaneità per le forniture per luce è in cifra tonda eguale a 0,5, e cioè per ogni 2 kW allacciati si ha un kW di carico degli impianti durante il massimo carico.

Da quanto precede risulta fuori quistione che il prezzo di energia per luce dev'essere sostanzialmente superiore a quello per la forza motrice agricola e che il prezzo dell'energia per forza motrice per piccoli utenti nelle città può essere inferiore a quello nelle campagne. Naturalmente il prezzo dell'energia non viene commisurato soltanto in base al fattore di simultaneità, ma anche in modo particolare in base ai costi degli impianti di distribuzione. Per quanto riguarda i costi delle centrali, specialmente quando si tratta di centrali a vapore, non vi sono grandi differenze dall'una all'altra. I costi complessivi d'impianto invece riferiti ad ogni kW utile posto a disposizione dei piccoli utenti varia per le imprese elettriche che servono vaste zone da 5500 a 11.500 lire. L'ultima cifra si riferisce a zone con popolazione poco densa.

Anche per la determinazione del prezzo dell'energia per uso di cucina il fattore di simultaneità ha una grande importanza. Rilievi eseguiti in zone nelle quali la cucina elettrica è largamente adoperata hanno dimostrato che anche qui il fattore di simultaneità non supera 0,2, e cioè per ogni 5 kW allacciati si ha 1 kW di carico per gli impianti durante il carico massimo dell'anno (1). Poichè nelle zone nelle quali non è usuale l'orario continuo di lavoro, come nelle zone agricole, la punta del carico di cucina cade nella valle che presenta intorno a mezzogiorno il diagramma di carico dell'impresa, detto carico costituisce un utile compenso per l'egualizzazione del diagramma.

La cucina elettrica contribuirà in un'epoca non lontana a migliorare la forma del diagramma di carico diurno di molte imprese.

Costi di produzione e di distribuzione per la fornitura a piccoli utenti.

Lo specchietto seguente dà i consumi verificatisi in una proprietà della Slesia, nella quale si sono applicati la cucina e lo scaldabagno elettrico per la dimora signorile. Lo specchio si riferisce a tutto l'anno 1929.

Energia per luce	3.000	kWh a	L. 1,82	= L.	5.460
» » forza m.	5.500	» »	» 0,73	= L.	4.015
» » cucina	2.500	» »	» 0,45	= L.	1.125
» notturna per gli scaldabagni	5.300	» »	» 0,23	= L.	1.219
Totale	16.300	kWh a		L.	11.819

Il prezzo medio per kWh risulta quindi di L. 0,725.

Il costo di generazione di questa energia in centrale ammonta ad almeno 23 cent/kWh cosicchè i costi di distribuzione rappresentano poco più del doppio del costo di generazione. Questa cifra è assai diversa da quella del critico americano, il quale evidentemente non si è accorto di aver paragonato i costi medi di generazione, i quali comprendono anche la produzione per i grandi utenti a forte utilizzazione annua, con i prezzi di vendita per gli utenti domestici.

Per quanto riguarda il produttore di energia, l'energia totale su indicata potrebbe venire anche fatturata ad un prezzo uniforme di 73 cent/kWh, facendo uso di un unico contatore. L'utente vuole però sapere che cosa gli costino singolarmente la luce, la forza motrice, la cucina e lo scaldabagno. Con un prezzo medio di 73 cent/kWh i costi per la cucina e lo scaldabagno gli sembrerebbero troppo elevati. Egli dimenticherebbe volentieri che pagando la luce al prezzo medio, viene a pagare troppo poco quest'ultima. È quindi necessario tener distinte le fatturazioni per i vari servizi.

W. M.

(1) Mörtzsch. *Influenza della cucina elettrica sul diagramma di carico.* Elektrizitätswirtschaft, 1930.

RASSEGNA TECNICA

CALCOLO DI MASSIMO TORNACONTO PER CONDOTTE FORZATE

Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 2 marzo 1931, N. 5. – ING. BUNDSCHU.

Il presente studio serve per determinare a priori le dimensioni più convenienti, dal punto di vista economico, da dare al diametro delle tubazioni che alimentano una centrale idroelettrica.

Per ottenere la migliore soluzione sotto tale aspetto, bisogna che il costo annuo della condotta forzata, aggiunto al valore pure annuo delle perdite causate dalla tubazione stessa si riduca ad un minimo. Secondo Bauersfeld e Ludin tale condizione è raggiunta quando risulti essere

$$d = \sqrt[7]{\frac{101.3\, \eta_1\, \eta_2\, \eta_3\, \sigma\, W_1\, (t_1 Q_1^3 + t_2 Q_2^3 ..)}{\left(1 + \frac{p}{100}\right) \gamma\, k^2\, H\, W_2}} \qquad (1)$$

dove:

- d = diametro più conveniente della tubazione in m
- η_1 = rendimento della turbina
- η_2 = » del generatore
- η_3 = grado di bontà della chiodatura o saldatura
- σ = carico ammissibile per il materiale con cui è formato il tubo in t/m^2
- W_1 = valore commerciale di un kWh ai morsetti del generatore
- t_1, t_2 = durata in ore in cui si può ritenere di avere una portata Q_1, Q_2 costante
- $Q_1 Q_2$ = portate in m^3/sec
- p = peso percentuale da aggiungere a quello del corpo della tubazione per flange, giunti ecc.
- γ = peso specifico dell'acciaio = 7,8 t/m^3
- k = coefficiente di Chezy per le perdite di carico
- H = pressione di esercizio in m (ossia pressione idrostatica più sovrapressione accidentale)
- W_2 = costi annuali (spesa di ammortamento e manutenzione) di una tonnellata di acciaio in opera nelle tubazioni (quindi comprensivo oltre che del costo intrinseco, anche del montaggio, trasporto, degli ancoraggi, delle sistemazioni murarie inerenti ecc.).

Questa formola è di non comoda applicazione pratica per la difficoltà di valutare alcuni termini di essa. Va però notato che i valori

$$\frac{\eta_1\, \eta_2\, \eta_3\, \sigma}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)\gamma} \quad \text{e} \quad \frac{W_1\, (t_1 Q_1^3 + t_1 Q_2^3 ....)}{W_2}$$

variano di assai poco e allora, in base a numerose esperienze, l'autore ha potuto stabilire che la (1) può essere sostituita con sufficiente approssimazione dalla

$$d = \sqrt[7]{\frac{5.2\, Q^3}{H}} \qquad (2)$$

che vale per tutti i casi fino a un diametro massimo di m 3 e nella quale Q indica la portata massima della condotta. Va notato che nel tratto superiore della tubazione stessa, ossia laddove $H \leqq 100$ m, il diametro varia di poco in rapporto alla pressione.

Per tale tratto basta allora sostituire ad H il valore costante 100.

Quanto al termine H, che è dato dalla pressione idrostatica incrementato della sovrapressione accidentale, va notato che quest'ultima dipende dalle dimensioni della tubazione e dagli organi di chiusura. Per condotte lunghe e poco pendenti essa può diventare il 100 % della pressione statica effettiva, mentre nel caso di tubazioni brevi e molto ripide può ridursi al 10 % del suddetto valore. In prima approssimazione questa sovrapressione h' può essere valutata con la seguente espressione:

$$h' = 20 + 0{,}1\ h$$

dove h è la pressione idrostatica.

Il calcolo suddetto può ancora essere semplificato ricorrendo al grafico qui unito (fig. 2). Sia ad es. dato il profilo longitudinale schematico della condotta forzata (fig. 1). Converrà che le variazioni di diametro siano fatte laddove, per la natura stessa del profilo, si richiedono dei blocchi di ancoraggio. Allora

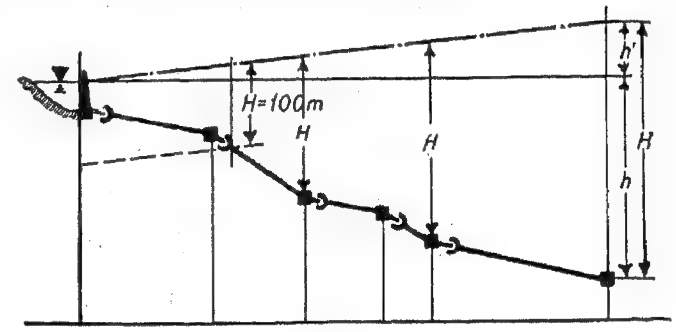


Fig. 1.

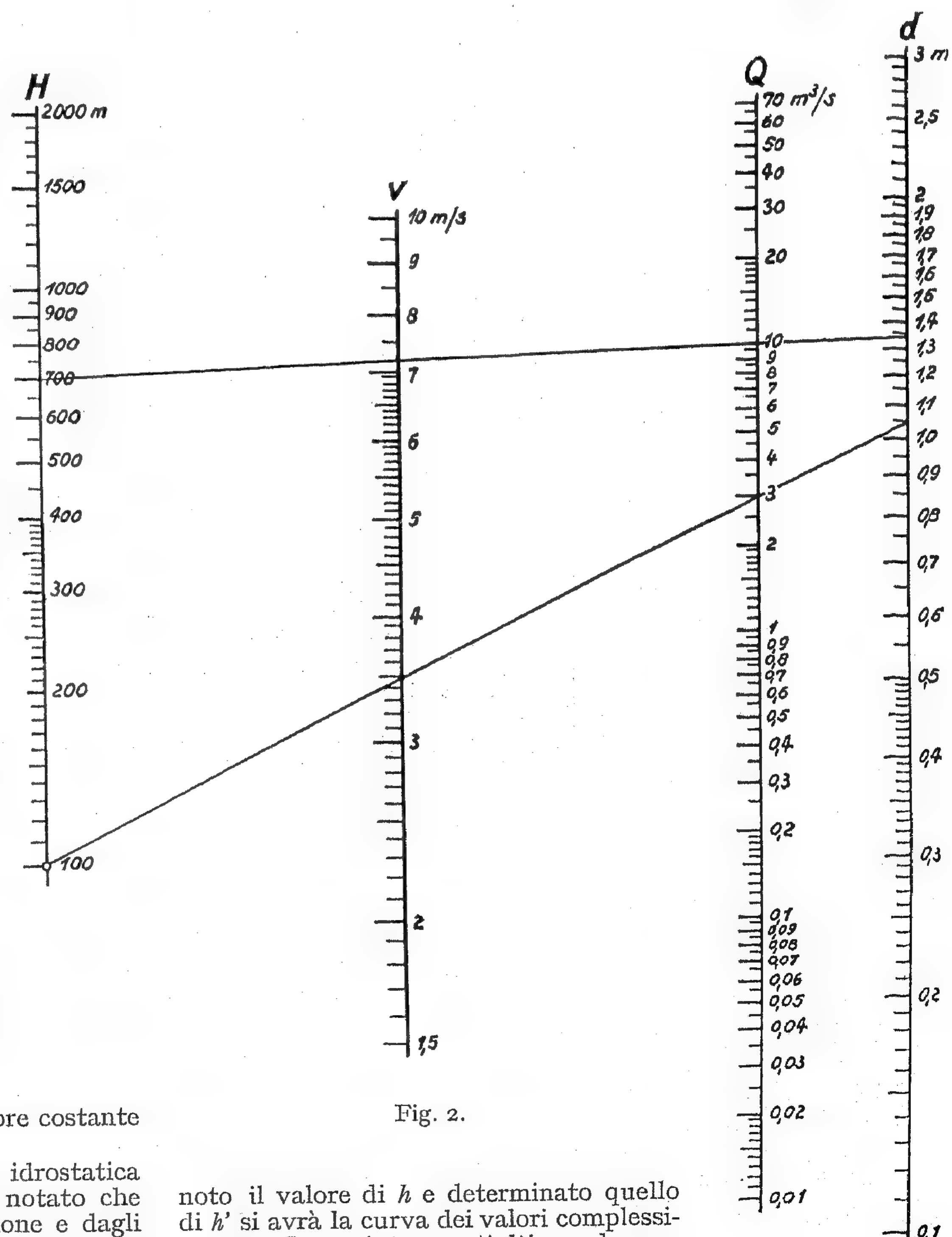


Fig. 2.

noto il valore di h e determinato quello di h' si avrà la curva dei valori complessivi di H. Conosciuto quest'ultimo e la por-

tata massima della tubazione, basterà collegare con una retta i valori corrispettivi sul nomogramma della fig. 2. Si intersecheranno così il valore di V e di d sulle corrispondenti scale. (Ad es. per $H = 700$ m e $Q = 10$ m³/sec si ha $V = 7{,}2$ m/sec e $d = 1{,}33$).

Invece per $H \leqq 100$ ossia, ad esempio per $H = 40$ m e $Q = 3$ m³/sec, si ha $V = 3{,}47$ m/sec, $d = 1{,}05$ m, (non convenendo, per quanto si è detto, assumere il valore reale di H inferiore a 100).

Quanto al valore di V si deve procurare di non assumerlo troppo elevato. Un limite superiore adottato in alcuni impianti ad alta pressione può essere considerato quello di 8 m/sec, ma in tale caso vanno evitate delle brusche variazioni di direzione e di diametro se non si vuole incorrere nel pericolo di eccessive perdite di carico.

G. R. M.

b)

CENTRALI AUTOMATICHE A PIU' GRUPPI E TURBINE A PIU' DISTRIBUTORI

Schweizerische Bauzeitung, 25 aprile 1931. – F. SALGAT.

Il presente studio si occupa di determinare il processo di regolazione automatica atto a dare il miglior rendimento di una turbina a più distributori o di un gruppo di più turbine col variare del carico. Questo procedimento serve pure a stabilire la marcia in parallelo di vari gruppi con una opportuna distribuzione del carico.

Il sistema può naturalmente estendersi anche a centrali sorvegliate ma soggette a forti variazioni di carico, come pure può servire per la regolazione di gruppi di pompe o per il governo di una batteria di caldaie a vapore.

CONSIDERAZIONI TEORICHE.

È notorio che il programma relativo alle operazioni che si svolgono in una centrale elettrica si impernia sui seguenti punti:

1°) Messa in marcia dei gruppi.
2°) Messa in parallelo dei gruppi.
3°) Sfruttamento razionale della caduta e delle portate.
4°) Distribuzione dei carichi sui vari gruppi.
5°) Arresto dei gruppi.
6°) Sicurezza del funzionamento.

Orbene il presente studio riguarda in modo speciale i punti 3° e 4°. A tale proposito cominciamo a notare che nel caso di due distributori identici di turbine idrauliche, il diagramma dei rendimenti (fig. 1) ha l'andamento della curva A per il caso di funzionamento di uno solo di essi e della curva B quando funzionano entrambi assieme. La linea in grassetto dà quindi il diagramma di miglior funzionamento che presenta in C un flesso. Questo punto singolare è quello in cui conviene che, per un aumento di carico, si passi dal funzionamento con un solo distributore a quello con due che dovranno allora avere entrambi una apertura pari a metà a_c (fig. 2). Nel caso di funzionamento automatico bisogna dunque che l'automatismo provveda a fare eseguire questa manovra quando il carico supera il valore di N_c (fig. 2) a farla eseguire in senso inverso quando da un valore maggiore il carico dovesse scendere al di sotto di N_c stesso. Ma v'è di più: poichè nel caso di funzionamento simultaneo di più gruppi può darsi che le curve di rendimento dell'uno differiscano da quelle degli altri, bisogna che l'apparecchio automatico tenga conto di questo fatto nella distribuzione dei carichi e faccia intervenire un certo numero di generatori o ne escluda un certo altro, in modo che ciascuno di essi si trovi sempre nelle condizioni di miglior rendimento.

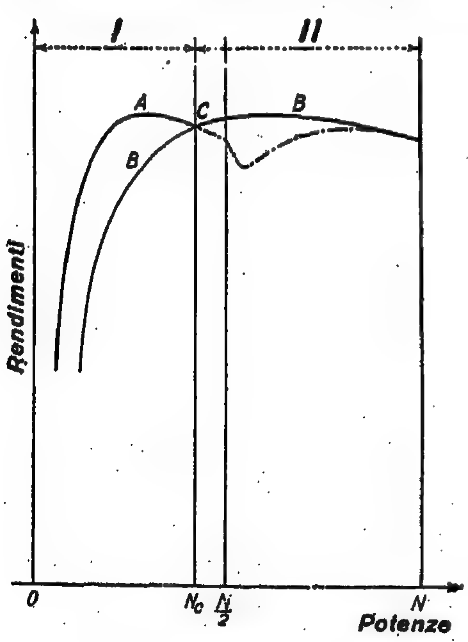


Fig. 1.

I – funzionamento con un distributore
B – » » due distributori.

Infine bisogna notare che siccome le variazioni del carico influiscono generalmente anche sulla velocità (frequenza dei gruppi) il comando automatico deve provvedere a regolare le distribuzioni dei carichi in modo che per la marcia in parallelo essi abbiano tutti una frequenza sincrona.

Riassumendo la regolazione automatica deve anzitutto bruscamente intervenire quando si supera per ciascun gruppo il carico N_c e farne intervenire un altro ed in secondo luogo deve agire in modo continuo sulla velocità in modo che la frequenza sia fissata in relazione all'apertura non di un singolo uggello ma bensì del loro complesso.

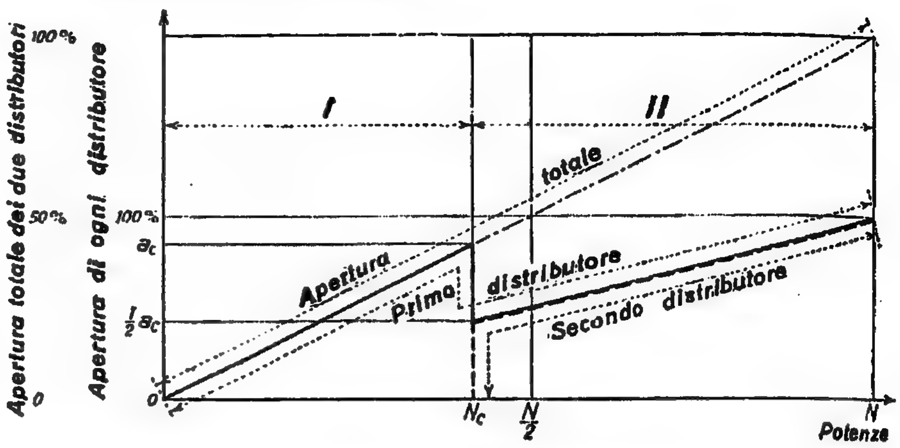


Fig. 2.

I – funzionamento con un distributore
II – » » due distributori.

ESEMPI DI APPLICAZIONE.

Consideriamo il caso di due sole turbine marcianti in parallelo (fig. 3). Il regolatore agisce direttamente sul servomotore 1 e indirettamente su quello 15. Un aumento di carico (diminuzione di velocità quindi) agisce sulla valvola 9 e immette l'olio in pressione nel servomotore 1 che apre il distributore della prima turbina. Contemporaneamente l'asta 2 si sposta e agisce sul comando 4 che però funziona a scatto (aperto o chiuso escluse le posizioni intermedie). Quando dunque il carico supera N_c allora il nottolino 3 sposta il pistone 4 in modo da aprire la valvola 11 (come è appunto segnato in figura). Ma intanto anche la leva 8 sarà arrivata in 8' rimettendo l'olio in pressione nel servomotore 15 che sposterà verso destra lo stantuffo 16 azionando così la seconda turbina. Siccome il servomotore 1 è praticamente gia aperto al massimo l'olio si scaricherà tutto in quello 16 che verrà così ad aprirsi ad una velocità circa doppia che non nel caso che l'olio dovesse ripartirsi su entrambi. Però essi verranno in breve ad assumere la stessa apertura essendo azionati dallo stesso olio in pressione. Dopo di che, si vede come il regolatore agisca contemporaneamente su entrambi i servomotori a mezzo del bilanciere 6 che li collega.

Per una diminuzione di carico succede il fenomeno inverso. Per evitare che parta prima sempre la stessa turbina, che finirebbe così a fare un numero eccessivo di ore di lavoro, esistono i rubinetti 13 e 14 che si comandano assieme a mezzo di una asta e che possono invertire a piacimento l'ordine di partenza dei gruppi.

Da alcuni diagrammi desunti dalla pratica si nota un complessivo risparmio del 5% di acqua adottando una regolazione di questo genere. Ciò vorrebbe dire che il rendimento del gruppo è effettivamente migliorato di altrettanto.

Logicamente si intende come questo sistema sia applicabile non solo al caso di turbine idrauliche ma bensì anche a motrici a vapore. Così pure è facile comprenderne l'estensione al caso

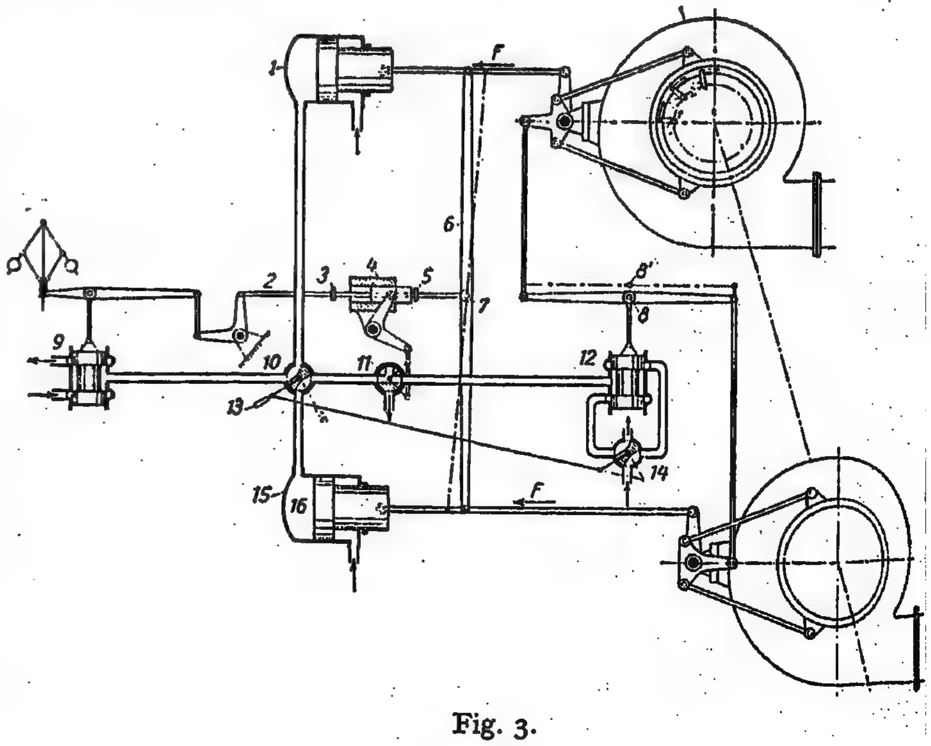


Fig. 3.

in cui il numero dei gruppi da governare fosse maggiore di due. Passiamo ora a descrivere un altro esempio e precisamente quello relativo ad una centrale automatica a due gruppi con un regolatore che limiti l'apertura massima dell'erogazione alla portata disponibile.

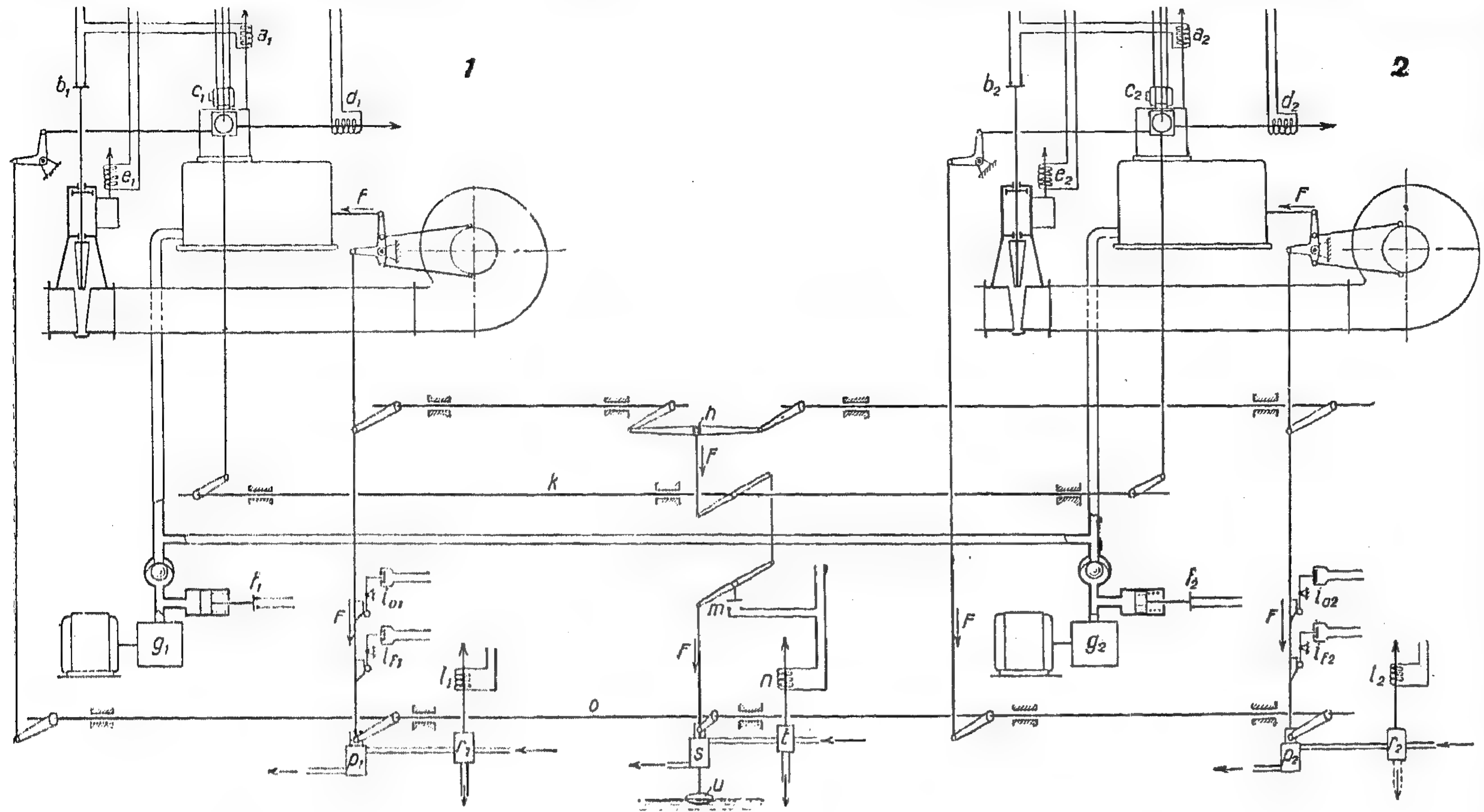


Fig. 4.

Lo schema della fig. 4 rappresenta due gruppi turbina-alternatore, muniti di regolatore automatico di velocità a servomotore a pressione d'olio le cui pompe sono comandate da motori elettrici. Il regolatore di efflusso è schematicamente indicato come un galleggiante posto sul livello dell'acqua a monte dei gruppi. Le turbine sono del tipo Francis a spirale alimentate da una condotta governata da valvole comandate elettromagneticamente. Indicheremo con delle frecce e colla lettera F il senso di chiusura dei gruppi e con gli indici 1 e 2 rispettivamente gli organi relativi alla prima o alla seconda turbina.

Supponiamo che sia in marcia il gruppo 1 e che avvenga un aumento di carico. In tal caso il contatto i_{01} mette in azione la pompa d'olio g_2 del servomotore del 2° gruppo che è quindi pronto a funzionare (il servomotore era però già sotto pressione a mezzo di un collegamento che lo riunisce a quello del primo gruppo). L'olio in pressione chiude allora il contatto f_2 che apre a mezzo della elettrocalamita e_2, la valvola di efflusso dell'acqua. Quest'ultima, ad una certa posizione di sufficiente apertura, chiude il contatto b_2 che agendo su a_2 apre il regolatore della turbina. Siccome l'acqua è già in arrivo con sufficiente portata per la preventiva apertura abbondante della valvola, si evitano così i fenomeni di cavitazione dovuti alla insufficiente alimentazione iniziale.

Appena la turbina è in moto, il regolatore agendo sul motorino c_2 la porterà alla velocità di regime e allora interverrà senz'altro l'apparecchiatura per la esecuzione del parallelo automatico. Va notato che il regolatore agisce però anche sull'albero o e che questo, in seguito all'azione di un servomotore p_1 alimentato da l_1 si collega rigidamente al servomotore del primo gruppo. Allora interviene l'elettromagnete d_1 che sgancia il limitatore di apertura del primo gruppo e l'albero o può comandare il limitatore del secondo gruppo.

Man mano che si accentua l'apertura del regolatore del 2° gruppo, questo agisce su h che sposta k, provocando una parziale chiusura del 1° gruppo. Quest'ultimo a sua volta agirà pure su h finchè tra i due gruppi si sia stabilito un equilibrio preciso del carico.

Se ora intervenisse una riduzione di carico i relais i_{01} e i_{f_1} si aprirebbero e gli elettromagneti a_2 ed e_2 chiuderebbero rispettivamente il regolatore e la valvola di presa.

Ma v'è un'altra particolarità in questo sistema automatico di regolazione e precisamente quello relativo alla disponibilità della portata. Infatti l'albero k misura la potenza complessiva dei due gruppi e il galleggiante u controlla la disponibilità di acqua a monte. Questi due organi sono collegati con un bilancere differenziale che può chiudere il contatto m quando scema la disponibilità rispetto al carico richiesto. Allora n agisce su t che manda l'olio nel servomotore S. Questo collega l'albero o col regolatore di livello ed

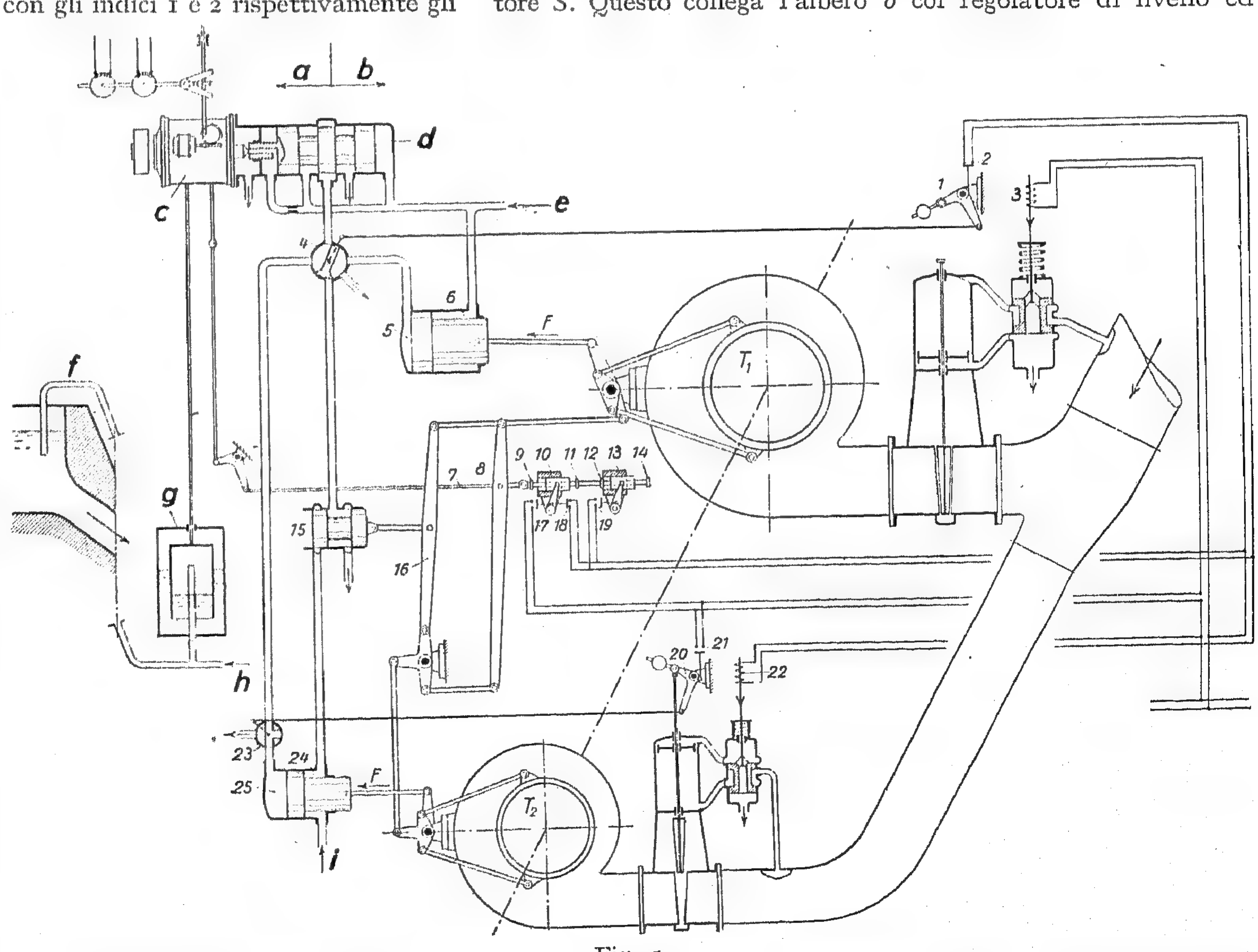


Fig. 5.

a – aumento di velocità; *b* – diminuzione di velocita; *c* – regolatore; *d* – valvole di distribuzione; *e* – olio in pressione; *f* – presa d'acqua; *g* – regolatore; *h* – arrivo aria compressa; *i* – arrivo aria compressa

esclude quello p_1. Con ciò i due gruppi marciano sotto il governo del galleggiante u che limita l'apertura del regolatore. Però al di sotto del carico tollerato da u la regolazione è naturalmente sempre affidata al comando del tachimetro.

Come esempio di centrale automatica funzionante con uno schema del tipo descritto si può citare quella di Boujean di Bienne. La centrale utilizza un salto di m 55,55 con due turbine Francis di 315 e 733 HP e 1000 giri (consumo 550 e 1250 l/sec rispettivamente) accoppiate ad un unico alternatore. La potenza delle turbine è stata scelta disimmetrica in modo da avere un rendimento superiore all'82% per ogni sfruttamento compreso tra i 1800 e 700 l/sec. Il funzionamento del gruppo può avvenire in tre modi differenti: o colla turbina più piccola da sola, o colla più grossa da sola o infine con entrambe contemporaneamente. L'alimentazione avviene a mezzo di una deviazione che termina in una camera di carico dalla quale si dipartono le condotte governate da valvole comandate elettromeccanicamente. Il comando automatico della velocità è munito di un regolatore accelero-tachimetrico ed è azionato da un motore elettrico. Lo stesso apparecchio è poi munito di un limitatore in funzione del livello dell'acqua nella vasca di carico con comando rinviato pneumaticamente.

In questo schema (fig. 5) quando funziona la sola turbina piccola, i contatti a spostamento a scatto 10 e 13 sono a destra e il solo contatto 18 è chiuso; la leva 1 è abbassata, il contatto 2 è chiuso e il rubinetto 4 è come in figura. Inoltre il regolatore della T_1 è pure chiuso poichè la camera 5 del servomotore può scaricare liberamente.

Se aumenta il carico in modo da richiedere l'intervento della turbina grande e l'esclusione della piccola, allora l'equipaggio mobile 10 si sposta a sinistra si chiude il contatto 17 e l'elettrocalamita 3 apre la saracinesca della T_1. Ad apertura sufficiente di questa ultima, viene da essa alzata la leva 1, e rotato di 90° nel senso antiorario il rubinetto 4. Contemporaneamente il contatto 2 che alimenta l'elettrocalamita 22 viene aperto e conseguentemente viene interrotto il funzionamento del gruppo T_2 mentre il servomotore 6 apre il regolatore del gruppo T_1. Dopo di che il movimento di chiusura della saracinesca della T_1 abbassa pure la leva 20, che sposta il rubinetto 23 e quest'ultimo chiude il regolatore della T_2 stessa.

Infine se la potenza richiesta dalla centrale è tale da necessitare il parallelo dei due gruppi, allora il nottolino 14 spinge a sinistra l'equipaggio mobile 13 e chiude il contatto 19 che aziona l'elettrocalamita 22. Conseguentemente si apre la saracinesca della T_2 che, a sufficiente apertura, solleva la leva 20 e apre il contatto 21. Allora il rubinetto 23 ritorna nella posizione della fig. 5, con che il servomotore della turbina T_2 resta collegato al distributore ausiliario 15 e la T_2 stessa entra in funzione.

Una diminuzione di carico provoca le identiche operazioni descritte ma in senso inverso e successivo.

Come si vede si tratta di un complesso non faraginoso e in compenso molto sensibile e pronto. Se i gruppi da comandare fossero di potenza rilevante, al posto di un regolatore con due servomotori si istallerebbe un regolatore ordinario collegato ad una sola turbina e lo si accoppierebbe con un servomotore ausiliario presso l'altra e ciò naturalmente per evitare un regolatore unico troppo voluminoso.

Una centrale del genere di notevole importanza è quella di Neto della Società per le forze Idrauliche della Sila avente due gruppi da 23 000 HP ciascuno utilizzante un salto di 135 m.

G. R. M.

---

c) **LA MISURA DELL'ANGOLO DI CARICO NELLE MACCHINE SINCRONE**

J. I. E. E., Londra, febbraio 1931. – J. C. PRESCOTT e E. W. CONNON.

L'angolo di carico di un alternatore è definito dallo spostamento angolare esistente fra il campo magnetico del rotore e il campo prodotto dalle correnti nello statore quando la macchina funziona sotto carico, dal valore di tale angolo dipende la stabilità di funzionamento dell'alternatore sotto carico. Per la misura dell'angolo di carico è stato studiato dagli AA. un sistema che è un'applicazione dello stroboscopio.

In derivazione sulla linea che alimenta la macchina sincrona si inserisce il primario di un trasformatore T avente il rapporto di 60 a 1 (fig. 1); sul primario è collegata in serie una forte reattanza D che ha lo scopo di assicurare alla corrente di magnetizzazione una forma sinusoidale, la tensione realmente applicata al primario risulta pertanto uan frazione molto piccola della tensione di linea. Il secondario del trasformatore fa capo ad uno spinterometro C attraverso ad una resistenza R di protezione, del valore di 2 megohm; il nucleo del trasformatore funziona con un valore dell'induzione molto elevato, cosicchè la forma d'onda della curva di tensione al secondario presenta un valore massimo alto e di breve durata rispetto al periodo proprio della C. A. circolante negli avvolgimenti. La scintilla che si produce allo spinterometro ad ogni mezzo periodo è

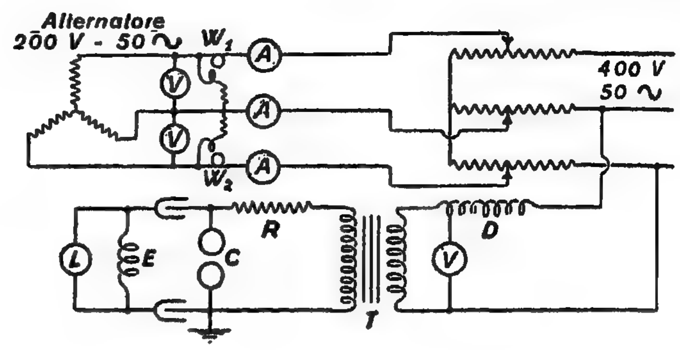


Fig. 1.

perciò di brevissima durata; in derivazione fra le sfere si pone una lampada al neon con l'interposizione di due condensatori, la lampada si accende soltanto quando avviene la scarica allo spinterometro e lo sprazzo di luce che da essa emana è praticamente istantaneo, una reattanza E messa in parallelo con la lampada impedisce a questa di mantenersi accesa dopo che i condensatori si sono scaricati. Sopra un disco fissato al rotore si pratica un segno bianco molto sottile e fra il disco e la lampada si dispone una scala circolare di riferimento: se il carico del motore sincrono si mantiene costante, la riga bianca appare sulla scala sempre nello stesso posto. Per misurare l'angolo di carico basta fissare sulla scala la posizione del segno bianco in corrispondenza del carico nullo sull'albero del motore e rilevare di quanti gradi si sposta quando si applica il carico.

La conoscenza dell'angolo di fase può servire per dedurre l'entità del campo demagnetizzante e di quello disperso a condizione che l'eccitazione della macchina sia mantenuta costante e che la tensione ai morsetti lo sia pure (si suppone che il motore sincrono sia in parallelo su una rete di distribuzione a tensione costante). Questi due campi sono: il primo in fase con il flusso del rotore ed il secondo in quadratura, essi producono delle f.e.m. che sommate algebricamente col flusso principale devono dare la tensione applicata all'alternatore. Col metodo stroboscopico ora descritto si misura quindi lo spostamento angolare fra la tensione ai morsetti del motore sincrono e il flusso magnetico del rotore; conoscendo il fattore di potenza della corrente assorbita si può poi anche calcolare lo spostamento angolare fra questa e il flusso del rotore. La trattazione teorica di questo problema risulta complicata dalla presenza di armoniche nelle onde di tensione e specialmente di un'armonica di terzo ordine che negli alternatori trifasi è sempre presente nell'onda che rappresenta il flusso disperso.

L'applicazione pratica di questo metodo è stata fatta su tre motori sincroni aventi una potenza rispettivamente di 7 di 17 e di 30 kVA funzionanti ad una tensione di 200 V ed alla frequenza di 50 periodi; i primi due erano a 4 poli e il terzo ad 8 poli. L'angolo di carico è risultato prossimamente proporzionale al carico sull'albero in kW; i motori di potenza più piccola presentano sempre un angolo di carico più elevato di quelli di potenza maggiore, ad es. nel motore di 7 kVA a pieno carico l'angolo di carico è stato di 0,8 radianti mentre nel motore di 30 kVA è stato di 0,25 radianti elettrici. In tutte le macchine l'angolo di carico cresce col diminuire della corrente di eccitazione del rotore.

Un'altra serie di prove venne eseguita per stabilire la relazione che esisteva fra la potenza sincronizzante riferita al radiante ed il fattore di potenza a carico costante. Il carico era dato da una dinamo accoppiata al motore sincrono, l'eccitazione di questo veniva regolata in modo da ridurre al minimo la corrente assorbita a vuoto (la f.e.m. del motore risulta allora eguale alla tensione applicata). I risultati non sono stati molto soddisfacenti perchè la tensione della rete non era costante e le variazioni influivano sensibilmente tanto sul fattore di potenza che sull'angolo di carico.

Gli AA. riportano alcuni dettagli tecnici sugli apparecchi adoperati in queste ricerche, in particolare l'errore assoluto nella misura dell'angolo si può valutare a 0,01 radianti.

I. L.

d) **CALCOLO ANALITICO DELLA CURVA DI CORRENTE IN FUNZIONE DEL TEMPO, E DELLA CORRENTE LIMITE**

E. T. Z., n. 2, 8 gennaio 1931. – H. VOLLHARDT.

L'A. mostra come dalla curva di riscaldamento di un conduttore si può determinare la funzione $I = f(t)$. Questa, come è noto, ha notevole importanza in molte misure elettriche, specialmente quando si vuole stabilire per quanto tempo si può sovraccaricare un conduttore o una resistenza, quando non si debba superare una data temperatura. Inoltre tale funzione interessa per tutte le protezioni, poichè con essa si determina il tempo dopo il quale, per una data intensità di corrente, la protezione funziona. Speciale importanza ha poi la corrente limite, cioè la corrente massima alla quale la valvola non fonde ancora. La funzione $I = f(t)$ tende per $t = \infty$ ad un valore limite che è quello della corrente limite.

Esperienze eseguite nel laboratorio della BEWAG di Berlino da un lato avevano per iscopo la determinazione delle curve di fusione per le valvole, dall'altro dovevano permettere di stabilire se condutture eseguite secondo le Norme si riscaldassero, entro il termine di tempo prescritto per il funzionamento dei fusibili, oltre il valore ammesso di 45° C.

L'A. considera prima il caso in cui $I^2 R =$ cost, il che vale per i materiali che servono per le resistenze, cioè:

$$R_\theta = R_0$$

In generale si può dire che il calore accumulato in un corpo per l'aumento $d\theta$ di temperatura, $G\,c\,d\,\theta$, è eguale alla quantità di calore sviluppata nel tempuscolo dt (Qdt) diminuita della quantità di calore irradiata dalla superficie del corpo ($A\,\mu\,\theta\,dt$), ossia

$$G\,c\,d\,\theta = Q\,dt - A\,\mu\,\theta\,dt \qquad (1)$$

Ponendo $A\,\mu = K$ e $G\,c = C$: inoltre per esercizio stazionario essendo $d\,\theta/d\,t = 0$, la sovratemperatura stazionaria è:

$$\theta_m = \frac{Q}{K} = \frac{I^2 R_0}{K}\,; \qquad (2)$$

essendo $T = \frac{C}{K}$ la risoluzione della (1) dà:

$$\theta = \theta_m \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) \qquad (3)$$

dove la temperatura iniziale è stata posta uguale a 0.

Sono per altro funzioni esponenziali pure solo quelle curve di riscaldamento, le cui sovratemperature stazionarie sono al disotto di 200°. Una, o meglio due o tre di tali curve vengono determinate sperimentalmente con corrente costante e così viene determinata, tracciando la retta $d\,\theta/d\,t = f(\theta)$, la sovratemperatura stazionaria e il tempo $T = h$ ctg ε, dove h è la scala delle ascisse scelta per il calcolo grafico. Se si disegna coll'aiuto delle sovratemperature misurate sotto 200°, la curva $\theta_m = f(Q) = f(I^2 R_0)$, che è una retta, e se si leggono da essa, per un dato Q, vari valori di θ_m, essi corrispondono esattamente a quelli dell'equazione di riscaldamento. Se poi si sostituisce la (2) nella (3) e si risolve rispetto a I si ha:

$$I = \frac{\sqrt{\frac{K\,\theta}{R_0}}}{\sqrt{1 - e^{-\frac{t}{T}}}} \qquad (4)$$

dove

$$K = \frac{m_1}{n_1} \operatorname{ctg} \beta$$

essendo m_1 la scala delle ascisse, in W/cm e n_1 la scala delle ordinate in 0 C/cm.

Se nella (4) si fa $t = \infty$, il denominatore si avvicina al valore 1 e si ha la corrente limite:

$$I_g = \sqrt{\frac{K}{R_0}}\sqrt{\theta} \qquad (5)$$

e poichè per lo stesso conduttore $\sqrt{\frac{K}{R_0}}$ è costante, la curva cresce secondo una parabola. Se nelle (4) e (5) si pone per θ le temperature di fusione del conduttore, si ottengono le curve di fusione e il minimo valore dell'intensità di corrente di fusione.

Si consideri ora il caso di

$$R_\theta = R_0\,(1 + \alpha\,\theta)$$

Questo caso si presenta sovente in pratica, perchè più spesso si tratta di condutture, la cui resistenza cresce colla temperatura. Anche qui la curva temperatura-tempo ha un andamento esponenziale ed ha la stessa forma della (3), però il tempo è dato da

$$T = \frac{C}{K - I^2 R_0\,\alpha} \qquad (6)$$

cioè qui T non è più costante, ma varia col carico. Anche qui si ha:

$$\theta_m = \frac{I^2 R_m}{K} = f(I^2 R_m) \qquad (7)$$

Il valore della corrente limite è dato da:

$$I_g = \sqrt{\frac{K}{R_0}}\sqrt{\frac{\theta}{1 + \alpha\,\theta}} \qquad (8)$$

Il confronto fra la (8) e la (5) mostra che in relazione all'aumento della resistenza colla temperatura, invece di R_0 si deve introdurre l'aumentato valore della resistenza $R_0\,(1 + \alpha\,\theta)$.

L'A. chiude il suo studio con un esempio numerico.

T. S.

UN METODO PER LA MISURA DELLE PERDITE NEL FERRO PER CIRCUITI AD ALTA FREQUENZA (e

E.T.Z., 12 febbraio 1931. – P. GLEBOW.

È notorio che la determinazione delle perdite di isteresi nel ferro è possibile mediante l'impiego del wattmetro solo nel caso delle frequenze industriali oppure, accontentandosi di una precisione relativa, fino ad una frequenza massima di 7000 periodi. Sorpassando tale limite i dati risultano incerti, poichè le misure wattmetriche dipendono dal valore della stessa frequenza, e rendono pertanto impossibile con tale sistema la estensione delle indagini su limiti estesi di frequenze, come appunto accade nel caso dei circuiti oscillanti. Anche le prove calorimetriche richiedono speciali precauzioni ed accorgimenti che non sempre risultano di facile realizzazione.

Lo Schmidt aveva già indicato a tale proposito e da lungo tempo, un procedimento di misura, che però è rimasto quasi sconosciuto e che, nel suo complesso, ricorda assai da vicino quello wattmetrico.

Detta I la corrente totale circolante nelle spire,
I_μ la componente reattiva o di magnetizzazione,
I_V quella in fase colla tensione (che nel nostro caso è quella che viene dissipata sotto forma di perdite) e
U la tensione della corrente applicata

sarà

$$I_V = \sqrt{I^2 - I_\mu^2} \qquad (1)$$

Quanto alla misura della corrente totale I non esiste alcuna difficoltà. Il problema si riduce quindi alla determinazione di I_N. Orbene lo Schmidt ammette che detta componente sia indipendente dalla frequenza e a tale proposito si vedrà in seguito la attendibilità della ipotesi ed il suo limite di validità.

Accettando per ora questo presupposto, per la misura di I_N basterà ricordare che è genericamente

$$U = 4{,}44\, f\, w\, \Phi\, 10^{-8} \qquad (2)$$

Adotteremo il simbolo N per una corrente ausiliaria di frequenza normale e H per la corrente in esame ad alta frequenza. Sarà allora, per una stessa induzione (ossia per $\Phi =$ cost)

$$\frac{U_H}{U_N} = \frac{f_H}{f_N} \qquad (3)$$

Si potrà così determinare il valore U_V di questa corrente ausiliaria che ci servirà per trovare il valore di I_N. Applicando infatti una corrente di frequenza f_N e di tensione U_V all'avvolgimento del circuito in esame, potremo determinare con tutta facilità il valore delle perdite V_N a mezzo di un wattmetro. Dopo di che si ricaverà senz'altro la corrispondente corrente non sfasata

$$I_{VN} = \frac{V_N}{U_N} \qquad (4)$$

Per quanto precede sarà allora

$$I_\mu = \sqrt{I_N^2 - I_{VN}^2} \qquad (5)$$

e in definitiva le perdite nel ferro che ci proponevamo di cercare, risulteranno

$$V_H = U_H \, I_{VH}$$

Volendo ottenere tutta la caratteristica delle perdite nel ferro di un circuito sarà naturalmente bene ricorrere a diagrammi.

Una prima obbiezione al metodo sta nel fatto che il coefficiente 4,44 della (2) vale solo nel caso di alternanze sinusoidali delle tensioni.

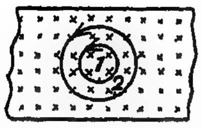


Fig. 1. - Sezione di un pezzo di lamierino.

Praticamente però lo deviazioni sono in generale così piccole da non infirmare la bontà metodo stesso.

Un'altra osservazione è la seguente: Si consideri un lamierino sezionato (fig. 1) nel quale ad esempio si supponga che il flusso sia diretto verticalmente al disegno e in modo da attraversarlo entrando dalla facciata anteriore per uscirne dalla posteriore. Le variazioni di flusso creeranno delle correnti parassite che, secondo la legge di Lenz, si opporranno al flusso che le ha generate. Nel caso della fig. 1 le correnti indicate sono ridotte per semplicità a due sole e il loro andamento è tale da corrispondere ad una variazione $\Delta \Phi$ crescente.

Allora la parte di flusso che trovasi entro il circoletto 1 risente dell'azione dei circuiti di corrente 1 e 2, mentre quella che trovasi entro i circoletti 1 e 2 risente della sola azione del circuito 2. Al di fuori del circoletto 2 il flusso non è influenzato da alcuna delle correnti parassite. Ciò vuol dire, in altre parole, che il flusso viene indebolito al massimo nella parte centrale del lamierino con un andamento che ricorda da vicino la ineguale distribuzione della corrente nella sezione di un conduttore massiccio.

Quindi per uno stesso numero di Ampèrespire, ma per differenti frequenze, la saturazione magnetica del ferro avrà dei valori differenti e, precisamente, sarà tale che coll'aumentare di detta frequenza diminuirà la tensione indotta, che è proporzionale al flusso. Come conseguenza immediata di quanto è stato esposto avremo che, impiegando il metodo Schmidt e sostituendo quindi alle alte frequenze, una corrente ausiliaria a frequenza normale, si corre il rischio di valutare delle correnti parassite in eccesso.

W. Wolmann ha eseguito delle ricerche quantitative in proposito stabilendo che tale errore è trascurabile finchè si rimane al di sotto di una frequenza limite

$$f_g = \frac{\rho \, 10^7}{\pi^2 \, d^2 \mu_0}$$

dove ρ = resistenza specifica del lamierino in Ω mm²/m,
d = spessore del lamierino in mm,
μ_0 = permeabilità (per lo stesso numero di Ampèrespire sia per l'alta che per la bassa frequenza) per cui nel lamierino non si abbia ancora praticamente alcuna disuguale distribuzione del flusso. Da qui si vede come l'impiego di lamierini a forte spessore nel caso di alte frequenze, risulti nocivo non solo per le perdite dovute alle correnti parassite, ma altresì per il fatto che in tal caso si ha una attenuazione tale del flusso da rendere praticamente inutile la presenza del nucleo di ferro.

Da quanto precede risulta che nel caso che le caratteristiche dei lamierini siano tali da superare la frequenza limite stabilita da Wolmann, il metodo Schmidt non può dare che un valore approssimato per eccesso, spesso però sufficiente per i bisogni pratici.

L'articolo originale porta numerose esperienze di confronto eseguite in proposito e che confermano una buona coincidenza dei dati ottenuti col metodo Schmidt rispetto al metodo calorimetrico. Il primo sistema ha tuttavia il vantaggio di non richiedere tutte le precauzioni che necessitano nel secondo, senza contare che quest'ultimo può portare, in alcuni casi a dei valori errati per difetto.

G. R. M.

f) ARMONICHE SUPERIORI NELLE CORRENTI PRIMARIE DI IMPIANTI DI RADDRIZZATORI

E. T. Z., n. 6, 5 febbraio 1931. – H. JUNGMICHL.

La questione delle armoniche superiori sul lato corrente continua degli impianti di raddrizzatori è stato già ripetutamente studiato e l'A. si limita a ricordare la formula che consente di determinare il valore effettivo di un'armonica superiore in percento della tensione continua media, mentre dà in una tabella i valori delle tensioni delle armoniche superiori.

Scopo del suo studio è invece principalmente quello di esaminare quali armoniche superiori si verificano nelle correnti primarie di impianti di raddrizzatori. L'A. considera prima il caso dei circuiti trifasi: la forma della curva della corrente primaria di un raddrizzatore in generale si scosta notevolmente dalla sinusoide e dipende dal tipo di collegamento del trasformatore principale. Da un esame delle curve della corrente primaria e delle relative armoniche si vede che mancano solo la terza armonica e le sue multiple: le diverse armoniche hanno fase diversa rispetto alla corrente principale. Si deve poi ricordare che per un dato tipo di collegamento trifase sono possibili due modi di esecuzione dello stesso, i quali si differenziano per il fatto che le tensioni secondarie hanno in un caso fasi opposte di quelle che hanno nell'altro. In ambedue i casi la corrente principale e le armoniche dispari delle correnti primarie sono in fase e le armoniche pari in opposizione di fase.

Per stabilire esattamente l'effetto delle armoniche della corrente primaria bisogna tenere presente che solo la corrente fondamentale può dare alla tensione una potenza. Perciò le armoniche non influenzano in modo sensibile il rendimento dell'impianto: esse determinano per altro un aumento del valore effettivo della corrente e perciò un peggioramento del fattore di potenza sul primario. Con alimentazione esafase le condizioni sono pressochè analoghe: si devono però distinguere due diversi tipi di collegamento: 1°) quello senza divisione di corrente, caratterizzato dal fatto che successivamente resta acceso un solo anodo, in modo che la corrente continua complessiva durante un sesto di periodo viene prelevata da un'unica fase secondaria del trasformatore; 2°) quello con divisione di corrente, nel quale sono sempre accesi due anodi, in modo che le singole fasi secondarie durante un terzo di periodo sono caricate con metà corrente. Da una curva delle armoniche si vede che mancano quelle di ordine pari: inoltre mancano le terze armoniche e le loro multiple.

Circa l'influsso della bobina di reattanza, posta nel lato corrente continua del raddrizzatore, sulle armoniche delle correnti primarie, l'A. studia il caso limite di una bobina di grandezza infinita. In tal caso le correnti primarie assumono forma rettangolare. I numeri d'ordine e la situazione delle fasi delle armoniche non vengono variate, però l'ampiezza delle armoniche sì. Le singole armoniche nelle correnti primarie sono inversamente proporzionali alla loro frequenza.

Riassumendo, si può dire che ad un'armonica di un dato ordine, ad esempio 6 nella corrente continua, corrispondono due armoniche dell'ordine immediatamente superiore e inferiore, per esempio 5 e 7 nelle correnti primarie.

Nel funzionamento in parallelo di impianti di raddrizzatori interessa il comportamento delle armoniche da un lato nella rete a corrente continua, dall'altro nella rete a corrente alternata. Circa le armoniche si verificano in entrambe le reti alcune concordanze che vengono meglio illustrate con esempi.

L'A. considera dapprima due impianti di raddrizzatori trifasi della stessa potenza che sul lato corrente continua lavorano in parallelo e sul lato corrente alternata vengono alimentati dalla stessa rete. Se i due impianti appartengono allo stesso gruppo di collegamenti, le armoniche di entrambi gli impianti sono in fase tanto sulla corrente alternata che continua.

Diversamente vanno invece le cose se un impianto appartiene a un gruppo di collegamenti e l'altro a un altro. In tale caso l'armonica I_3 sul lato corrente continua di un raddrizzatore è in opposizione di fase a quella dell'altro raddrizzatore. Si forma perciò una corrente di compensazione di frequenza tripla di quella della rete sulle sbarre che uniscono i due raddrizzatori. Analoghe sono le condizioni sul lato corrente alternata. Questo è specialmente interessante quando, avuto riguardo alle possibilità di disturbi sulle vicine linee a correnti deboli, si vogliono mantenere piccole le armoniche sul lato corrente continua senza usare apparecchi costosi. Bisogna però che i due impianti siano vicini in modo che le correnti di compensazione non diano disturbi nelle sbarre.

T. S.

PROVE DI FLESSIONE SU PALI A TRALICCIO SALDATI

Die Bautechnik, 3 aprile 1931. – A. HAIDER.

Le prove vennero eseguite su cinque tipi di pali saldati e vennero ripetute su altri tre di identica fattura ma chiodati. La distinta dei pali cimentati è nella tabella della pagina seguente.

Va subito notato che il collegamento dei montanti secondo la fig. 6 è stato consigliato da una ditta specializzata in lavori di saldature. La fig. 8 invece rappresenta il solito tipo a coprigiunto.

I tralicci dei pali N. 6 e 7 sono fissati come nella fig. 7 per ricoprimento, invece quelli del palo 8 sono saldati ai montanti per semplice contatto come nella fig. 9.

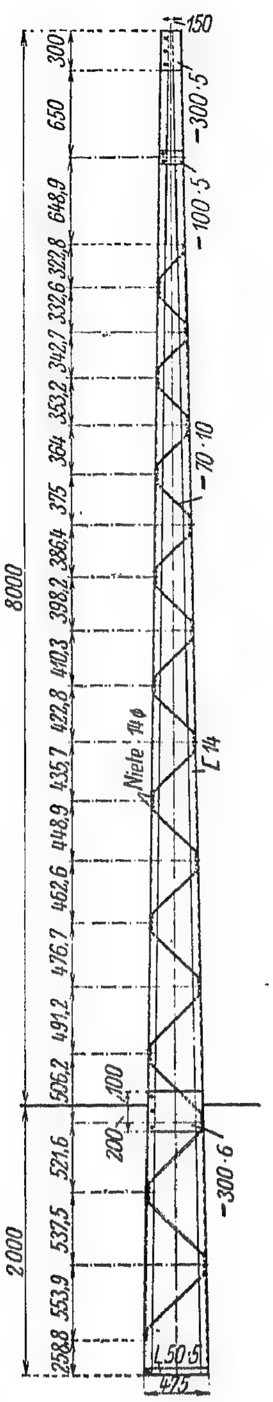


Fig. 1.

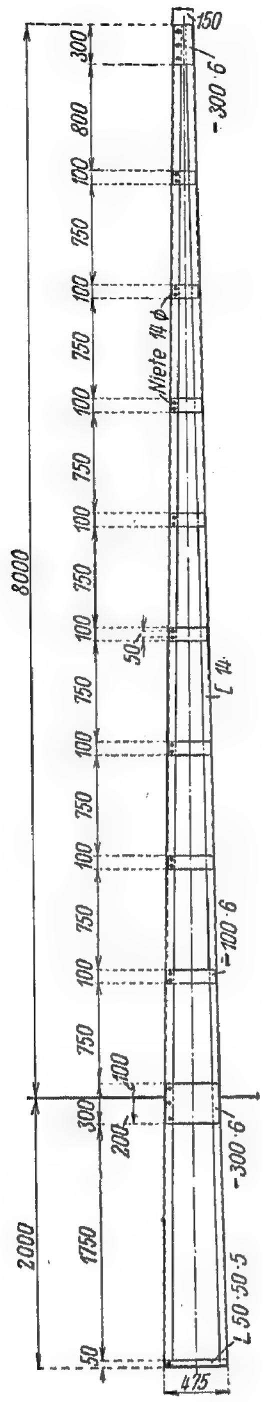


Fig. 3.

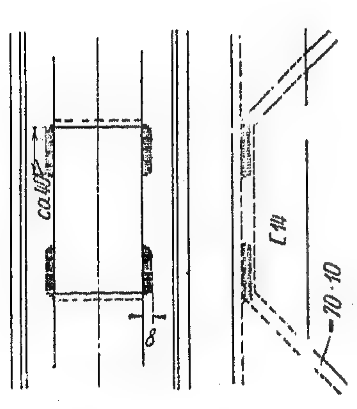


Fig. 2.

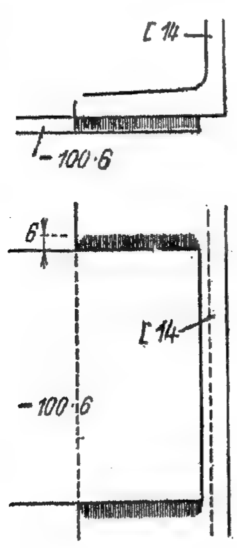


Fig. 4.

Prima di procedere nella descrizione delle prove di sollecitazione cui furono sottoposti i vari pali, è bene notare che le operazioni di saldatura furono eseguite da operai di indubbia abilità, ma non da specialisti, onde potersi avvicinare in certo qual modo al tipo di costruzione industrialmente corrente.

I pali, opportunamente amarrati in blocchi di fondazione, furono sottoposti a prove di tiro orizzontale con carico applicato in testa al palo stesso. Quelli a sezione quadrata furono poi anche sollecitati a torsione.

Il risultato delle prove fu il seguente:

Per il palo N. 1: carico di sfibramento di kg 2160 corrispondente a 2,7 volte il carico ammissibile. Prima della rottura

Numero del palo	Carico orizzontale in testa al palo	Lunghezza fuori terra	Lunghezza nella fondazione	Tipo di palo	
1	800	8,00	2,00	chiodato	Montanti a [con tralicci di piattina (fig. 1)
2	»	»	»	saldato	Montanti a [con tralicci di piattina (fig. 1 e 2).
3	»	»	»	chiodato	Montanti a [con tralicci di piattina (fig. 3)
4	»	»	»	saldato	Montanti a [con tralicci di piattina (fig. 3 e 4)
5	2 500	11,00	2,00	chiodato	Traliccio a sez. quadr. (fig. 5)
6	»	»	»	saldato	Traliccio a sezione quadrata come da fig. 5 con giunti ai montanti secondo fig. 6 e collegamento dei tralicci secondo fig. 7
7	»	»	»	»	Idem, come da fig. 5 con giunti ai montanti secondo fig. 8 e collegamento dei tralicci secondo fig. 7
8	»	»	»	»	Idem secondo fig. 5.

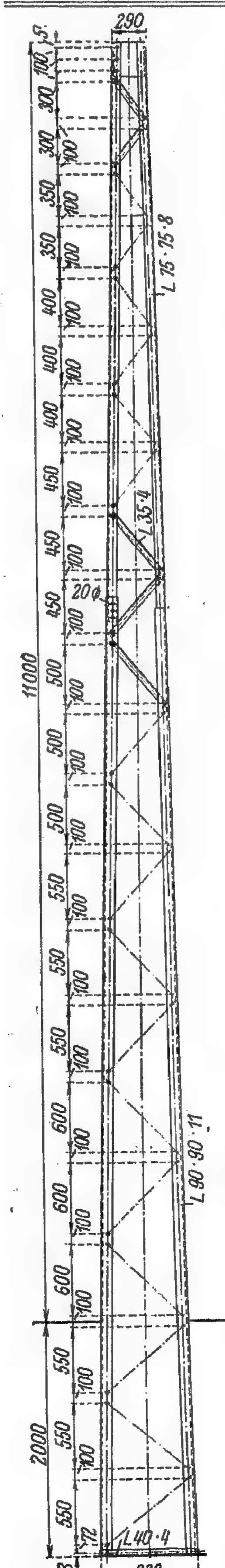


Fig. 5.

il palo si distorse e la deformazione permanente si verificò a 2 m dalla fondazione

Per il palo N. 2: il carico di sfibramento di kg 2340 corrispose a 2,9 volte il carico di sicurezza. Si presentarono gli stessi fenomeni del palo N. 1 con nessuna lesione alle saldature.

Per i pali N. 3 e 4: il carico di sfibramento fu di kg 1800 pari a 2,25 volte quello ammesso. La lesione si manifesta in entrambi i casi a m 1,50 dalla fondazione per deformazione dei ferri piatti che fungono da traliccio e il cedimento è preceduto da una distorsione del palo stesso. Nessuna lesione alle saldature.

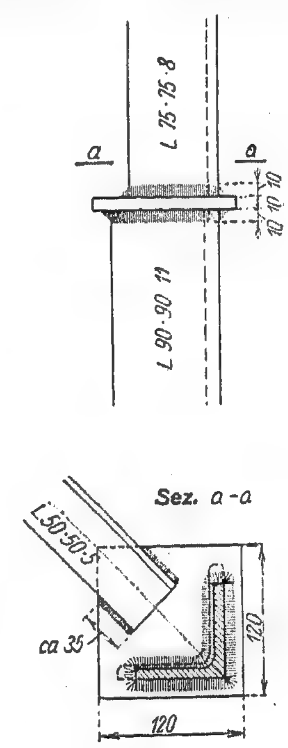


Fig. 6.

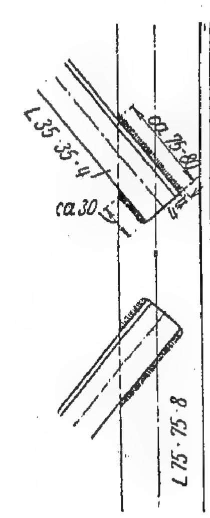


Fig. 7.

Per il palo N. 5: carico di rottura 5000 kg, pari a 2 volte quello di sicurezza. Si spezzano tre tralicci tesi in vicinanza delle chiodature e si deformano i corrispondenti tralicci compressi. Il palo si deforma ad S.

Per il palo N. 6: carico di snervamento 5600 kg pari a 2,24 volte quello di sicurezza. La deformazione avviene a m. 1,5 dalla base per inflessione dei montanti compressi. Nessuna lesione alle saldature e tanto superiormente che inferiormente al punto ove il palo ha ceduto, la struttura è praticamente non deformata.

Per il palo N. 7: questo palo fu prima cimentato a torsione e si riscontrò un carico di snervamento per un momento torcente triplo di quello che si avrebbe avuto per la rottura di un filo. La deformazione avvenne sui tralicci di testa. Nonostante questa sollecitazione preventiva, il palo resistè ancora fino a 5900 kg di carico orizzontale in testa, pari a 2,36 volte quello di sicurezza. Anche qui la lesione del palo è dovuta alla inflessione di tre tralicci compressi e dei montanti pure compressi. Nessuna lesione alle saldature.

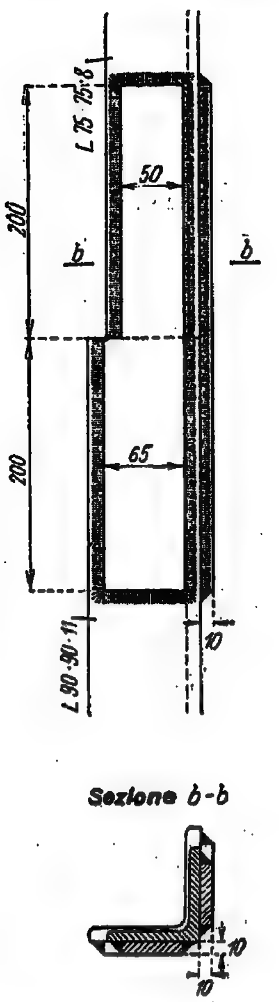


Fig. 8.

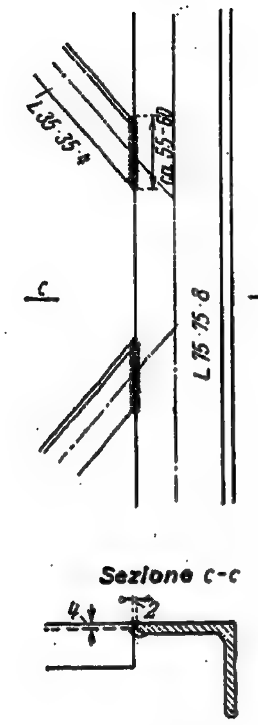


Fig. 9.

Per il palo N. 8: il palo cedette a 3600 kg; ossia ad un carico minore di quello di sicurezza ammissibile. Una indagine accurata mostrò che la saldatura di due montanti non era stata eseguita a dovere.

Del palo N. 8 fu costruito un secondo esemplare che resistette fino a kg 5940 pari a 2,38 volte il carico di rottura.

Il cedimento del palo è dovuto alla deflessione di un montante a m 1 dalla fondazione. Nessuna lesione alle saldature.

Concludendo si osserva che i pali saldati si presentano normalmente in condizioni migliori di quelli chiodati: va tuttavia osservato che, anche operando con cura e con mano d'opera scelta ma non particolarmente specializzata, possono aversi delle saldature difettose che compromettono in modo irrimediabile la stabilità della costruzione.

G. R. M.

---

h) IL TRATTAMENTO RAZIONALE DEGLI OLI ISOLANTI: CENTRIFUGAZIONE E RISCALDAMENTO SIMULTANEI

Revue Générale de l'électricité, 31 gennaio 1931. – F. SOCCART.

La centrifugazione è il mezzo ideale per estrarre dall'olio le impurità; il riscaldamento nel vuoto è il solo mezzo che permetta l'eliminazione completa dell'acqua e dell'umidità. L'applicazione simultanea dei due procedimenti costituisce il trattamento più razionale degli oli isolanti. L'A. descrive un apparecchio (fig. 1) costruito a tale scopo: il « super centrifuga riscaldante Sharples ». L'olio dopo aver percorso un cilindro verticale rotante a 15 500 giri al minuto esce dalla parte superiore di tale cilindro attraverso dei piccoli orifici periferici che ne provocano, in virtù della forza centrifuga, la polverizzazione. In tali condizioni l'olio epurato raggiunge una camicia che riveste il cilindro rotante, in cui è stato fatto il vuoto, e qui è riscaldato ad una temperatura di almeno 40° superiore a quella di ebollizione dell'acqua relativa al grado di vuoto esistente nella camicia. L'evaporazione dell'umidità residua è quindi istantanea. Tra i problemi costruttivi più notevoli che si sono dovuti superare è quello della tenuta dell'albero verticale che provvede alla centrifugazione. Una parte dell'olio da epurare è inviato in una camera cilindrica ove ruota un disco calettato sull'albero. Tale disco trascina la massa dell'olio sotto forma di un anello liquido e la parte periferica del disco penetrando entro questo

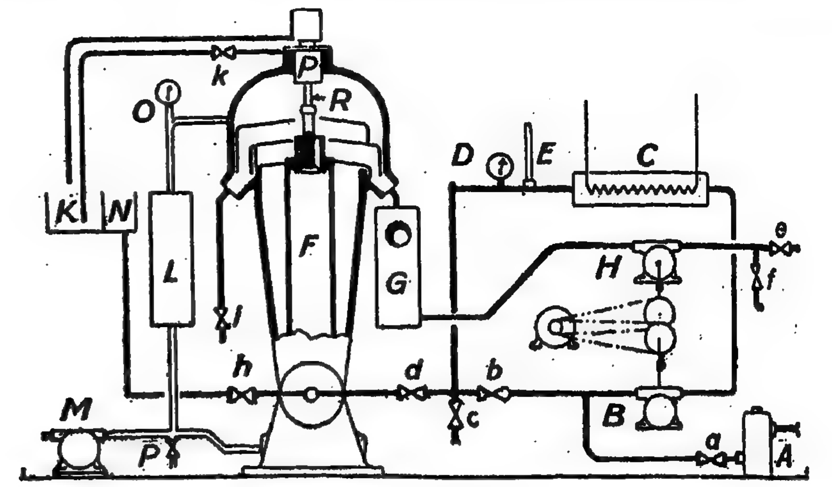


Fig. 1. - Schema di una centrifuga riscaldante Sharples.

A – filtro, *B* – pompa di alimentazione, *C* – riscaldatore, *D* – manometro, *E* – termometro, *F* – cilindro rotante epuratore, *G* – Collettore d'olio, *H* – Pompa d'estrazione, *L* – condensatore, *M* – pompa a vuoto, *K-N* – serbatoi ausiliari, *O* – vuotometro, *P* – tenuta olio centrifuga, *R* – albero di rotazione flessibile, *a, b... h* – valvole.

anello stabilisce la tenuta. L'olio si riscalda per effetto dell'attrito del disco e il suo raffreddamento è previsto per mezzo di una circolazione a termosifone. Una pompa a vuoto « umida » provvede a mantenere la depressione necessaria nella camicia del cilindro. L'olio raffinato viene estratto per mezzo di un'apposita pompa. Particolari cure sono dedicate a realizzare un equilibrio di temperatura sulle pareti lambite successivamente dall'olio in modo da evitare dannose condensazioni.

Le applicazioni di quest'apparecchio, di cui la fig. 1 dà uno schema, si rivolgono particolarmente al trattamento degli oli per apparecchiatura ad alta tensione. La sua efficacia è messa in evidenza da queste cifre: tensione di disrupzione con elettrodi sferici di 10 mm di diametro a 2 mm di intervallo: olio isolante in servizio prima del trattamento, 9500 V; dopo la centrifugazione ordinaria (eliminazione delle impurità e dell'acqua in sospensione) 27 500 V, dopo centrifugazione e riscaldamento (eliminazione dell'acqua in soluzione o pseudo-soluzione) 33 000 V. Il trattamento si presta ad essere applicato comodamente al ripristino in luogo dell'olio dei trasformatori. Con un trasformatore contenente da 10 a 20 tonn di olio l'operazione dura da 15 a 30 ore e si raggiunge una rigidità dielettrica, finchè è stabile di 150÷250 kV/cm.

Cu.

DINAMO ANODICHE A CORRENTE CONTINUA E RADDRIZZATORI

Elektrotechnik und Maschinenbau, 8 febbraio 1931. – F. NIETHAMMER.

L'A. descrive le particolarità costruttive delle generatrici e dei raddrizzatori ad alta tensione destinati ad alimentare i grandi apparati trasmettenti impiegati nella radiotecnica.

L'impiego di tali macchine è oggidì generalizzato, non ostante che esse presentino l'inconveniente di fornire una corrente più o meno ondulata: le batterie di accumulatori infatti, capaci di fornire correnti non ondulate, non entrano in considerazione per tensioni superiori a qualche migliaio di V.

La costruzione delle dinamo ad alta tensione è in stretto rapporto colle intensità di corrente che esse normalmente devono generare. Sovente sono richieste intensità di corrente che non superano i 5 A e, talvolta, 1 A: è possibile costruire in queste condizioni, delle generatrici ad un collettore capaci di fornire tensioni di 10 a 15 kV e dinamo a due collettori per tensioni doppie, da 20 a 30 kV. Queste macchine vengono costruite spesso a due poli con collettore che ammette tensioni e_a fra lamelle adiacenti variabili da 200 a 300 V, fino a 500 V per intensità eguali a qualche decimo di A.

La commutazione di tali macchine non presenta difficoltà e si possono pertanto evitare i poli ausiliari che hanno lo scopo di favorire la commutazione stessa. Con piccolo passo dell'avvolgimento è possibile impiegare, anche nelle dinamo a due poli, bobine stampate per avvolgimenti a tamburo. Poichè l'impiego di tali bobine è pressochè indispensabile per le elevatissime tensioni, alcune Case costruttrici adottano le dinamo a 4 poli. Con l'impiego dell'indotto ad anello è possibile ottenere delle tensioni per collettore più elevate di quelle che si possono ot-

tenere con l'indotto a tamburo, tuttavia le esigenze di una eccezionale disposizione dei conduttori lascia preferire solitamente l'impiego dell'indotto a tamburo.

Per lo più le macchine costruite sono munite di poli di commutazione. Alcune case costruttrici tralasciano l'avvolgimento di compensazione e fanno il numero di amperspire del campo molto grande rispetto al numero di amperspire dell'indotto. Indiscutibilmente, però, le macchine con avvolgimento di compensazione consentono tensioni fra lamella e lamella superiori di quelle ammesse dalle altre macchine non compensate. La differenza non è, peraltro, molto grande. Nell'esecuzione degli avvolgimenti dell'indotto è raccomandabile l'impiego della mica come isolante. I due avvolgimenti nelle stesse scanalature devono essere isolati l'uno dall'altro per la piena tensione. Una speciale cura va presa per l'isolamento delle parti del collettore; in modo particolare fra lamella e lamella si richiedono segmenti di mica di spessore notevole (3,5 mm per $e_d = 250$ V). Opportuni accorgimenti devono essere presi per evitare che una spazzola scarichi sull'altra.

Nelle generatrici ad alte tensioni si procura di scegliere piccolo il numero di ampereconduttori per cm di periferia dell'indotto e grande, invece, il numero di scanalature dell'indotto ed il numero delle lamelle del collettore. Un grande numero di lamelle K comporta un grande diametro del collettore: tale diametro può raggiungere e superare anche quello dell'indotto.

Sovente viene messo a terra un polo dell'avvolgimento: agli effetti dell'isolamento è preferibile mettere a massa il punto medio dell'avvolgimento oppure, trattandosi di due avvolgimenti in serie, il punto di collegamento dei due avvolgimenti. In molti casi le macchine vengono montate isolate dalla piastra di base o dalle fondazioni. Anche il pacco lamellare, con l'avvolgimento ed il collettore, vengono, talvolta, montati isolati dall'albero dell'indotto.

Per l'alimentazione degli apparecchi radiotrasmittenti, si richiede che sia ridotta al minimo l'ondulazione della corrente continua generata. È quindi interessante vedere quali sono le armoniche che compaiono nell'onda di tensione delle dinamo in questione. Una prima armonica è quella di dentatura avente la frequenza:

$$f_n = N . n/60$$

se N/p (rapporto fra il numero dei denti ed il numero delle coppie di poli) è pari, oppure

$$f_n = 2\, N . n/60$$

se N/p è dispari.

L'onda originata dal numero K di lamelle del collettore ha la stessa frequenza.

Un'altra armonica che si presenta è di frequenza

$$f_k = K . n/60$$

oppure

$$f_k = 2\, K . n/60$$

a seconda che K/p è pari o dispari. Con spazzole di larghezza infinitamente piccola, la tensione continua oscilla notoriamente di $\pm\, tg^2\, \beta/4$, se $\beta = 180 : \dfrac{K}{2\,p}$. Le frequenze f_n ed f_k sono dell'ordine di grandezza da 500 a 5000 per/sec. Con indotto liscio vengono meno completamente le armoniche di dentatura.

Un'altra armonica è dovuta al corto circuito delle spazzole ed ha la frequenza di $f_k/2$. Altre armoniche possono nascere dalle vibrazioni delle spazzole.

Per eliminare le armoniche di dentatura e di commutazione è opportuno costruire le macchine con un numero dispari di scanalature N, di lamelle del collettore K e di fianchi delle bobine, per ogni coppia di poli. In queste condizioni, infatti, le armoniche che nascono in corrispondenza dei poli di segno contrario si annullano mutuamente. Lo stesso effetto si ottiene quando si hanno due avvolgimenti in serie posti nelle stesse scanalature, coi quali è possibile, fissando opportunamente le posizioni delle spazzole, smorzare in larga misura ed eliminare le armoniche.

Si ottiene uno smorzamento notevole delle armoniche di dentatura chiudendo quasi completamente le scanalature e prevedendo dentature ed espansioni polari oblique rispetto all'asse dell'indotto.

Allo scopo di ridurre le armoniche è stata anche proposta l'adozione di piccoli poli ausiliari: pare, tuttavia, che questo accorgimento non abbia trovato applicazioni pratiche. In una macchina americana è stato impiegato un avvolgimento smorzatore a gabbia coi conduttori posti nelle cave dello statore: con l'impiego di condensatori in parallelo con la dinamo è stato possibile ridurre su larga misura le armoniche.

Il montaggio nel circuito anodico di una bobina di autoinduzione, ha, naturalmente, un effetto smorzatore. Se la tensione della macchina è:

$$e = E + e_0 \operatorname{sen} 2\,\pi\, f_n\, t$$

con l'ondulazione e_0/E, con una resistenza di carico R, si ha:

$$i = \frac{E}{R} + \frac{e_0}{\sqrt{R^2 + (2\,\pi\, f_n L)^2}} \,.\, \operatorname{sen}\,(2\,\pi\, f_n\, t - \varphi)$$

oppure

$$i = I + I_0 \sqrt{2} \operatorname{sen}\,(2\,\pi\, f_n\, t - \varphi)$$

dove si è posto $\qquad i_0 = I_0 \sqrt{2}$

L'ondulazione della corrente è diventata $I_0 \sqrt{2}/I$, e quindi la componente alternata i_0 è diminuita per effetto dell'induttanza L. Va tenuto presente, tuttavia, che la bobina di autoinduzione assorbe una parte della tensione della macchina ed è causa di perdite. In molti casi è possibile ridurre in limiti accettabili l'ondulazione inserendo sui morsetti della generatrice un condensatore e nella linea una bobina di selfinduzione. Non sempre gli accorgimenti ricordati dianzi soddisfano alle esigenze della tecnica delle alte frequenze; si fa ricorso allora ai mezzi più acconci per eliminare le armoniche: i filtri con circuiti oscillanti. Secondo un tipo cui fa cenno l'A., l'apparecchio (fig. 1), è costituito di un certo numero di elementi costituiti

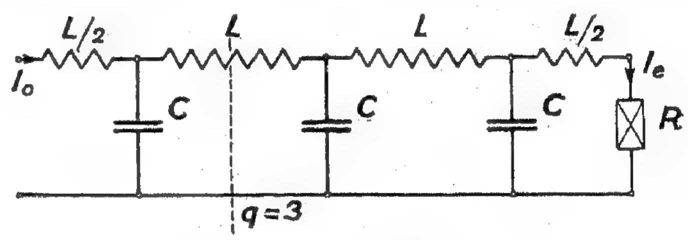


Fig. 1. - Filtro.

ciascuno di una bobina $2 \times L/2$ e di un condensatore C con un'armatura collegata col punto medio della bobina. Le bobine sono in serie sopra uno dei poli della macchina ed i condensatori sono in derivazione fra i poli stessi. Ammesso che la componente alternata della corrente sia di ampiezza I_0 e di frequenza f_n, l'ampiezza I_e della corrente «filtrata» che circola nel circuito esterno sarà espressa da

$$I_e/I_0 = \varepsilon^{-q\,\alpha}$$

$$\text{dove } \varepsilon = 2{,}71 \quad , \quad \cos h\, \frac{\alpha}{2} = f_n/f_0 \quad , \quad f_0 = \frac{1}{\pi \sqrt{L\, C}} \,.$$

Ne consegue che l'effetto smorzante del filtro è tanto più accentuato quanto più è grande il numero degli elementi del filtro q e quanto più è piccola la frequenza propria di ciascun elemento.

L'impiego dei filtri ai circuiti risonanti si presta assai opportunamente anche per livellare l'onda di tensione dei raddrizzatori, i quali, notoriamente, generano una tensione più ondulata di quella delle macchine rotanti. Poichè i filtri diventano tanto più piccoli quanto più alta è la frequenza delle armoniche perturbatrici, è preferibile, possibilmente, alimentare i raddrizzatori con corrente alternata a frequenza elevata.

Coi raddrizzatori normali esafasi a vapore di mercurio, alimentati con corrente alternata di frequenza f, le armoniche che prevalgono sono quelle di ordine $6\,f$, $12\,f$ e $18\,f$. In un impianto cui fa cenno l'A. nel quale un raddrizzatore trasforma la corrente alternata a 60 per/sec in continua 600 V, 2000 A per alimentare una rete tranviaria, le armoniche di ordine 6, 12 e 18 vennero eliminate mediante un filtro costituito da una bobina in serie sulla sbarra negativa, con induttanza di 0,7 mH, e da 3 circuiti oscillanti, comprendenti ciascuno una induttanza di 2 mH ed una capacità di 105, 28 e 12 $\mu\, F$ rispettivamente, inseriti fra le due sbarre a corrente continua.

d. m.

LO SCALDA-ACQUA ELETTRICO COMBINATO CON IL RISCALDAMENTO CENTRALE

B I P, n.º 33, aprile 1931. – Ing. R. Decreane.

Nella maggior parte delle costruzioni moderne, l'acqua calda fornita agli inquilini dei vari appartamenti è riscaldata nella caldaia del termosifone. Questa distribuzione funziona abbastanza bene d'inverno durante il periodo del riscaldamento, ma d'estate, spenta la caldaia, gli inquilini rimangono privi di acqua calda, tranne in qualche caso in cui il riscaldamento dell'acqua continua per mezzo di una caldaia ausiliaria.

Per rimediare a tali inconvenienti e per non limitare la fornitura dell'acqua calda soltanto al periodo di funzionamento del riscaldamento centrale, si è ricorso a scalda-acqua elettrici combinati in modo tale da permettere di utilizzare nei momenti più necessari l'energia fornita dal riscaldamento centrale, e di produrre una sufficiente quantità di acqua calda per gli appartamenti quando il termosifone non funziona più.

In alcune regioni francesi ove distribuisce la Società *Ouest Lumière* si nota un numero molto notevole di gabinetti da bagno che hanno il riscaldamento elettrico combinato con il riscaldamento centrale (fig. 1).

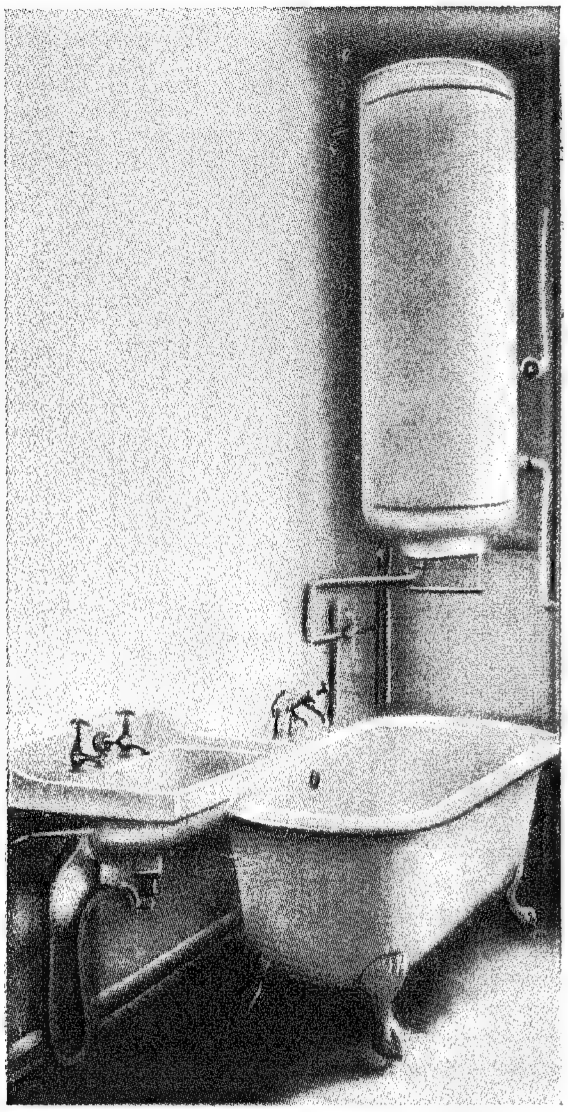


Fig. 1. - Gabinetto da bagno con uno scalda-acqua misto della capacità di 125 l.

La Società svolge la sua attività propagandistica specialmente presso i fabbricati in costruzione con risultati abbastanza soddisfacenti, come si rileva dalla tabella seguente.

Regione	Fabbricato	Scalda-acqua installati N.	Capacità unitaria l
La Garenne	Via Alta di Besons . .	39	100
»	Via Alsazia, 3	7	125
»	Viale Froment, 16 .	21	200
»	» » . . .	15	125
»	Viale Foch, 37.	5	100
Colombes	Viale Gennevilliers, 2	56	125
»	Via Moslard, 132 . .	20	125
»	Via Hugo, 3.	20	100
Neuilly	Via Delanne, 12 . . .	70	150

L'apparecchio è costituito da un recipiente della capacità variabile da 100 a 200 litri, alimentato sotto pressione dalle tubazioni dell'acqua potabile, e collegato con tutti i rubinetti per la distribuzione dell'acqua calda (fig. 2).

Il recipiente è isolato termicamente in modo da evitare qualsiasi perdita di calore. Nell'interno, immerso nell'acqua, vi è un serpentino nel quale passa l'acqua calda della caldaia del riscaldamento centrale (fig. 3).

Il serpentino generalmente ha la forma di un anello cilindrico la cui superficie è calcolata in modo da ottenere il riscaldamento del contenuto del recipiente in circa due ore.

Al disotto del serpentino si trovano due tubi che portano le candele di riscaldamento elettrico, e un terzo tubo racchiude un termostato che impedisce qualsiasi possibilità di surriscaldamento.

Durante l'inverno, quando la caldaia del termosifone è in funzione per il riscaldamento degli appartamenti, si stabilisce

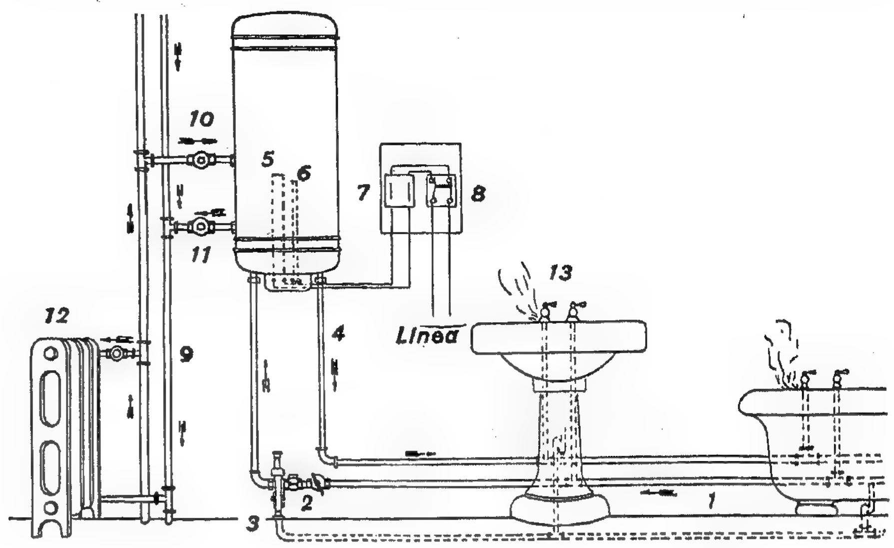


Fig. 2. - Schema generale dell'impianto di uno scalda-acqua combinato con il riscaldamento centrale:

1 - Condutture dell'acqua fredda; 2 - Valvola di sicurezza; 3 - Tubo di scarico; 4 - Scarico dell'acqua calda; 5 - Candele riscaldanti; 6 - Termostato; 7 - Interruttore; 8 - Interruttore a mano; 9 - Colonna montante della distribuzione del riscaldamento centrale; 10 - Tubi di alimentazione del serpentino; 11 - Tubi di uscita dell'acqua dal serpentino; 12 - Radiatore del riscaldamento centrale; 13 - Rubinetto di distribuzione dell'acqua calda

nel serpentino posto nello scalda-acqua, la circolazione dell'acqua. Questo serpentino, portato alla temperatura dell'acqua della caldaia del termosifone, riscalda a sua volta l'acqua contenuta nello scalda-acqua, e la porta ad una temperatura quasi uguale. Non vi è quindi alcun bisogno di servirsi dell'energia elettrica.

Se si estrae l'acqua calda, ad esempio per un bagno, l'acqua fredda penetra nel recipiente e si riscalda a contatto del serpentino; il riscaldamento dell'acqua è dunque continuo.

Quando d'estate il riscaldamento a termosifone non funziona più basta inserire in circuito le candele dello scalda-acqua per il riscaldamento elettrico; contemporaneamente entra in funzione il termostato, di modo che l'acqua raggiunge la temperatura desiderata. Un interruttore orario apre il circuito elettrico nelle ore in cui l'energia è venduta a prezzo ridotto, in genere di notte.

Se si desiderasse utilizzare quotidianamente una quantità di acqua superiore alla capacità dello scalda-acqua, un interruttore speciale permette di ottenere un riscaldamento continuo;

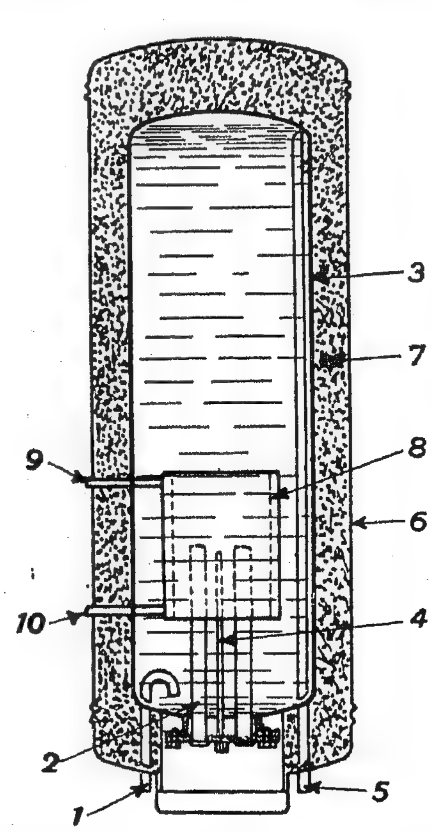


Fig. 3. - Sezione di uno scalda-acqua misto:

1 - Tubo di arrivo dell'acqua fredda; 2 - Candele di riscaldamento; 3 - Parete interna dell'apparecchio; 4 - Termostato; 5 - Tubo di uscita dell acqua calda; 5 - Parete esterna dell'apparecchio; 7 - Materiale isolante e coibente; 8 - Serpentino; 9 - Alimentazione del serpentino; 10 - Uscita dell'acqua dal serpentino.

ma in questo caso l'energia fornita nelle ore diverse dalle prestabilite è pagata a tariffa normale.

Durante la stagione primaverile ed autunnale, quando non occorre un riscaldamento elevato degli ambienti, potrebbe avvenire che l'acqua del recipiente riscaldata per mezzo del serpentino non fosse abbastanza calda per il bagno e per i lavabi: a tale mancanza sopperisce il riscaldamento elettrico. Ma è necessario chiudere il tubo d'arrivo dell'acqua del riscaldamento centrale, per evitare che parte dell'energia vada a riscaldare l'acqua del termosifone.

Il tubo dell'acqua di ritorno è lasciato aperto come sfogo ai vapori che potrebbero prodursi nel serpentino per un eventuale surriscaldamento dell'acqua.

La capacità degli apparecchi si determina in base al fabbisogno giornaliero di acqua calda alla temperatura di 90°; in genere si calcolano 75 litri per un bagno e 20 litri per il lavabo.

Nell'installare apparecchi a carattere misto, bisogna tener conto che, per la presenza del serpentino, la capacità dello scalda-acqua viene ad essere diminuita del 10% al massimo in rapporto alla capacità primitiva, e che la temperatura dell'acqua riscaldata dal serpentino, raramente sorpassa i 70° C.

Evitando l'impianto della caldaia ausiliaria per il riscaldamento d'acqua nei periodi estivi, il riscaldamento misto offre un enorme vantaggio che dovrebbe essere preso in considerazione non solo dai costruttori, ma anche dai proprietari di casa.

E. de' B.

IL RISCALDAMENTO ELETTRICO CON TUBI A BASSA TEMPERATURA E LA CONSERVAZIONE DEI SIGARI

The Electrical Review, gennaio 1931.

Il riscaldamento elettrico in generale e quello con tubi a bassa temperatura in particolare, va sempre più estendendosi per i pratici vantaggi economici ed utilitari che offre. Data la sua facilità di regolazione, è specialmente utile in quei casi nei quali necessita avere una temperatura che si mantenga rigorosamente costante.

Una delle sue più importanti applicazioni è connessa all'industria dei tabacchi per conservare i vari prodotti in un perfetto stato.

Infatti è noto che i sigari non possono essere messi in vendita appena usciti dalla manifattura, ma abbisognano di un periodo di stagionatura, che varia a seconda delle loro dimensioni.

Questo processo è fatto in speciali locali nei quali i sigari vengono deposti su scaffali in modo da permettere la circolazione dell'aria: processo che sarebbe più nocivo che utile se non si avesse la certezza di poter regolare esattamente la temperatura dell'ambiente durante tutte le stagioni, qualunque siano le condizioni atmosferiche esterne.

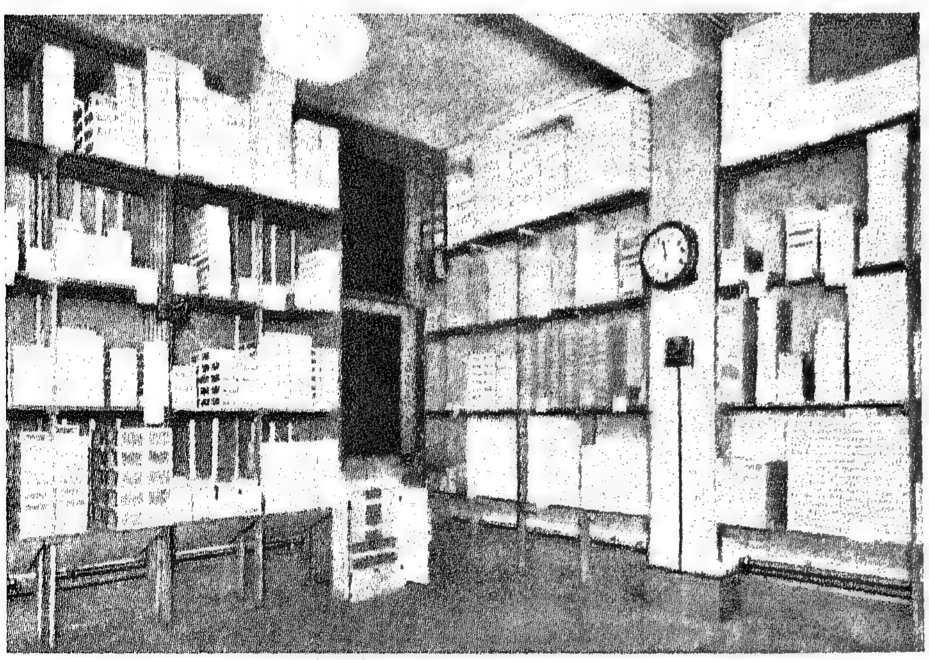


Fig. 1. - Il riscaldamento elettrico con tubi in un magazzino di tabacchi di Liverpool.

Le stesse precauzioni si devono avere quando i sigari già stagionati, sono nei negozi dei rivenditori.

L'aria è riscaldata elettricamente a 16° C da elementi tubulari sostenuti lungo lo zoccolo delle pareti; uguale temperatura è mantenuta in estate da una opportuna ventilazione. Dopo 4 o 6 mesi i sigari sono impacchettati, e le scatole vengono messe in un deposito attiguo nel quale la temperatura è leggermente superiore a quella precedente, e cioè di 18° C, ottenuta nel modo già indicato.

La potenza dei riscaldatori è nei due casi di 195 W per metro lineare.

Un impianto simile è in funzione in un deposito di sigari a Liverpool (fig. 1) ed un altro a Londra.

Per il deposito di piccole quantità di sigari, per esempio nei negozi di rivenditori o a bordo delle navi, ha dato soddisfacenti risultati un tipo di armadio fornito di tubo riscaldante

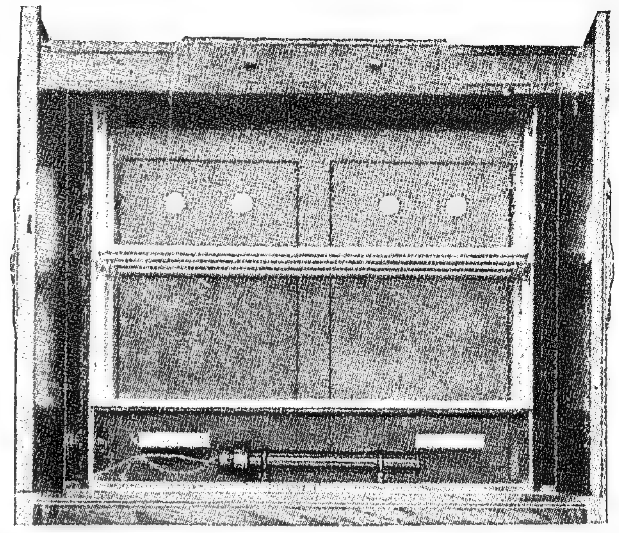


Fig. 2. - Interno di un armadio per piccoli depositi di tabacchi.

a bassa temperatura e di termostato (fig. 2): il tubo è fissato alla base dell'armadio e ai suoi lati vi sono due recipienti con acqua per avere un opportuno grado igrometrico dell'aria, importante fattore nella conservazione dei sigari quanto quello del riscaldamento.

La temperatura è in genere di 16° C.

Ad assicurare che l'aria circoli attraverso l'armadio, il piano divisorio dello scaffale, ricoperto in amianto, è fisso, di modo che l'aria è costretta attraverso gli spazi laterali ad andare ai sigari.

E. de' B.

Sommarî

Der Bauingeneur, 30 gennaio 1931. « Nuovo apparecchio per la misura delle dilalazioni ». – A. PFEIFFER.

Lo studio delle dilatazioni in una massa di calcestruzzo può essere facilitata ricorrendo a dei mezzi di misura elettrici. A tale proposito il Tieber, su indicazioni del Prof. Probst ha escogitato una apparecchio nel quale le variazioni di volume della massa in cui l'istrumento stesso è annegato determinano una maggiore o minor compressione su dei dischetti di carbone che fungono da resistenza variabile in un circuito elettrico.

Questo apparecchio, specie se immesso in un impasto umido può però portare a delle inesattezze rilevanti.

Altri strumenti assai precisi hanno d'altronde l'inconveniente di poter essere applicati solo sulla superficie di gettate di calcestruzzo e di non poter registrare pertanto quelle deformazioni che avvengono nell'interno della massa.

L'apparecchio che viene descritto nella nota in esame è fondato sulla misura delle variazioni di corrente che si hanno in un circuito ad induttanza variabile. Lo strumento consta di un cilindretto metallico munito di due testate sporgenti, da una delle quali si diparte un cavetto bipolare. Queste testate sono pulite e sgrassate in modo da far presa col calcestruzzo in cui vengono annegate. Invece il corpo del cilindro è verniciato o rivestito con un nastro onde poter essere praticamente libero di dilatarsi. Ad una delle testate poi è fissato un magnete permanente foggiato a ferro di cavallo, sulle cui espansioni polari sono fissati due avvolgimenti in serie. Di fronte a tali espansioni polari, con un traferro di circa un decimo di millimetro, sta invece un'ancoretta in ferro dolce solidale coll'altra testata dello strumento. È facile comprendere come le variazioni di volume del calcestruzzo siano fedelmente seguite dalle teste dello strumento che sono collegate fra di loro dal cilindretto di acciaio che costituisce il corpo dell'apparecchio.

Queste variazioni saranno pure seguite dal cilindretto stesso per effetto delle deformazioni elastiche. Ma, quello che conta, è che le deformazioni creino delle variazioni del traferro tra l'ancoretta e la calamita permanente e quindi delle variazioni di permeabilità del circuito magnetico così formato. Facendo circolare una corrente alternata nell'avvolgimento riportato sulle

espansioni polari delle calamite, si avranno delle variazioni di corrente facilmente determinabili ad esempio con un ponte di Wheatstone e con un miliamperometro per corrente alternata. Il ponte di Wheatstone presenta il notevole vantaggio di permettere di rimpiegare la corrente continua per determinare le variazioni di resistenza subite dall'avvolgimento situato entro il cilindretto. Siccome tale variazione di resistenza è funzione della temperatura, lo stesso apparecchio può servire per la determinazione non solo delle dilatazioni della massa del calcestruzzo, ma bensì anche della temperatura che esiste nel punto ove è situato il cilindretto stesso. L'intero apparecchio ha una lunghezza di circa 10 cm con approssimativamente un diametro di 30 mm; la sua costruzione è compatta e, nei numerosi controlli sperimentali eseguiti a cura del Prof. Probst, si è constatata una grande precisione nelle registrazioni ottenute.

Pubblicazioni

DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.

Annuario dell'Industria dei laterizi e dei manufatti in cemento (Pubblicato dalla Federazione Nazionale Fascista dell'Industria dei laterizi, Milano). L. 35.

L'Annuario — volume di circa 850 pagine — comprende, oltre agli elenchi di tutte le Ditte che si occupano in Italia dell'industria dei laterizi e dei lavori in cemento, anche un diffuso cenno storico sullo sviluppo di queste due industrie, sull'attuale loro consistenza, ecc., nonchè una raccolta di notizie di carattere legislativo, fiscale e doganale relative alle stesse industrie.

***

G. MORTARA: *Prospettive Economiche*. - Undicesima edizione 1931. - Opera edita sotto gli auspici dell'Università Bocconi di Milano.

È uscito l'undicesimo volume delle «Prospettive», la magistrale pubblicazione annuale del Prof. Mortara: esso non è inferiore nè per l'abbondanza dei dati nè per la perfetta classificazione e per l'acuta discussione di questi ad alcuno dei precedenti.

Le «Prospettive» costituiscono la più completa e perfetta effemeride economica che noi possediamo in Italia, ed una delle migliori pubblicazioni del genere di tutto il mondo. L'aridità delle Tabelle e delle enumerazioni di dati non è avvertita da chi legge l'interessante pubblicazione, scritta in uno stile chiaro e scorrevole e piena d'interesse.

Una dotta introduzione esamina con rigore scientifico e con chiarezza di vedute le cause dell'attuale malessere economico mondiale, con particolare riguardo all'Italia. I singoli capitoli contengono altrettanti studi sui principali rami della produzione agricola ed industriale, ciascuno considerato separatamente nel mercato mondiale ed in quello italiano. I due ultimi capitoli si riferiscono alla *moneta* ed alle *finanze*.

Particolare interesse offrono i capitoli sul carbone, sul petrolio, sull'energia idroelettrica. Quest'ultimo è trattato con vera competenza e con abbondanza di assennate considerazioni, tanto per la parte mondiale che per quella italiana.

Questo genere di libri è fra i più difficili da compilare, esigendo negli autori uno spirito critico ed un equilibrio di giudizio non comune: a queste doti l'illustre Prof. Mortara accoppia un perfetto possesso degli argomenti trattati sia dal lato puramente statistico che da quello dell'economia.

Le «Prospettive» dovrebbero trovarsi sul tavolo di tutti gli industriali d'ogni specie, dei banchieri e in genere di tutti coloro che hanno bisogno di rapide e precise informazioni in ogni campo della produzione e della vita economica. Esso contiene tutto quanto è necessario od utile conoscere in questo campo, ed ogni informazione vi è accompagnata da un chiaro commento, da una «messa a punto», da un'acuta osservazione. Non pochi capitoli si leggono per intero non solo senza fatica ma con piena soddisfazione.

Raccomandiamo sinceramente a tutti i nostri lettori questa bellissima pubblicazione, che ormai forma colle precedenti una collana preziosa anche per la storia dell'economia del dopo-guerra; nella quale ogni elemento è in perfetta armonia con tutti gli altri. Essa riuscirà particolarmente utile agli Esercenti Imprese elettriche ai quali la consigliamo in modo particolare.

ING. ALFREDO MAZZONI: *La conduttura elettrica ad alta tensione Morbegno-Voghera*. – Estratto dalla Rivista Tecnica delle Ferrovie Italiane, N. 3, 15 marzo 1931.

È un fascicolo di 46 pagine corredato da numerose fotografie e tavole illustrative, redatto dall'Ing. Alfredo Mazzoni, Capo dell'Ufficio Elettrificazione di Milano, per incarico del Servizio Lavori e Costruzioni delle FF. SS.

***

ON. PROF. ING. FRANCESCO MAURO: *Uomini e merci per l'esportazione*. – Società Anonima Poligrafica Italiana, Roma, 1931-IX.

È l'interessantissima Relazione presentata a Roma il 9 aprile u. s. dall'On. Ing. Prof. Francesco Mauro, Presidente dell'Istituto Internazionale dell'Organizzazione Scientifica e Presidente dell'Enios, in occasione del II Congresso Nazionale degli Ingegneri Italiani.

***

CONSIGLIO E UFFICIO PROVINCIALE DELL'ECONOMIA DI BRESCIA: *Relazione statistica sull'attività economica della Provincia nell'anno* 1929. VII-VIII. – Tipolitografia Fratelli Geroldi, Brescia 1931, Anno IX.

È una pregevolissima e completissima monografia della vita economica della Provincia di Brescia, compilata a cura di quel solerte ufficio Provinciale dell'Economia. È un volume di 482 pagine con numerose tavole statistiche e diagrammi illustrativi.

Notiziario

COMITATO AUTONOMO PER L'ESAME DELLE INVENZIONI

Presso l'Associazione Nazionale per la Prevenzione degli Infortuni sul Lavoro, si è riunito in Milano in seduta plenaria il 28 aprile il Comitato Autonomo per l'Esame delle Invenzioni. Erano presenti il Presidente On. Ing. Bignami, il Vicepresidente comand. Jarach, i Membri Comm. Luigi Brioschi, Ing. Alessandro Croce, Dott. De Ponti, Ing. Locatelli, Ing. Massarelli, Ing. Conte Monacelli Lattanzi, On. Somaini, Ing. Vanzetti e il Segretario Prof. Coppadoro.

Il Presidente ha riferito sul lavoro fatto nell'anno 1930, nel quale vennero esaminate 155 proposte di invenzione, delle quali 41 inviate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Nel primo quadrimestre di quest'anno sono pervenute al Comitato, e sono in corso di esame, 60 proposte d'invenzione, delle quali 9 inviate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e 6 dalla Reale Accademia d'Italia. Il Comitato ha espresso la propria soddisfazione di essere così divenuto non solo l'organo della Confederazione Generale Fascista dell'Industria Italiana, ma anche dei più alti Consessi scientifici e tecnici della Nazione, ed ha constatato che il lavoro che esso compie va continuamente perfezionandosi ed è trovato sempre più utile anche dai singoli inventori, nei quali il numero degli ingegneri e tecnici ha raggiunto la proporzione di oltre un terzo sul totale dei proponenti.

Delle invenzioni esaminate lo scorso anno, 18 si riferiscono a motori termici, 17 alle ferrovie e tramvie, 14 ad automobili e cicli, 10 a materiale e costruzioni navali, 9 all'aeronautica, 8 all'elettrotecnica, le rimanenti a macchine e materiali diversi, salvo 13 dirette a risolvere l'insolubile problema del moto perpetuo.

Il Comitato si interessò poi in modo particolare di alcune delle invenzioni sottoposte al suo giudizio, che segnalerà come d'abitudine alle industrie interessate.

Preso in esame il bilancio dello scorso anno e il preventivo per il 1931, il Comitato, visto che i mezzi a disposizione sono straordinariamente scarsi, tanto che devono ridursi a cifre veramente troppo esigue i sussidi che vengono dati ad inventori perchè possano sviluppare le loro proposte e richiedere gli appositi brevetti, ha espresso il voto che anche in avvenire siano concessi i mezzi necessari al suo migliore funzionamento.

Il Comitato ricorda, che, come venne già a suo tempo annunziato, ha messo a disposizione degli inventori la complessiva somma di Lire 15000, elargite dalla Federazione Nazionale Fascista dell'Industria Meccanica e Metallurgica, per uno o più premi da assegnare, a giudizio insindacabile del Comitato, a quegl'inventori di nazionalità italiana che inviino od abbiano inviato in esame al Comitato stesso, dal 1° gennaio 1930 al 30 settembre 1931, una loro invenzione interessante le industrie meccaniche o metallurgiche, rimarchevole, per la novità e genialità dell'idea e per la utilità della applicazione, e che sia più delle altre meritevole di particolare segnalazione.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* — ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO — Fotoincisioni della «ZINCOGRAFICA» - MILANO — ING. ETTORE CESÀRI, *Redattore-Capo Responsabile*

MILANO
Giugno 1931 - Anno IX

Fascicolo VI
Volume VIII

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

EMILIO SEGRÈ
ISTITUTO FISICO DELLA R. UNIVERSITÀ - ROMA

L'architettura delle molecole

La fisica dei fenomeni atomici conta si può dire pochi lustri e i suoi successi vastissimi, e il suo sviluppo di una rapidità tumultuosa, fanno pensare meravigliati alla velocità con cui questo nuovo ramo di scienza si è formato; ma se esaminiamo il cammino percorso in questo trentennio, dobbiamo anche riconoscere che le scoperte e le teorie si sono seguite in un ordine abbastanza logico: così allo studio dei costituenti elementari della materia, elettroni e nuclei, già assai avanzato allo scoppio della guerra, segue quello degli edifici immediatamente più complessi: gli atomi, e infine, recentissimo, quello delle molecole, che è assai progredito per le molecole biatomiche, appena iniziato, si può dire, per quelle poliatomiche.

E se da taluni sintomi sembra che l'interesse dei fisici tenda ora ad orientarsi verso uno studio più approfondito delle particelle elementari per rinsaldare le fondamenta stesse dell'edificio, anche l'estensione a sistemi più complessi delle nozioni fin qui acquisite è assai notevole, sia perchè mette alla prova teorie e metodi, sia perchè fa conseguire risultati per sè stessi interessanti.

***

Lo strumento più potente per penetrare la struttura della materia è stato lo studio degli spettri, e per gli atomi si sono ottenuti risultati così abbondanti ed in esatto accordo con la teoria, da far pensare che se il modello atomico di Rutherford è assai simile ad un sistema planetario, anche la meccanica quantistica può competere con la meccanica celeste come teoria atta a rivelare i misteri del microcosmo. Anche per le molecole biatomiche si può dire che oggi ormai i loro spettri siano decifrati, non così per le molecole poliatomiche in cui la complicazione del modello sfida ancora la potenza dei nostri metodi d'indagine spettroscopica.

Per orientarci nel mondo delle molecole cominceremo ad accennare al caso più semplice, quello di una molecola biatomica: possiamo figurarcela come un « manubrio » in cui i due atomi si trovano, in condizione di equilibrio, ad una distanza fissa. I suoi moti possono classificarsi in tre tipi:

a) moti degli elettroni nei singoli atomi,

b) moti vibratori dei due atomi, l'uno contro l'altro,

c) rotazioni della intera molecola considerata come rigida.

Ognuno di questi tipi di movimenti dà luogo a particolari righe o sistemi di righe spettrali e i fisici sanno ricavarne molte informazioni sulla struttura della molecola stessa, principalmente: il momento d'inerzia baricentrale, la distanza fra i due atomi, la frequenza propria con cui i due atomi oscillano uno contro l'altro, frequenza che misura in un certo modo la tenacia del legame che li unisce. Per dare un'idea degli ordini di grandezza delle quantità in piccolo e della precisione raggiunta dalle misure daremo alcuni dati numerici sull'HCl; si ha:

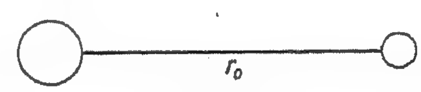


Fig. 1.

$$J = 2{,}645 \times 10^{-40} \text{ gr cm}^2 \quad r_0 = 1{,}279 \times 10^{-8} \text{ cm} \quad \nu = 8{,}7 \times 10^{13} \text{ sec}^{-1}$$

in cui ν è la frequenza d'oscillazione, r_0 la distanza fra i nuclei dei due atomi componenti la molecola, e J il momento d'inerzia baricentrale.

Ma per quanto copioso ed esatto il materiale spettroscopico, esso è pur sempre indiretto, e si capisce come una conferma, proveniente da un genere di fenomeni del tutto diverso e fondata su metodi diretti, debba avere un alto valore. Tanto più che questi, sebbene meno precisi, sono suscettibili di applicazioni alle molecole poliatomiche, quasi inaccessibili per ora alla spettroscopia.

Il merito della scoperta di questi nuovi metodi d'indagine è del fisico olandese Debye, che, con tutta la sua fiorente scuola, è tra coloro che recentemente hanno portato i più notevoli contributi alla fisica atomica.

Il primo metodo da lui escogitato è una applicazione dell'interferenza dei raggi X e si può quasi dire un microscopio a raggi X per lo studio delle molecole.

Egli, mandando un sottile fascetto di raggi X di una lunghezza d'onda nota su di un gas, misurava l'intensità della radiazione diffusa sotto un dato angolo θ colla direzione della radiazione primaria; notava che esistevano delle direzioni privilegiate in cui la diffusione era maggiore. La fig. 2 dà un'idea schematica dell'apparecchio; si vede da essa facilmente che il fotogramma deve consistere di anelli chiari e scuri, come in un bersaglio.

Infatti i raggi diffusi sotto gli angoli privilegiati θ_i formano dei coni che tagliano il piano della lastra secondo cerchi concentrici. Dal raggio dei cerchi si deduce facilmente l'angolo sotto cui è stata diffusa la radiazione e con opportune misure si può trovare l'intensità I diffusa in funzione dell'angolo di diffusione.

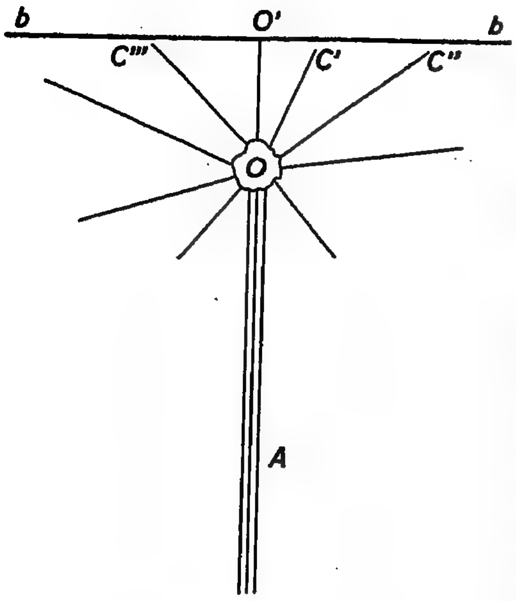


Fig. 2.

La fig. 3, gentilmente fornitaci dal Dott. Bewilogua, riproduce il fotogramma della diffusione di raggi X da parte di un vapore. In essa la lastra occupa solo un piccolo settore degli anelli di cui quindi non si scorge la forma, tuttavia si vedono chiaramente i massimi e minimi di intensità.

Qual'è la ragione delle fluttuazioni dell'intensità in funzione dell'angolo, che determinano gli anelli della fig. 3?

Ce ne possiamo render conto qualitativamente in modo assai semplice. Figuriamoci fissa in O una molecola. I raggi incidenti vengono diffusi dai due atomi in a e b, che stanno alla distanza fissa r_0 (fig. 4); ma esaminando nella direzione θ, si trova che il raggio diffuso da b ha percorso il cammino *cbd* in più di quello diffuso da a, e se questa differenza di cammino è pari a un numero dispari di semilunghezze d'onda, i due raggi interferiranno e si avrà un minimo di intensità. Naturalmente le molecole in O sono orientate in tutti i modi possibili, ma facendo i calcoli si trova che l'intensità diffusa ha un andamento, come funzione dell'angolo, come in figura 5 (1), e la posizione dei massimi dipende dal rapporto $\frac{\lambda}{r_0}$ tra la lunghezza d'onda dei raggi X incidenti e la lunghezza della molecola. Si può pertanto *misurare* direttamente r_0 una volta conosciuta λ e questo è un dato noto con grandissima precisione. Si ha p. es., per alcune radiazioni caratteristiche del rame, dette K_α del Cu, $\lambda = 1{,}539\ 10^{-8}$ cm. Come si vede λ è dello stesso ordine di grandezza di r_0, condizione questa necessaria perchè i fenomeni interferenziali siano netti. Naturalmente questa teoria schematica va corretta per tener conto delle dimensioni degli atomi nelle molecole e di numerosi altri elementi su cui non indugiamo. Piuttosto diremo che questi esperimenti sono stati ripetuti servendosi di elettroni invece che dei raggi X: è noto che uno dei risultati più notevoli della meccanica quantistica è la scoperta ottenuta per via teorica e confermata poi sperimentalmente, che elettroni di velocità v si comportano sotto molti aspetti come gruppi di onde di lunghezza d'onda $\lambda = \frac{h}{m\,v}$ dove h è una costante universale ($=6{,}55.10^{-27}$ erg sec) ed m la massa dell'elettrone pari a $0{,}9.10^{-27}$ gr. In particolare essi sono suscettibili di dar luogo ad interferenze e quindi possono servire in queste ricerche invece dei raggi X, anzi hanno su questi in taluni casi notevoli vantaggi pratici.

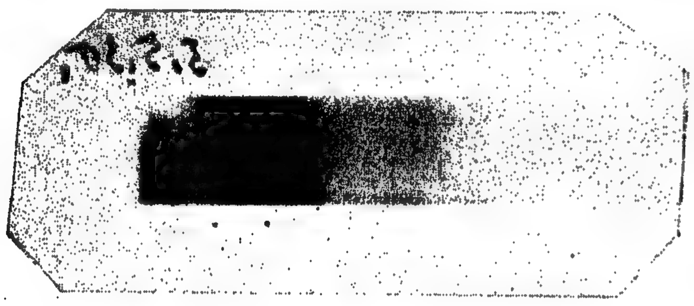


Fig. 3.

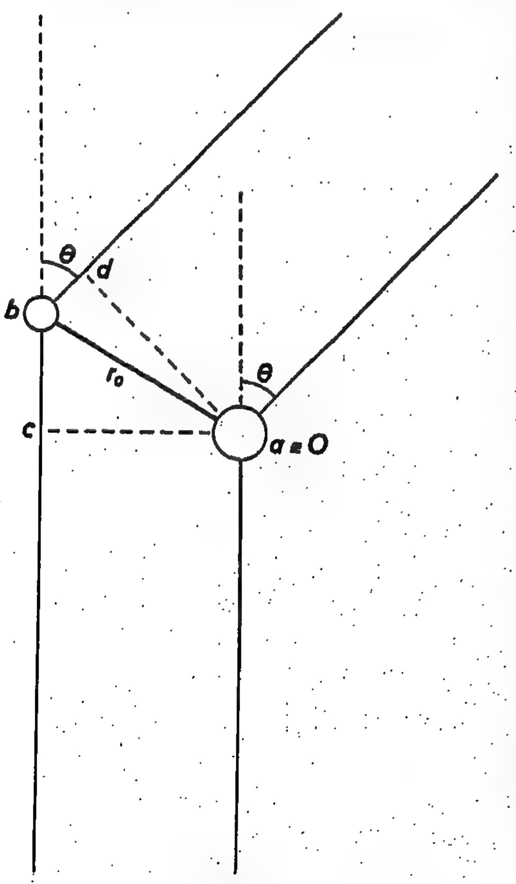


Fig. 4.

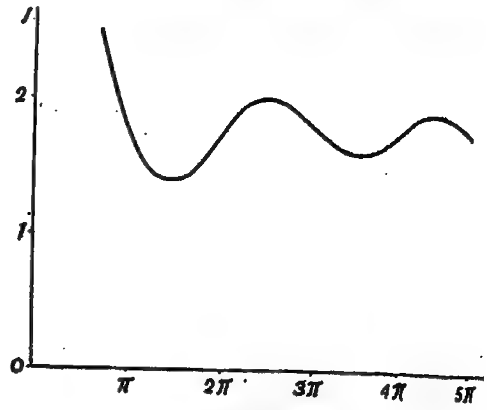


Fig. 5.

La fig. 6 rappresenta anelli ottenuti con elettroni (1) anzichè con raggi X. A causa del diverso dispositivo sperimentale essi sono completi, mentre la fig. 2 prende solo un piccolo settore di anello; a parte questo si vede come essi siano perfettamente analoghi a quelli della fig. 3. Ora questo potente metodo d'indagine si può applicare ed è stato applicato anche alle molecole poliatomiche e ha permesso di confermare e precisare le ipotesi che stanno a base della chimica organica: così per es. è stato recentemente confermato che i 4 atomi di Cloro di $C\,Cl_4$ stanno effettivamente ai vertici di un tetraedo regolare, anzi è stato anche possibile misurarne lo spigolo che è risultato di $3\ 10^{-8}$ cm.

Le formule di struttura nello spazio, inventate più che altro come modelli comodi per spiegare i fenomeni della isomeria, assumono improvvisamente una realtà concreta. È questo uno dei risultati più mirabili di queste ricerche.

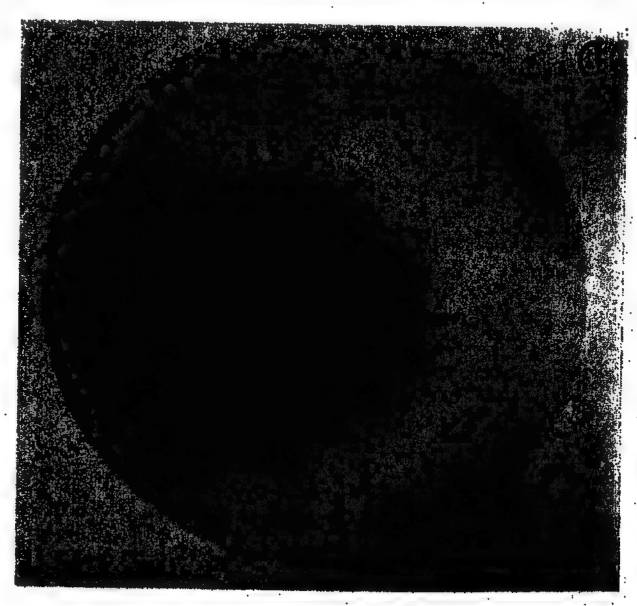


Fig. 6.

Un altro metodo d'indagine della struttura molecolare è lo studio dei momenti elettrici delle molecole. È noto che la costante di elettrica ε di una sostanza, quale per es. si può misurare confrontando le capacità di un condensatore avente per dielet-

(1) Si è scelta come variabile indipendente $4\pi\frac{r_0}{\lambda}\text{sen}\frac{\theta}{2}$ poichè è questa la grandezza più adatta.

(1) Dovuti al Dr. Wierl.

trico il vuoto con quella di un condensatore che ha per dielettrico la sostanza in questione, è eguale a $1 + 4\pi\chi$ in cui $\chi = \mathfrak{M}/E$ è il rapporto tra il momento elettrico dell'unità di volume del dielettrico polarizzato e il campo che produce la polarizzazione ossia la « polarizzabilità » del dielettrico. Orbene, nel caso di un gas in cui le molecole sono a distanza così grande l'una dalle altre da non influenzarsi mutualmente, la polarizzazione del dielettrico può essere divisa in due parti: una dipendente dalla deformazione che sotto l'azione del campo subiscono le molecole, che acquistano ognuna un momento elettrico proporzionale al campo stesso; l'altra dovuta all'azione orientatrice del campo su molecole che avevano già prima un momento elettrico indipendente dal campo, e che non si manifestava perchè l'agitazione termica le poneva in disordine completo in modo che il risultante di tutti i momenti delle singole molecole era nullo. Lo studio della variazione della costante dielettrica in funzione delle temperature, permette di separare le due parti e di risalire al momento elettrico proprio di una molecola. Queste misure si fanno con metodi tratti dalla tecnica radiotelegrafica e sono state eseguite oramai per numerosissime sostanze e confermate con un altro metodo assai più difficile e delicato, ma che permette di raggiungere la singola molecola: il metodo dei raggi di vapore impiegato per la prima volta da Stern e Gerlach per la misura del momento magnetico degli atomi e da Wrede e Estermann per quello del momento elettrico delle molecole.

Un getto di vapore tenuissimo, un raggio di vapore, come suol dirsi, viene lanciato in un campo elettrico inomogeneo come quello che esiste fra due conduttori di forma opportuna (fig. 7). La teoria dei quanti dimostra che le molecole possono orientarsi solo parallelamente o antiparallelamente alle linee di forza. Ma una molecola subisce, oltre alla coppia orientatrice, una forza deviatrice derivante dal fatto che il campo, essendo disuniforme, ha intensità diversa nei punti occupati dai due ioni di carica contraria. Si vede facilmente che questa forza ha per grandezza il prodotto $\mu \cdot \frac{\delta E}{\delta z}$ con significato evidente delle notazioni. Il raggio di vapore si divide pertanto in due, uno costituito da molecole orientate parallelamente al campo elettrico e l'altro da molecole orientate in senso contrario. Si intuisce facilmente come dalla separazione dei due raggi, conosciuto il campo elettrico e la configurazione geometrica dell'apparecchio, si possa riuscire ad una misura del momento elettrico μ delle molecole stesse.

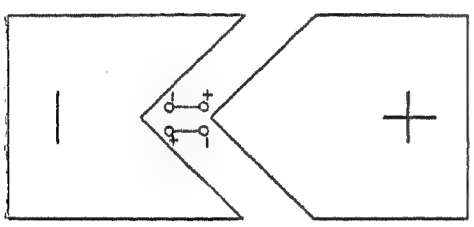


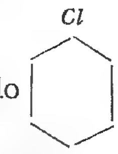
Fig. 7.

Per dare un'idea degli ordini di grandezza in giuoco, diremo che il momento elettrico dell'HCl è $1{,}03 \times 10^{-18}$ *u. e. s.*

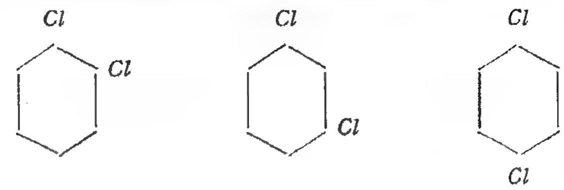
Se si avessero un ione H^+ e un ione Cl^- alla distanza r_0 trovata spettroscopicamente, si avrebbe

$$\mu = 4{,}7 \cdot 10^{-10} \times 1{,}3 \cdot 10^{-8} = 6{,}2 \times 10^{-18}$$

essendo $l = 4{,}7 \times 10^{-10}$ *u. e. s.* la carica di un ione monovalente, pari alla carica di un elettrone. Tra questi due numeri si ha un accordo sull'ordine di grandezza quale ci si può aspettare da questa schematizzazione più che grossolana.

La misura dei momenti elettrici ha notevolmente arricchito le nostre conoscenze sulla struttura molecolare: p. es. ha permesso di stabilire che la molecola H_2O ha la forma di triangolo isoscele. Per questi studi è fondamentale l'osservazione che spesso un gruppo chimico conserva il proprio momento elettrico, anche entrando in combinazione, e che questo momento elettrico si somma vettorialmente con quelli già presenti. Un esempio chiarirà questo punto: È stato misurato il momento elettrico del cloro-benzolo  ed è stato trovato $1{,}56 \times 10^{-18}$ *u. e. s.*

Il benzolo per ragioni di simmetria non ha evidentemente momento elettrico, quindi quello del clorobenzolo, è dovuto al gruppo *C–Cl*. Orbene se si prendono i composti



ossia i diclorobenzoli orto-, meta- e para- e si compongono i momenti elettrici dei gruppi *C–Cl* come se fossero diretti verso il centro dell'anello, si trova che i tre composti rispettivamente dovrebbero avere i momenti $2{,}70 \cdot 10^{-18}$ *u. e. s.*, $1{,}56 \cdot 10^{-18}$, 0, mentre sperimentalmente si trova $2{,}25 \cdot 10^{-18}$; $1{,}48 \cdot 10^{-18}$; 0. Qualora si pensi che i gruppi *C Cl* si perturbano un poco tra di loro, si vede come anche qui le formule di struttura abbiano una chiara conferma. Talchè mentre qualche decina d'anni fa si pensava alle formole chimiche come a un comodo metodo simbolico senza attribuir loro speciale valore, (un celebre chimico tedesco dubitava dell'esistenza stessa degli atomi) ora esse acquistano un valore notevole. Anzi due autori americani sono giunti all'estremo: hanno costruito, con molle di filo e sfere di legno, dei modellini di molecole che hanno molte proprietà delle molecole vere: p. es. le frequenze con cui si muovono le varie parti del modello stanno tra loro negli stessi rapporti delle frequenze proprie delle vere molecole quali ci sono date dall'effetto Ramau, ecc. Naturalmente non si può sperare che queste rappresentazioni portino molto a fondo nella vera struttura delle cose, perchè non bisogna dimenticare che nel mondo atomico vige una meccanica ben diversa da quella macroscopica; tuttavia questa modellistica è certo suggestiva e brillante.

***

Ma se la fisica sperimentale ha permesso di dar tanto peso ai modelli molecolari, la fisica teorica modernissima ha compiuto un'opera di importanza certo non minore spiegando, almeno in taluni casi, l'intima natura delle forze che contengono insieme gli edifici molecolari. Infatti, accettati i modelli quali ci vengono forniti dai metodi di analisi descritti in precedenza, sorge spontanea la domanda quale sia la ragione misteriosa per cui proprio quelle configurazioni debbano essere le più stabili. All'imperiosa urgenza di tale quesito aveva già cercato di rispondere la chimica nella forma ingenua della primitiva teoria della valenza. Gli atomi erano figurati muniti di uncini che si agganciavano gli uni con gli altri; questa figurazione un po' puerile serviva a giustificare numerosi fenomeni chimici e in mancanza di meglio se ne faceva uso. Tuttavia la teoria della valenza e quella strettamente connessa dall'affinità chimica era rimasta un enigma insoluto che minava le fondamenta stesse della chimica fisica. Anche qui la teoria dei quanti ha diradato in gran parte il mistero.

I legami chimici sono fondamentalmente di due specie non perfettamente distinte, ma anzi confinanti e sfumanti l'una nell'altra: legami *omeopolari* ed *eteropolari*. Come esempio della prima possiamo assumere il legame che tiene insieme la molecola di idrogeno H_2, come esempio della seconda il legame *Na Cl* del cloruro di sodio.

La natura del legame eteropolare è essenzialmente elettrica: quando si dissocia dell'*Na Cl* si ottengono ioni Na^+ e ioni Cl^-. L'attrazione elettrostatica degli ioni aggiunta alla polarizzazione elettrica che subisce un ione ad opera dell'altro permette di giustificare con sufficiente approssimazione la formazione della molecola. Per questo tipo di legame non si esce quindi dalle

azioni conosciute anche dalla fisica classica ed una teoria ne era già stata elaborata fin dal 1925 da Hund: anche le forze che agiscono nel modello triangolare dell'H_2O sono parzialmente di questo tipo.

Ben diversa è invece la situazione per il legame omeopolare. La spiegazione della formazione di molecole come H_2 tra atomi eguali e in cui per ragioni di simmetria non possono entrare in giuoco forze elettriche, come nel legame eteropolare, è uno dei successi più brillanti della nuova meccanica. Purtroppo non è possibile dare un'idea di questo soggetto senza ricorrere a nozioni d'indole speciale perchè la spiegazione è basata su di un fenomeno che non ha analogie nella fisica classica: la così detta risonanza di Heisenberg e sulle proprietà dell'elettrone rotante.

La risonanza di Heisenberg è un fenomeno che trae la sua origine dal fatto che tutti gli elettroni sono identici e indistinguibili tra di loro. Finchè si conserva il concetto classico di traiettoria di una particella, è possibile seguire un determinato elettrone, ma nella meccanica quantistica in cui non è possibile seguire la traiettoria di una particella, limitandosi l'osservazione massima a una serie di punti staccati (1), può avvenire uno scambio tra l'elettrone che noi abbiamo osservato per es. nella 1ª osservazione e altri elettroni del sistema senza che nulla possa rivelarcelo; talchè l'elettrone perde ogni individualità e non ha più senso parlare di un *determinato* elettrone, ma solo di *un* elettrone. Da ciò derivano fenomeni che non hanno riscontro nella meccanica classica in cui vale il concetto di traiettoria.

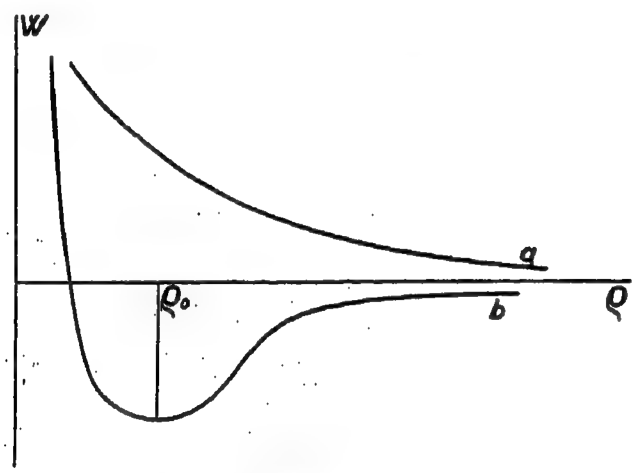


Fig. 8.

Inoltre la concezione primitiva dell'elettrone con una carica e una massa ben definita ha dovuto recentemente essere completata attribuendo all'elettrone anche un momento meccanico e un momento magnetico intrinseci ben definiti e costanti, di grandezza rispettivamente $\frac{h}{4\pi}$ e $\frac{he}{4\pi mc}$ e paralleli. Con c si è indicata la velocità della luce pari a $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec. Queste due ulteriori proprietà vengono compendiate da un modello di elettrone che ruoti su sè stesso e che per questo si chiama elettrone rotante. L'esistenza di questi momenti intrinseci è stata rivelata da fenomeni spettroscopici e confermata da numerosissimi fatti.

Ciò premesso, cercheremo di esporre il risultato di questa teoria. Due atomi di idrogeno hanno un'energia mutua dipendente dalla distanza dei nuclei ossia portando i due nuclei a distanza infinita se ne può ottenere un lavoro che si chiama energia mutua e che può essere positiva o negativa: inoltre i due elettroni dei due atomi si dispongono in modo da avere il momento meccanico intrinseco parallelo oppure antiparallelo. Se tracciamo un diagramma dell'energia mutua in funzione della distanza otteniamo due curve differenti secondo che gli elettroni degli atomi che avviciniamo hanno momento meccanico parallelo (curva *a* fig. 8), oppure antiparallelo (curva *b*). Solo nel secondo caso esiste un minimo di questa energia corrispondente ad una posizione di equilibrio con distanza nucleare ρ_0.

I calcoli permettono di stabilire la distanza nucleare ρ_0 e l'energia di dissociazione W_0 con discreta approssimazione. I momenti meccanici e magnetici degli elettroni fungono in un certo modo da uncini della vecchia teoria della valenza: quando essi si sono posti antiparalleli danno un risultante nullo e le valenze sono saturate.

L'elettrone di un nuovo atomo di H, che volesse entrare nella molecola, non troverebbe più modo di neutralizzare il suo momento intrinseco e sarebbe respinto.

Con questa teoria si può anche spiegare l'inerzia chimica dei gas nobili e vari altri fenomeni, taluni anche assai complessi come per es. l'esistenza di due isomeri *cis* e *trans* del composto $C_2H_2Cl_2$ aventi le formule:

```
H — C — Cl        H — C — Cl
    ||                ||
Cl — C — H        H — C — Cl
```

Mentre invece se il legame tra i due C è semplice, tale tipo di isomeria non esiste come se i due gruppi potessero girare intorno all'asse C-C, e quindi i due isomeri trasformarsi rapidamente l'uno nell'altro.

Ma ci è impossibile insistere ulteriormente su di esso e sui legami che uniscono in genere la stereochimica alla teoria dei quanti.

***

Abbiamo cercato di dar brevemente un'idea dei recenti progressi nello studio delle strutture molecolari complesse. I metodi usati fanno appello alle fenomenologie più disparate; la concordanza dei risultati tra di loro, la chiarezza dell'interpretazione teorica danno diritto a sperare che presto anche di questi edifici si possa avere una conoscenza sicura e profonda come già di quelli più semplici.

EMILIO SEGRÈ.

---

(1) Vedi l'articolo di E. Fermi nel N.° di gennaio di questa Rivista.

ING. FILIPPO ARREDI

Problemi d'economia nelle opere di trasporto dell'acqua negli impianti idroelettrici

1°) Con la presente nota ci si propone di studiare il problema della assegnazione, con criteri di economia, delle dimensioni delle opere di trasporto dell'acqua dalla presa alle condotte forzate degli impianti idroelettrici, supposte le opere stesse interamente in galleria e fissato il loro tracciato planimetrico, supposta indipendente dai carichi interni la struttura di rivestimento, supposta indipendentemente determinata ogni altra parte dell'impianto.

Il problema si presenta in molti casi in quanto le dimensioni delle opere in parola non risultano determinate dalle condizioni idrauliche, mentre le altre opere risultano fissate indipendentemente dalle dimensioni che si ricercano.

Il problema manca solamente ove condizioni generiche (praticabilità delle opere stesse, limite superiore di velocità compatibile con la resistenza dei materiali di rivestimento, velocità limite inferiore atta ad evitare sedimentazione od altro) siano sufficienti a fissare per loro conto le dette dimensioni.

Il problema posto risulta una applicazione particolare di problemi già ampiamente trattati (1).

2°) Verificandosi le condizioni premesse è possibile scindere il costo totale dell'impianto di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia in una parte relativa alle opere di trasporto dell'acqua la quale sarà variabile con le dimensioni di esse, in un'altra relativa a tutte le altre parti dell'impianto da considerarsi caso per caso molto prossimamente fissa.

Di conseguenza, mentre risultano indipendenti dalla soluzione del problema le spese fisse di esercizio relative alla seconda parte delle opere, non lo saranno quelle relative alla prima ma sarà però noto caso per caso il rapporto fra il costo di esercizio e il costo di impianto, rappresentando esso la somma dei tassi di ammortamento, interessi e manutenzione; è d'altra parte da ritenere nota e fissa la spesa variabile d'esercizio (personale, tasse, amministrazione, ecc.). Quindi la spesa totale di esercizio si può esprimere con

$$\Sigma = \tau_f C_f + \tau C + \sigma_f$$

ove C_f rappresenta il costo d'impianto della parte determinata dell'impianto stesso, τ_f il relativo tasso di esercizio; C, τ gli analoghi elementi per le opere le cui dimensioni sono da determinare; σ_f rappresenta le spese variabili.

3°) Sarà da ricercare l'introito che dall'impianto è da attendere per un dato ciclo della potenza erogata in un intervallo di tempo Δt, noto per ogni valore di essa il rendimento η della parte d'impianto compresa fra le condotte forzate e gli apparecchi di misura dell'energia erogata, e noto per ogni valore del tempo t entro Δt il suo prezzo di vendita c.

Stabilendo le perdite di carico in prima approssimazione nelle opere di trasporto dell'acqua sarà possibile collegare ad ogni valore della portata Q la relativa potenza prodotta e i relativi valori di η.

Essendo h il salto geometrico utilizzato dall'impianto, Δh la perdita di carico nelle opere di trasporto e Θ un fattore di passaggio delle unità, l'introito dell'impianto sarà

$$\Theta \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} (h - \Delta h)\, Q \quad c\, d\, t$$

cioè la differenza di un termine, funzione della caduta geometrica, fisso e noto caso per caso, e di uno incognito e dipendente dalle dimensioni delle opere in esame. Avremo, indicando con R_f e R questi termini l'espressione dell'introito

$$R_f - R = R_f - \Theta \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} \Delta\, h\, Q\, \eta\, c\, d\, t$$

4°) Circa la valutazione del costo della galleria sarà facile pervenirvi in dipendenza delle sue dimensioni trasversali applicando il prezzo per unità di volume di scavo c_s (o la sua media quando esso non risulti uniforme lungo il tracciato) al prodotto della sezione trasversale utile della galleria, per la sua lunghezza, applicando il prezzo per unità di superficie di rivestimento c_r (o la relativa media) alla superficie interna della galleria, potendo in quest'ultimo prezzo tener conto oltre che del costo del rivestimento, le cui dimensioni sono facilmente prevedibili con buona approssimazione a priori, anche dello scavo relativo allo spessore del rivestimento stesso. Non sarà in generale da introdurre il costo delle finestre d'attacco, delle discenderie o pozzi risultando esso fissato insieme al tracciato della galleria.

5°) Il reddito che il capitale impiegato $C_f + C$ può dare è pertanto

$$\rho = \frac{R_f - R - \tau_f C_f - \tau C - \sigma_f}{C_f + C}$$

e per la maggior remunerazione del capitale stesso sarà da ricercare la condizione per cui ρ diviene massimo.

È da osservare che per essere R e C in generale piccoli rispetto ad R_f e C_f si avrà una limitata variazione di ρ in rapporto alle variabili del problema; quindi posto

$$\rho = \bar{\rho} + \Delta \rho$$

sarà possibile fissare il valore di $\bar{\rho}$ tale che quando $\rho = \rho_{max}$ risulti $\Delta \rho$ sufficientemente piccolo.

(1) Cfr. L. CONTI: « Pratica delle condotte forzate. - Assegnazione dei diametri » (*AA. LL. PP.* 1926, III). — Idem « Condotte forzate », 1925. Edizione litografata.

La precedente potrà scriversi anche

$$\rho = \bar{\rho} + \Delta\rho = \frac{R_f - R - \tau_f C_f - (\tau + \bar{\rho} + \Delta\rho) C - \sigma_f}{C_f}$$

e osservando che il rapporto $\frac{\Delta\rho C}{C_f}$ risulterà trascurabile rispetto agli altri termini (1)

$$\rho = \sim \frac{R_f - R - \tau_f C_f - (\tau + \bar{\rho}) C - \sigma_f}{C_f}$$

il cui massimo coinciderà con il minimo della espressione:

$$\Psi = R + (\tau + \bar{\rho}) C \qquad [1]$$

Il nostro problema è quindi ridotto a ricercare la condizione per cui la precedente risulti minima.

6°) Nella ipotesi che l'opera di trasporto dell'acqua sia costituita da una galleria in pressione, al suo estremo si avrà il pozzo piezometrico, le cui dimensioni si potranno stabilire riferendosi alla teoria delle colonne liquide oscillanti con le più comuni semplificazioni (1); tali dimensioni dipendono pertanto da quelle della galleria.

È quindi variabile con le dimensioni di questa insieme il costo della galleria e del pozzo.

Ma oltre al caso generale precedente saranno da studiare anche i due più semplici che risultano dal considerare galleria o pozzo soggetti a condizioni particolari che ne fissino qualcuna delle dimensioni; e risulteranno assimilabili a questi, quelli in cui una delle due parti dell'opera risulti di costo trascurabile nei confronti di quello dell'altra.

7°) Poniamoci anzitutto nelle ipotesi che le dimensioni del pozzo siano fissate o trascurabile il costo rispetto a quello della galleria. Questa, circolare di diametro D e di lunghezza L, avrà un costo

$$C = \left(c_s \pi \frac{D^2}{4} + c_r \pi D\right) L$$

e produrrà la perdita di carico

$$\Delta h = I L = Q^2 \gamma (D) L$$

essendo $Q = Q(t)$ la portata di essa in un istante qualunque, I la cadente piezometrica, $\gamma(D) = \frac{I}{Q^2}$ una funzione del diametro e della scabrosità della superficie bagnata.

Assunto il diametro come variabile, l'espressione da rendere minima in rapporto a D per ottenere la condizione di economia sarà

$$\Psi = (\tau + \bar{\rho}) \left(c_s \pi \frac{D^2}{4} + c_r \pi D\right) L + \Theta \gamma (D) L \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} Q^2 \eta c \, dt \qquad [2]$$

ove sarà possibile porre

$$\frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} Q^2 \eta c \, dt = \overline{(Q^2 \eta c)}$$

Il minimo cercato è determinato dalla condizione

$$\frac{\delta \Psi}{\delta D} = (\tau + \bar{\rho}) \left(c_s \pi \frac{D}{2} + c_r \pi\right) L + \Theta L \overline{(Q^2 \eta c)} \frac{\delta \gamma}{\delta D} = 0$$

(1) Per $\begin{cases} C = 0{,}1\, C_f \\ C = 0{,}25\, C_f \end{cases}$ e per $\Delta\rho = 0{,}05$, $\frac{\Delta\rho C}{C_f} = \begin{cases} 0{,}005 \\ 0{,}0125 \end{cases}$

(1) Sulla sufficienza delle condizioni medesime cfr. U. PUPPINI: «Sul calcolo dei pozzi piezometrici per impianti industriali» (*L'Energia Elettrica*, 1925, Fasc. X). — Idem (*L'Energia Elettrica*, 1926, Fasc. X).

cioè dalla (1):

$$\frac{(\tau + \bar{\rho}) \pi}{\Theta \overline{(Q^2 \eta c)}} \left(\frac{1}{2} c_s D + c_r\right) = - \frac{\delta \gamma}{\delta D} \qquad [3]$$

mentre d'altra parte risulta (2)

$$\frac{\delta^2 \Psi}{\delta D^2} > 0$$

La risoluzione della [3] si presenta immediata per via grafica. Se infatti si costruisce in un piano cartesiano che abbia D per ascisse, la curva $y = -\frac{\delta \gamma}{\delta D}$ in funzione di D, curva la quale, fissata la scabrosità della superficie bagnata, risulta indipendente dalle condizioni del caso, e la retta

$$y = \frac{(\tau + \bar{\rho}) \pi}{\Theta \overline{(Q^2 \eta c)}} \left(\frac{1}{2} c_s D + c_r\right)$$

in funzione di D, l'ascissa del loro punto d'intersezione determina il valore di D che soddisfa la [3] e quindi risolve il nostro problema (1).

8°) Quando risulti determinato il diametro D della galleria, se Q_0 è la sua portata massima in condizione di regime ed x_0 la corrispondente perdita di carico in essa, è determinata l'area trasversale ω del pozzo supposto cilindrico e verticale, fissato il massimo sopraelevamento $|x_1|$ sopra il livello idrostatico del pelo d'acqua nel pozzo in regime perturbato e viceversa.

Risulta

$$\omega = - \varepsilon \frac{\Omega L}{2 g \lambda} \frac{1}{x_1}$$

(1) Se si parte da una delle espressioni seguenti di $\gamma(D)$:

a) (BAZIN) $\gamma(D) = a \frac{(\sqrt{D} + 2m)^2}{D^6}$ $a = 0{,}0008567$

b) (MANNING) $\gamma(D) = b \frac{n^2}{D^{\frac{16}{3}}}$ $b = 10{,}294$

si giunge alle espressioni seguenti di $-\frac{\delta \gamma}{\delta D}$:

$$a) \quad -\frac{\delta \gamma}{\delta D} = a D^6 (24 m^2 D^{-1} + 22 m D^{-\frac{1}{2}} + 5)$$

$$b) \quad -\frac{\delta \gamma}{\delta D} = \frac{16}{3} b n^2 D^{-\frac{19}{3}}$$

(2) Infatti perchè

$$\frac{\delta^2 \Psi}{\delta D^2} = \frac{1}{2} \pi (\tau + \bar{\rho}) c_s L + \Theta \overline{(Q^2 \eta c)} L \frac{\delta^2 \gamma}{\delta D^2}$$

sia > 0, dovrà risultare

$$\Theta \overline{(Q^2 \eta c)} L \frac{\delta^2 \gamma}{\delta D^2} > -\frac{1}{2} \pi (\tau + \bar{\rho}) c_s L$$

od anche

$$\frac{\delta^2 \gamma}{\delta D^2} > -\frac{1}{2} \pi \frac{(\tau + \bar{\rho}) c_s}{\Theta \overline{(Q^2 \eta c)}}$$

dalla quale, tenendo conto della condizione [3], si ha

$$\frac{\delta^2 \gamma}{\delta D^2} > \frac{1}{2} \frac{c_s}{\frac{1}{2} c_s D + c_r} \frac{\delta \gamma}{\delta D}$$

evidentemente soddisfatta, risultando in ogni caso

$$\frac{\delta^2 \gamma}{\delta D^2} > 0 \; ; \; \frac{\delta \gamma}{\delta D} < 0$$

(1) Per una soluzione approssimata del problema cfr. ARTHUR L. ADAMS (*Trans. Am. Soc. Civ. Eng.* 1907, LIX, p. 173) secondo il quale il diametro della galleria che dà il minimo della somma del valore dell'energia perduta e del costo della galleria è quello che conduce ad un rapporto 0,4 fra le quantità precedenti.

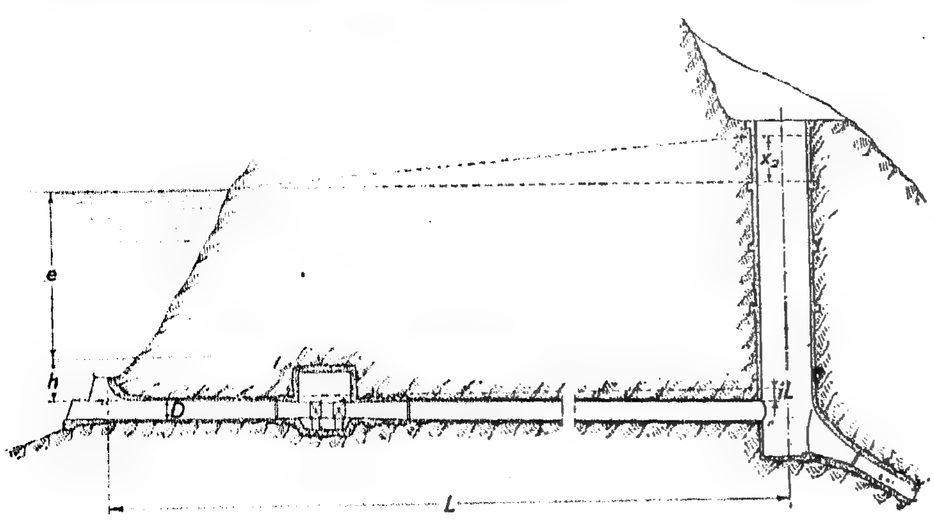
e quindi il raggio del pozzo

$$r = \sqrt{-\frac{\varepsilon\,\Omega\,L}{\pi\,2\,g\,\lambda}\,\frac{1}{x_2}}$$

essendo Ω ed L l'area della sezione trasversale e la lunghezza della galleria, $\lambda = \frac{\alpha}{2g} + \frac{b}{\bar{R}} L$ ove $\frac{\alpha}{2g}$ è il coefficiente relativo alla caduta di pressione all'imbocco della galleria, corrispondente sia all'acquisto della velocità, sia alla resistenza dovuta alla presenza della griglia o altro, b, $\bar{R}$, rispettivamente, il coefficiente d'attrito e il raggio medio nella formula $\bar{R}I = b\,v^2$, infine ε un coefficiente dipendente dal rapporto $\frac{x_0}{|x_2|}$ che assume i seguenti valori (1):

per $\frac{x_0}{\lvert x_2\rvert}$ =	6	5	4	3	2	1,5	1,0	0,5
ε =	0,999	0,998	0,993	0,980	0,940	0,892	0,797	0,582

Se a monte della galleria trovasi un serbatoio di regolazione in cui l'oscillazione massima di livello sia e, se i è la pendenza



assiale della galleria, e D il diametro di essa, h l'altezza del pelo minimo del serbatoio sul cielo della galleria nella sezione d'imbocco, l'altezza totale del pozzo dovrà essere

$$D + i\,L + e + h + |x_2|;$$

ove la somma $i\,L + h$ risulti maggiore della somma della massima perdita di carico $\Delta h_0 = I_0 L$ e dell'abbassamento del pelo d'acqua per aumento di carico (condizione che, per $i > I_0$ ed L non piccolo, ovvero per h opportuno, è da ritenere sussistente) tale altezza garantisce la sufficienza del pozzo rispetto al massimo livello e un carico non nullo in ogni punto della galleria con il minor livello nel pozzo.

Supponendo il pozzo interamente ricavato nel suolo le espressioni seguenti ci danno il volume di scavo utile e la superficie da rivestire.

Volume di scavo utile

$$\omega\,(D + i\,L + e + h + |x_2|) = \varepsilon\,\frac{\Omega\,L}{2\,g\,\lambda}\left(\frac{D + i\,L + e + h}{|x_2|} + 1\right)$$

Superficie di rivestimento laterale

$$2\,\pi\,r\,(D + i\,L + e + h + |x_2|) = 2\sqrt{\pi}\sqrt{\frac{\varepsilon\,\Omega\,L}{2\,g\,\lambda}}\left(\frac{D + i\,L + e + h}{\sqrt{|x_2|}} + \sqrt{|x_2|}\right)$$

Superficie di rivestimento del fondo, o del fondo e del cielo

$$\pi\,r^2 \quad ; \quad 2\,\pi\,r^2$$

e in generale $k\,\pi\,r^2$ potendo essere $k = 1$ o $k = 2$.

Superficie di rivestimento totale

$$2\,\pi\,r\left(D + i\,L + e + h + |x_2| + k\,\frac{r}{2}\right) = 2\sqrt{\pi}\sqrt{\frac{\varepsilon\,\Omega\,L}{2\,g\,\lambda}}\left(\frac{D + i\,L + e + h}{\sqrt{|x_2|}} + \sqrt{|x_2|} + \frac{k}{2\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{\varepsilon\,\Omega\,L}{2\,g\,\lambda}}\,\frac{1}{|x_2|}\right).$$

Essendo c_s e c_r i costi unitari dello scavo e del rivestimento, ricordando quanto di essi si è osservato al paragrafo 4, il costo totale del pozzo risulta

$$C_p = \varepsilon\,\frac{\Omega\,L}{2\,g\,\lambda}\left(\frac{D + i\,L + e + h}{|x_2|} + 1\right) c_s + 2\sqrt{\pi}\sqrt{\frac{\varepsilon\,\Omega\,L}{2\,g\,\lambda}}\left(\frac{D + i\,L + e + h}{\sqrt{|x_2|}} + \sqrt{|x_2|} + \frac{k}{2\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{\varepsilon\,\Omega\,L}{2\,g\,\lambda}}\,\frac{1}{|x_2|}\right) c_r$$

la quale, posto $\frac{\Omega\,L}{2\,g\,\lambda} = A$ e $D + i\,L + e + h = a$, essendo A solo funzione delle dimensioni della galleria e a ancora funzione delle dimensioni della galleria, e delle caratteristiche del serbatoio, diviene

$$C_p = \varepsilon\,A\left(\frac{a}{|x_2|} + 1\right) c_s + 2\sqrt{\pi\,\varepsilon\,A}\left(\frac{a}{\sqrt{|x_2|}} + \sqrt{|x_2|} + \frac{k}{2\sqrt{\pi}}\sqrt{\varepsilon A}\,\frac{1}{|x_2|}\right) c_r$$

od anche

$$C_p = \varepsilon\,A\left(|x_2|^{-1}(a\,c_s + k c_r) + c_s\right) + 2\sqrt{\pi\,\varepsilon\,A}\left(a|x_2|^{-\frac{1}{2}} + |x_2|^{\frac{1}{2}}\right) c_r \qquad [4]$$

Il valore di $|x_2|$ che conduce al massimo reddito del capitale sarà dato dall'annullarsi della derivata di $(\tau_p + \rho)\,C_p$ in rapporto a $|x_2|$, ove τ_p è il tasso annuo d'esercizio del pozzo, che coincide con l'annullarsi della derivata di C_p in rapporto a $|x_2|$; cioè

$$\frac{\delta\,C_p}{\delta\,|x_2|} = -\,\varepsilon\,A\,|x_2|^{-2}(a\,c_s + k c_r) + 2\sqrt{\pi\,\varepsilon\,A}\left[-\frac{1}{2}\,a\,|x_2|^{-\frac{3}{2}} + \frac{1}{2}\,|x_2|^{-\frac{1}{2}}\right] c_r + A\left[|x_2|^{-1}(a\,c_s + k c_r) + c_s\right]\frac{\delta\,\varepsilon}{\delta\,|x_2|} + 2\sqrt{\pi\,A}\left[a\,|x_2|^{-\frac{1}{2}} + |x_2|^{\frac{1}{2}}\right] c_r\,\frac{\delta\sqrt{\varepsilon}}{\delta\,|x_2|} = 0 \qquad [5]$$

Se si osserva con il Di Ricco che il fattore ε è assai poco variabile e il suo valore è prossimo all'unità per $\frac{x_0}{|x_2|} > 2$, e che in ogni caso il considerarlo uguale ad 1 conduce a valori di ω in eccesso, sarà lecito porre nella precedente, almeno in prima approssimazione

$$\frac{\delta\,\varepsilon}{\delta\,|x_2|} = 0 \qquad \frac{\delta\sqrt{\varepsilon}}{\delta\,|x_2|} = 0 \qquad \varepsilon = 1 \qquad \sqrt{\varepsilon} = 1$$

con che la precedente diviene

$$-\,A\,|x_2|^{-2}(a\,c_s + k c_r) + 2\sqrt{\pi\,A}\left(-\frac{1}{2}\,a\,|x_2|^{-\frac{3}{2}} + \frac{1}{2}\,|x_2|^{-\frac{1}{2}}\right) c_r = 0 \qquad [5']$$

(1) G. Di Ricco: « Il problema idraulico nelle vasche d'oscillazione (pozzi piezometrici) delle grandi condotte forzate » (*Giornale del G. C.*, IX, 1923).

ed infine (1)

$$\sqrt{\frac{A}{\pi}}\ \frac{a\,c_s + k\,c_r}{c_r} + a\sqrt{|x_2|} = \left(\sqrt{|x_2|}\right)^3 \qquad [6]$$

ove in molti casi si potrà pure porre $a\,c_s + k\,c_r = \sim a\,c_s$.

Non sarà inutile osservare che acciocchè sia soddisfatta la [5'] deve risultare il secondo termine di essa positivo per il che

$$a\ |x_2|^{-\frac{3}{2}} < |x_2|^{-\frac{1}{2}}$$

od anche

$$|x_2| > a$$

cioè

$$|x_2| > D + i\,L + e + h$$

il che significa che l'altezza totale del pozzo deve essere maggiore del doppio della profondità del pozzo, sotto il massimo livello idrostatico nel pozzo stesso.

Alla risoluzione della equazione precedente sarà facile pervenire per via grafica, tracciando in un piano cartesiano le cui ascisse siano $\sqrt{|x_2|}$ la curva

$$y = \left(\sqrt{|x_2|}\right)^3$$

e ricercando la sua intersezione con la retta

$$y = \sqrt{\frac{A}{\pi}}\ \frac{a\,c_s + k\,c_r}{c_s} + a\sqrt{|x_2|}.$$

L'ascissa del punto d'intersezione potrà fornire il valore di $\sqrt{|x_2|}$ che soddisfa alla [6] e determina il valore di $|x_2|$ economico.

Sarà sempre possibile dopo ciò verificare se nei riguardi del valore trovato di $|x_2|$ sono ammissibili le ipotesi

$$\frac{\delta\,\varepsilon}{\delta\,|x_2|} = 0 \quad \frac{\delta\sqrt{\varepsilon}}{\delta\,|x_2|} = 0 \qquad \varepsilon = 1 \qquad \sqrt{\varepsilon} = 1$$

e quando il distacco dalle ipotesi stesse si presentasse inaccettabile, calcolare i valori di ε e $\sqrt{\varepsilon}$ e delle derivate per il valore di $|x_2|$ trovato, e compiere la risoluzione dell'equazione completa procedendo per tentativi.

9°) È opportuno considerare il caso che il pozzo piezometrico sia previsto ancora cilindrico ma anzichè ricavato nel suolo, completamente sopraelevato su di esso, e ancora fisse le dimensioni della galleria. Chiameremo con d il suo diametro interno, H la sua altezza totale utile.

Tale altezza è legata al diametro dalle relazioni già citate

$$H = D + i\,L + e + h + |x_2| \qquad |x_2| = \varepsilon\,\frac{\Omega\ L}{2\,g\,\lambda\,\pi\,\frac{d^2}{4}}.$$

Lo spessore da assegnare alla struttura sarà crescente con H e potrà in genere scriversi nella forma

$$s = s_0 + s_1\,H^{\nu}$$

ove s_0, s_1, ν si potranno ritenere, caso per caso, costanti, salvo opportuna scelta dei loro valori.

Il costo per unità di volume della struttura non potrà ritenersi costante, ma sarà ancora da porre

$$c = c_0 + c_1\,H^{\mu}$$

con c_0, c_1, μ da ritenersi caso per caso costanti con una opportuna scelta dei loro valori.

Il volume della struttura sarà

$$\int_0^H \pi\ (d + s)\ s\ d\,H$$

ed il costo

$$C_p = \int_0^H c\,\pi\ (d + s)\ s\ d\,H$$

dalla quale dopo la sostituzione delle espressioni precedenti di c e di s e dopo integrazione si perviene alla

$$C_p = \pi\ \Big[c_0\,s_0\,(s_0 + d)\,H + \frac{c_0\,s_1}{\nu + 1}\,(2\,s_0 + d)\ H^{\nu + 1} + $$
$$+ \frac{c_0\,s^1}{2\,\nu + 1}\ s_1\,H^{2\,\nu + 1} + \frac{c_1\,s_0}{\mu + 1}\ (s_0 + d)\,H^{\mu + 1} + $$
$$+ \frac{c_1\,s_1}{\mu + \nu + 1}\,(2\,s_0 + d)\ H^{\mu + \nu + 1} + \frac{c_1\,s_1}{2\,\nu + \mu + 1}\ s_1\,H^{2\,\nu + \mu + 1}\Big] \qquad [7]$$

Derivando C_p per rapporto a d si otterrà

$$\frac{\delta\,C_p}{\delta\,d} = \pi\ \Big[c_0\ s_0\ (s_0 + d) + c_0\,s_1\ (2\,s_0 + d)\ H^{\nu} + c_0\,s_1^2\,H^{2\,\nu} + $$
$$+ c_1\,s_0\ (s_0 + d)\,H^{\mu} + c_1\,s_1\,(2\,s_0 + d)\ H^{\nu + \mu} + c_1\,s_1^2\ H^{2\,\nu + \mu}\Big]\frac{\delta H}{\delta d} + $$
$$+ \pi\Big[c_0 s_0 H + \frac{c_0\ s_1}{\nu + 1}\,H^{\nu + 1} + \frac{c_1\ s_0}{\mu + 1}\,H^{\mu + 1} + \frac{c_1\ s_1}{\mu + \nu + 1}\,H^{\mu + \nu + 1}\Big] \qquad [8]$$

La precedente dovrà esser nulla in corrispondenza al valore di d per cui si ha il massimo reddito del capitale e il minimo costo, e in essa è da sostituire

$$H = D + i\,L + e + h + \frac{\Omega\,L}{2\,g\,\lambda\,\pi\,\frac{d^2}{4}}\ ; \frac{\delta\,H}{\delta\,d} = -\,\frac{8\,\Omega\,L}{2\,g\,\lambda}\ \frac{1}{\pi\,d^3}$$

potendosi ritenere almeno in prima approssimazione ε costante ed uguale ad 1 come si è detto al paragrafo 8.

La precedente non si presta a ricavare facilmente il valore economico di d ma potrà servire alla verifica della economicità di dimensioni stabilite a priori.

10°) I risultati dei calcoli precedenti sono da ritenere valevoli finchè condizioni particolari fissino le dimensioni dell'una o dell'altra delle opere considerate o quando il costo dell'una risulti trascurabile nei confronti di quello dell'altra. Nel caso più generale è da studiare la convenienza economica della galleria e del pozzo insieme, dipendendo le dimensioni del secondo da quelle della prima.

È intanto da osservare che in generale risulta la somma $e + h + i\,L$ molto maggiore di D; e che sarà possibile stabilire a priori un valore approssimato $\overline{D}$ di D tale che posto $D = \overline{D} + \Delta\,D$ risulti $\Delta\ D$ trascurabile nei confronti di $e + h + i\,L + \overline{D}$ in corrispondenza al valore economico di D. Pertanto porre $a = e +$

---

(1) Si ha inoltre

$$\frac{\delta^2\,C_p}{\delta\,|x_2|^2} = 2\,A\ |x_2|^{-3}(a\,c_s + k\,c_r) + 2\,\sqrt{\pi\,A}\ \left(\frac{3}{4}\,a\ |x_2|^{-\frac{5}{2}} - \frac{1}{4}\,|x_2|^{-\frac{3}{2}}\right)c_r$$

mentre la [5'] può essere scritta

$$2\,A\ |x_2|^{-3}(a\,c_s + k\,c_r) - 4\,\sqrt{\pi\,A}\ \left(-\frac{1}{2}\,a\ |x_2|^{-\frac{5}{2}} + \frac{1}{2}\ |x_2|^{-\frac{3}{2}}\right)\ c_r$$

e sostituita nella precedente darà

$$\frac{\delta^2\,C_p}{\delta\ |x_2|^2} = \frac{1}{2}\,\sqrt{\pi\,A}\ \left[-\,a\ |x_2|^{-\frac{5}{2}} + |x_2|^{-\frac{3}{2}}\right]c_r.$$

Per essere $\frac{\delta^2\,C_p}{\delta\,|x_2|^2} > 0$ dovrà essere $|x_2|^{-\frac{3}{2}} > a\ |x_2|^{-\frac{5}{2}}$

ovvero

$$1 > a\ |x_2|^{-1}$$

la quale è soddisfatta giacchè deve risultare nella [5'] per essere il secondo termine positivo

$$a\ |x_2|^{-\frac{3}{2}} < |x_2|^{-\frac{1}{2}}$$

cioè

$$1 > a\ |x_2|^{-1}$$

$+h+i\,L+D$ e quindi ritenere a costante non influirà sulla generalità del problema. Pur con tale semplificazione occorre procedere per via indiretta cioè, occorre ricercare per vari valori di D i valori della funzione da rendere minima

$$R+(\tau+\bar{\rho})\,C+(\tau_p+\bar{\rho})\;C_p$$

per riconoscere il suo punto di minimo.

Cioè, prefissati i valori di D si potranno calcolare i valori di $R+(\tau+\bar{\rho})\;C$ per la galleria, ricercare il valore di $|x_2|$ economico corrispondente ad ogni valore prefissato di D col metodo esposto, determinare $(\tau_p+\bar{\rho})\;C_p$ da sommare a $R+(\tau+\bar{\rho})\;C$.

Nel grafico dei valori di $R+(\tau+\bar{\rho})\;C+(\tau_p+\bar{\rho})\;C_p$ in funzione di D si potrà riconoscere un punto di minimo e determinare il corrispondente valore di D.

11°) Considereremo da ultimo il caso in cui il trasporto dell'acqua dalle opere di presa alla tubazione forzata avvenga a mezzo di canale a pelo libero in galleria, di cui sia noto a priori il tracciato planimetrico e conseguentemente la lunghezza (1). Previsioni circa le caratteristiche dei terreni traversati determineranno la forma della sezione trasversale da assegnare al canale; con la forma sarà determinata in essa una altezza del pelo d'acqua cui corrisponderà la portata massima, e che in generale non corrisponderà al completo riempimento della sezione stessa.

Fissata la forma, ogni elemento geometrico della sezione è esprimibile in funzione di un unico parametro lineare, che solo sarà da determinare. Assunto come parametro il raggio medio $\bar{r}$ della sezione bagnata corrispondente alla massima portata del canale, si avrà la corrispondente area bagnata e perimetro bagnato dalle

$$\omega_a = N\,\bar{r}^2 \qquad\qquad p_a = N\,\bar{r}$$

ove N dipende solamente dalla forma della sezione. Dipendenti solo dalla forma sono pure i rapporti tra l'area totale ω della galleria ed ω_a, e fra il perimetro totale della galleria p e il perimetro bagnato p_a:

$$\frac{\omega}{\omega_a} = \alpha \qquad\qquad \frac{p}{p_a} = \beta.$$

Risulta così l'area totale della sezione e il suo perimetro

$$\omega = \alpha\,N\,\bar{r}^2 \qquad\qquad p = \beta\,N\,\bar{r}$$

Note le erogazioni di energia e prefissata una pendenza di prima approssimazione del canale sarà possibile ottenere la successione delle portate $Q = Q\;(t)$ in un intiero ciclo della durata $\Delta\,t$, e saranno noti i relativi rendimenti η tra l'imbocco delle tubazioni forzate e gli apparecchi di misura dell'energia erogata, i relativi prezzi di vendita c dell'energia. Sarà quindi possibile conoscere il valore della

$$\frac{1}{\Delta\,t}\int_0^{\Delta\,t} Q\,\eta\,c\,d\,t$$

e il valore della

$$\frac{1}{\Delta\,t}\int_0^{\Delta\,t} \eta\,c\,d\,t$$

Poniamo

$$\bar{Q} = \frac{\dfrac{1}{\Delta\,t}\displaystyle\int_0^{\Delta\,t} Q\,\eta\,c\,d\,t}{\dfrac{1}{\Delta\,t}\displaystyle\int_0^{\Delta\,t} \eta\,c\,d\,t}$$

e

$$\frac{1}{\Delta\,t}\int_0^{\Delta\,t} \eta\,c\,d\,t = (\overline{\eta\,c})$$

mentre d'altra parte si può conoscere il rapporto tra la $\bar{Q}$ e la massima portata Q_0 del ciclo

$$\frac{\bar{Q}}{Q_0} = k.$$

Ricordando quanto esposto in precedenza sarà da considerare la funzione

$$\Psi = (\tau+\bar{\rho})\;C+R = (\tau+\bar{\rho})\;(\omega\,c_s+p\;c_r)\;L+\Theta\,\Delta\,h\,\frac{1}{\Delta\,t}\int_0^{\Delta\,t} Q\,\eta\,c\,d\,t$$

essendo $\Delta\;h$ il dislivello tra i peli d'acqua all'imbocco e allo sbocco del canale; essendo i la pendenza del suo fondo

$$\Delta\,h = i\,L$$

e la precedente diviene

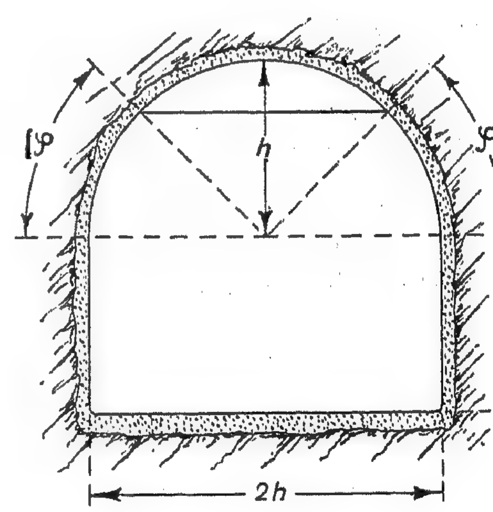
$$\Psi = (\tau+\bar{\rho})\;N\,(\alpha\,\bar{r}^2\;c_s+\beta\,\bar{r}\,c_r)\;\;L+\Theta\,i\,L\,k\,Q_0\;(\overline{\eta\,c}) \qquad [9]$$

Riferendosi nel caso in esame a canali di pendenza non piccolissima si potrà ritenere il coefficiente $C\;(\bar{r})$ di Chezy della formula del regime uniforme, funzione del solo raggio medio oltre che della scabrosità, e la formula del regime uniforme può essere scritta

$$Q = \omega_a\,C\;(\bar{r})\;\sqrt{\bar{r}\,i} = N\,\bar{r}^2\,C\;(\bar{r})\;\sqrt{\bar{r}\,i}$$

od anche

$$\frac{i}{Q^2} = \frac{1}{N^2}\;\frac{1}{\bar{r}^5\,\left\{C\,(\bar{r})\right\}^2}$$



ove posto

$$\gamma\;(\bar{r}) \;=\; \frac{1}{\bar{r}^5\,\left\{C\,(\bar{r})\right\}^2}$$

si ha (1)

$$\frac{i}{Q^2} \;=\; \frac{1}{N^2}\,\gamma\;(\bar{r})$$

La [9] diviene

$$\Psi = (\tau+\bar{\rho})\,N\,(\alpha\;\bar{r}^2\,c_s+\beta\,\bar{r}\;c_r)\,L+\Theta\,L\,k\;\frac{Q_0^3}{N^2}\;(\overline{\eta\;c})\;\;\gamma\;(\bar{r}) \qquad [9']$$

Il minimo di Ψ coinciderà con l'annullarsi di $\dfrac{\delta\,\Psi}{\delta\,\bar{r}}$ cioè con il verificarsi della

$$\frac{\delta\,\Psi}{\delta\,\bar{r}} = (\tau+\bar{\rho})\;N\;(2\;\alpha\,\bar{r}\,c_s+\beta\,c_r)\;L+\Theta\,L\,k\,\frac{Q_0^3}{N^2}\,(\overline{\eta\,c})\;\frac{\delta\,\gamma\;(\bar{r})}{\delta\,\bar{r}} = 0 \quad [10]$$

---

(1) Per il problema generale di economia di canali alimentanti impianti industriali cfr. L. CONTI: « Canali » Lezioni tenute nella R. Scuola di Ingegneria di Roma nell'anno 1930-31.

(1) La funzione $\gamma\;(\bar{r})$ che si considera in questo paragrafo è legata alla funzione $\gamma\;(D)$ considerata nel paragrafo 7 dalle relazioni seguenti:

$$\gamma\;(\bar{r}) \;=\; \frac{1}{16\,\pi^2}\,\gamma\;(D) \qquad\qquad D = 4\,\bar{r}$$

e inoltre

$$\frac{\delta\,\gamma\;(\bar{r})}{\delta\,\bar{r}} = \frac{1}{4\;\pi^2}\;\frac{\delta\,\gamma\;(D)}{\delta\,D}$$

che si può porre nella forma

$$\frac{N^3 (\tau+\bar{\rho})}{\Theta\, k\, (\overline{\eta c})\, Q_0^3} (2\, \alpha\, c_s\, \bar{r} + \beta\, c_r) = - \frac{\delta\, \gamma\, (\bar{r})}{\delta\, \bar{r}} \qquad [10']$$

giacchè la $\frac{\delta^2 \Psi}{\delta\, \bar{r}^2}$ risulta positiva (1).

Il valore economico di $\bar{r}$ sarà quello che soddisfa alla precedente, la cui risoluzione può essere con vantaggio compiuta per via grafica con il metodo già accennato, costruendo cioè la curva $y = - \frac{\delta\, \gamma\, (\bar{r})}{\delta\, \bar{r}}$ in funzione di $\bar{r}$, la quale risulta indipendente dalle condizioni del caso, e la retta

$$y = \frac{N^3 (\tau + \bar{\rho})}{\Theta\, k\, (\overline{\eta c})\, Q_0^3} (2\, \alpha\, c_s\, \bar{r} + \beta\, c_r)$$

Il punto d'intersezione della retta colla curva determinerà il valore di $\bar{r}$ cercato.

12°) Tornerà utile svolgere un esempio del caso ultimo trattato.

Supporremo la galleria in terreno non spingente e atto a sostenersi nel quale sia conveniente una sezione costituita da un semiquadrato con sovrapposto un semicerchio (2).

Con le notazioni di figura risulta

$$\omega_a = h^2 \left(2 + \varphi + \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2\, \varphi\right)$$

$$p_a = 2\, h\, (2 + \varphi)$$

$$\bar{r} = \frac{1}{2} h \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\operatorname{sen} 2\, \varphi}{2 + \varphi}\right)$$

da ciò

$$N = 4 \frac{\left(2 + \varphi + \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2\, \varphi\right)}{\left(1 + \frac{1}{2} \frac{\operatorname{sen} 2\, \varphi}{2 + \varphi}\right)^2} = \frac{4\, (2 + \varphi)^2}{2 + \varphi + \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2\, \varphi}$$

Il massimo della portata, coincidente con il massimo di $\bar{r}$ si otterrà con la condizione che $\frac{\delta\, \bar{r}}{\delta\, \varphi} = 0$ cioè con la

$$4 + 2\, \varphi = \operatorname{tag} 2\, \varphi$$

ciò che è verificato per

$$\varphi = 39^\circ\, 44'\, 30''$$

in corrispondenza risulta

$$N = 2 \frac{\operatorname{tag} 2\, \varphi}{1 + \cos 2\, \varphi} = 9{,}1107$$

$$\alpha = \frac{2 + \frac{\pi}{2}}{2 + \varphi + \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2\, \varphi} = 1{,}1211 \qquad \beta = \frac{4 + \pi}{2\, (2 + \varphi)} = 1{,}3258$$

Con ciò, e noto

$$Q_0 \quad , \quad \alpha \quad , \quad (\overline{\eta c}) \quad , \quad c_s \quad , \quad c_r$$

risultano determinati i coefficienti della retta.

Sarà sufficiente nella maggior parte dei casi adottare per $C\, (\bar{r})$ le espressioni più semplici quale ad esempio quella del Manning

$$C\, (\bar{r}) = \frac{1}{n} \bar{r}^{\frac{1}{6}}$$

con che l'equazione della curva

$$y = - \frac{\delta\, \gamma\, (\bar{r})}{\delta\, \bar{r}}$$

diviene

$$y = \frac{16}{3} n^2 \bar{r}^{-\frac{19}{3}}$$

con la quale è possibile il tracciamento della curva e la ricerca del valore di $\bar{r}$ che corrisponde all'intersezione della curva stessa con la retta precedente.

Le formule precedenti ci danno inoltre

$$h = 2\, \bar{r} \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{2} \frac{\operatorname{sen} 2\, \varphi}{2 + \varphi}\right)}$$

da cui è possibile subito ricavare h mentre la pendenza sarà determinata dalla

$$i = \frac{Q_0^2}{N^2} \gamma\, (\bar{r}) = \frac{Q_0^2}{N^2} n^2 \bar{r}^{-\frac{16}{3}}$$

Roma, aprile 1931-*IX*.

ING. FILIPPO ARREDI
GABINETTO DI COSTRUZ. IDRAULICHE
DELLA R. SCUOLA D'INGEGNERIA.

---

(1) Infatti sarà

$$\frac{\delta^2 \Psi}{\delta\, \bar{r}^2} = (r + \bar{\rho})\; 2\; N\; \alpha\; c_{s3}\, L + \Theta\, L\, k\, \frac{Q_0^3}{N^2} (\eta\, c) \frac{\delta^2\, \gamma\, (\bar{r})}{\delta\, \bar{r}^2}$$

che sarà maggiore di zero se

$$- \frac{2\, (\tau + \bar{\rho})\, N^3 \alpha\, c_s}{\Theta\, k\, (\overline{\eta c})\, Q_0^3} < \frac{\delta^2\, \gamma\, (\bar{r})}{\delta\, \bar{r}^2}$$

nella quale sostituendo la (10') si ha

$$\frac{2\, \alpha\, c_s}{2\, \alpha\, c_s\, \bar{r} + \beta\, c_r} \cdot \frac{\delta\, \gamma\, (\bar{r})}{\delta\, \bar{r}} < \frac{\delta^2\, \gamma\, (\bar{r})}{\delta\, \bar{r}^2}$$

relazione soddisfatta essendo in ogni caso $\frac{\delta\, \gamma\, (\bar{r})}{\delta\, \bar{r}} < 0$ e $\frac{\delta^2\, \gamma\, (\bar{r})}{\delta\, \bar{r}^2} > 0$.

(2) Cfr. L. CONTI. « CANOLI » Lezioni Ecc.

Gli impianti idroelettrici del Municipio di Torino nell'alta valle dell'Orco

(*Continuazione e fine, vedi fasc. V. Vol. VIII, pag.* 385)

IV – La costruzione dello sbarramento di Ceresole Reale.

Provvedimenti generali per l'esecuzione dei lavori.

In seguito alla deliberazione presa nell'aprile 1925 dall'Amministrazione del Municipio di Torino, di dar corso alla esecuzione degli impianti di derivazione dell'Orco, fra Ceresole Reale e Rosone, ebbero inizio le pratiche relative agli espropri dei terreni interessati dalle opere previste. Tali espropri vennero eseguiti con l'appoggio della dichiarazione di urgenza e di indifferibilità dei lavori per la derivazione dall'Orco e della conseguente autorizzazione, da parte del Ministero dei Lavori Pubblici, ad occupare i terreni necessari; ma solo in pochi casi fu necessario l'intervento del Genio Civile per la stima dei terreni soggetti ad occupazione. I prezzi d'acquisto, stabiliti in relazione alla natura, alla consistenza e alla posizione degli stabili, variarono nella misura seguente:

a) per i terreni occupati dalle vasche di carico, dalle condotte, dalla centrale col relativo piazzale e dalle case di abitazione del personale addetto alla centrale stessa: da L. 5.15 a L. 4.70 per m^2 per i prati irrigui prossimi all'abitato e per la maggior parte confinanti con la strada, fino a L. 0,10 per m^2, per gli incolti sterili;

b) per i terreni occupati dal serbatoio di Ceresole Reale e relative opere di sbarramento e provvisionali: da L. 3.30 al m^2 per i coltivi irrigui ad un minimo di L. 0,11 per m^2 per gli incolti sterili e la roccia nuda.

Oltre al valore dei terreni venne pure fissata una indennità per il taglio delle piante, le quali furono però lasciate a disposizione dei proprietari. I fabbricati vennero valutati a seconda del tipo di costruzione, dell'uso, dell'importanza e dello stato di conservazione rispettivi.

Per far fronte alle spese necessarie per l'attuazione della grande impresa, il Comune di Torino procedette ad una vasta operazione finanziaria. La Cassa di Risparmio di Torino, sin dal 3 aprile 1925, aveva consentito ad un'apertura di credito di L. 100.000.000, da erogarsi in conto corrente per quattro anni (1); conto corrente che doveva essere convertito in mutuo a lunga scadenza al termine del quadriennio. Le trattative per fissare tutte le modalità dell'operazione vennero definitivamente concluse ai primi di settembre del 1925; successivamente la Cassa di Risparmio provvide al primo finanziamento dell'opera (fino alla concorrenza di L. 100 milioni), a partire dal dicembre 1925.

Data la convenienza per il Comune di avere, per qualsiasi eventualità avvenire, un solo Istituto finanziatore dell'opera in costruzione, venne ulteriormente richiesta alla Cassa di Risparmio una seconda concessione di mutuo per altre L. 80.000.000; non essendo però consentito dalle disposizioni statutarie della Cassa di Risparmio la concessione di un secondo mutuo nella forma e alle condizioni di quello già accordato, la Cassa dichiarò di essere disposta a combinare il finanziamento dell'Orco per altre L. 80.000.000, a condizione che le anticipazioni dei fondi occorrenti le venissero rimborsate contro cessione di obbligazioni da ottenersi dal Consorzio di Credito per le opere pubbliche in Roma, uguali, nel tipo e nelle condizioni, a quelle di una precedente emissione già concessa dal Consorzio stesso al Comune. Vennero quindi concordate col predetto Consorzio le condizioni per la nuova operazione.

I due mutui, tuttavia, non risultano ancora sufficienti per sopperire alla spesa totale occorrente per l'attuazione della derivazione e perciò il Municipio di Torino dovrà provvedere ad una nuova operazione finanziaria.

Decisa l'esecuzione dell'impianto e avviate le trattative per il finanziamento dell'opera e l'acquisto dei terreni necessari, restavano da prendere le necessarie deliberazioni per gli appalti delle diverse opere e forniture, in modo da ultimare tutti i lavori contemporaneamente (ad eccezione della grande diga di Ceresole Reale) per poter far funzionare l'impianto parzialmente anche senza il serbatoio stagionale di Ceresole. Per procedere all'affidamento dei lavori, vennero raggruppati quelli affini e da eseguirsi in una medesima località in un unico lotto, ottenendo così una suddivisione di tutte le opere in 12 lotti, i quali furono poi appaltati in epoche diverse a seconda del tempo occorrente per l'ultimazione dei lavori ad essi inerenti.

Quanto alla forma degli appalti, non essendosi ritenuta consigliabile l'asta pubblica o la licitazione privata pura e semplice, data la specialità e l'importanza dei lavori, si invitarono varie ditte specializzate a presentare delle offerte che dovevano essere esaminate da una speciale commissione con riguardo agli elementi tecnici ed economici e alle garanzie che ciascuna ditta poteva offrire per la buona e sollecita esecuzione dei lavori.

In tal modo la costruzione delle opere di sbarramento e di presa del serbatoio di Ceresole Reale, insieme al primo tratto di canale (compreso lo sfioratore di regime) e al fabbricato di abitazione del personale, venne affidata alla Soc. costruzioni idrauliche ed edilizie di Torino.

Data la particolare importanza tecnica e costruttiva delle opere di sbarramento comprese in questo primo lotto, riteniamo opportuno diffonderci sui particolari dell'organizzazione dei cantieri e dei lavori ad esse attinenti, sorvolando invece sui lavori degli altri lotti.

Lavori preliminari e impianti sussidiari.

Prima di iniziare la costruzione delle opere di ritenuta e di presa del serbatoio di Ceresole Reale, fu necessario sistemare anzitutto il tratto di strada Pont Canavese-Ceresole Reale, costruendo anche una breve diramazione per l'accesso alla località di sbarramento ed eseguire inoltre, in breve tempo, un impianto provvisorio per la produzione di energia elettrica, con le relative linee di trasporto, più una linea telefonica di collega-

(1) I termini di esecuzione fissati dal disciplinare, a decorrere dalla notifica del decreto di concessione, erano i seguenti: 10 mesi per l'inizio dei lavori della derivazione e 4 anni per la sua ultimazione.

mento fra le principali località interessate dai lavori di tutto l'impianto.

La manutenzione del tronco stradale Pont-Ceresole, sistemato in modo da consentire il facile trasporto delle macchine e dei materiali occorrenti per l'esecuzione dei lavori, venne affidata alla Provincia di Aosta con l'obbligo, da parte della Soc. Costruzioni idrauliche ed edilizie, di concorrere alla spese relative mediante il versamento di L. 96.000 una volta tanto più L. 50.000 per ogni anno di durata dei lavori.

L'impianto provvisorio per la produzione dell'energia occorrente ai cantieri venne costruito dalla stessa impresa assuntrice dei lavori di Ceresole.

Esso poteva utilizzare una portata di 1800 l/sec sotto un salto medio di circa 90 m producendo 1600 HP. L'acqua veniva derivata dall'Orco, a monte di Noasca, mediante un piccolo sbarramento formato con gabbioni e un canale in muratura a secco, della sezione netta di m^2 1,26 e della lunghezza di m 685, capace di convogliare sino a 2 m^3/sec. Questo canale faceva capo ad una piccola vasca di carico, della capacità di 100 m^3, in muratura di pietrame e malta, con platea di calcestruzzo, dalla quale aveva origine una condotta forzata in lamiera chiodata del diametro di m 0,90, spessore da 8 a 12 mm e della lunghezza di 198 m con due giunti di dilatazione.

Nella centrale, costituita da un edificio di m $12 \times 14 \times 6$, erano installati:

1 gruppo turbina-alternatore da 800 kVA, 3000 V, 50 periodi;

e 1 gruppo da 650 kVA, 3000 V, 50 periodi,

coi quadri e le connessioni relative.

In un secondo locale, separato dalla centrale vera e propria, erano installati: due trasformatori da 800 kVA e uno da 650 kVA, con rapporto 3000/10000 V. L'energia prodotta da questo impianto doveva servire anzitutto ai cantieri di Ceresole Reale e per la parte rimanente, agli altri cantieri compresi fra Noasca e Rosone.

Per la distribuzione dell'energia vennero costruite, dalla stessa Soc. Costr. idr. ed edilizie, due tronchi di linea trifase a 15.000 V: l'uno, a proprio carico, da Noasca a Ceresole e l'altro, per conto del Comune, da Noasca a Rosone. L'energia eccedente il fabbisogno del cantiere diga veniva ceduto agli altri cantieri al prezzo di L. 0.20 per kWh. Si era ritenuto, dapprima, che il predetto impianto potesse bastare da solo per assicurare l'energia necessaria a tutti i cantieri; ma sin dall'inizio dei lavori di perforazione delle gallerie si rese manifesta la convenienza di accelerarne l'avanzamento con l'aumento dei mezzi meccanici (compressori, motori, ventilatori, martelli perforatori, ecc.). In tal modo si rese necessario un aumento della potenza disponibile, dell'ordine di 800 ÷ 950 HP.

Vista l'impossibilità di ampliare l'impianto provvisorio di Noasca e di costruire in breve tempo una seconda derivazione provvisoria dall'Orco (la quale peraltro avrebbe presentato notevoli deficienze durante i periodi invernali) si ricorse alla Soc. di Elettricità Alta Italia (distributrice di energia nei territori di Cuorgnè e di Pont) la quale mise a disposizione del Comune di Torino una potenza di 600÷700 kW a Ribordone, nella centrale della manifattura di Cuorgnè. L'energia veniva fornita a contatore al prezzo di L. 0,22 per kWh consumato.

Oltre che alle linee di trasporto e di distribuzione dell'energia elettrica, si provvide, sempre in via preliminare, anche alla costruzione di una linea telefonica fra Ceresole Reale e Pont Canavese, per le comunicazioni dirette fra gli uffici di Torino e i cantieri di lavoro; linea che, ad opere ultimate, doveva poi servire per l'esercizio dell'impianto. Essa aveva uno sviluppo di 33 km circa, con posti telefonici oltre che a Ceresole e a Pont, anche a Noasca e a Rosone.

Fra le condizioni di appalto delle opere di sbarramento di Ceresole Reale, vi era l'obbligo, da parte dell'imprenditore, di provvedere a sua cura e spese alla deviazione delle acque.

La Soc. Costruzioni idrauliche ed edilizie provvide a ciò, durante la preparazione dei cantieri per la costruzione delle dighe, in modo molto semplice: aprendo cioè, a monte della sezione di sbarramento, un pozzo verticale il quale immetteva in una galleria scavata, a sufficiente profondità nella roccia, lungo l'asse del torrente e avente lo sbocco in corrispondenza della cascata del Pis.

Questa galleria, alla quale l'acqua veniva opportunamente guidata lungo l'alveo principale del torrente, senza bisogno di alcuna traversa vera e propria di deviazione, doveva in seguito costituire la sede della condotta di scarico profondo del serbatoio.

Come si è accennato, l'impresa assuntrice dei lavori di Ceresole procedette, contemporaneamente all' esecuzione delle opere sussidiarie sopra descritte, anche all'allestimento dei cantieri per la costruzione delle dighe e alla preparazione delle fondazioni di queste. L'impianto per la confezione e il trasporto del conglomerato per la diga maggiore non fu pronto che al principio della stagione lavorativa del 1928; però il getto della diga fu iniziato il 6 settembre 1927, con ponte di servizio alla quota 1534.

Prima di procedere nella descrizione dei lavori diamo qualche cenno sopra l'organizzazione e le installazioni dei cantieri.

Mezzi di trasporto, magazzini, alloggi e servizi ausiliarii diversi.

Il trasporto dei materiali e delle macchine occorrenti per la costruzione delle opere in oggetto venne principalmente effettuato sino a Pont Canavese, con la ferrovia; da Pont a Prà-Lilla (poco a monte di Rosone) a mezzo di camions o di trattrici lungo la strada provinciale, e da Prà-Lilla a Ceresole Reale in parte ancora su strada ed in parte (cemento e materiali minuti) a mezzo di apposita teleferica.

Quest'ultima assunse una grande importanza per il quantitativo di materiale che dovette trasportare e per la sua lunghezza, di circa 10800 m.

Essa era divisa in due tronchi di circa 5400 m ciascuno, collegati da una stazione d'angolo posta a monte di Noasca, in prossimità della strada.

Le principali caratteristiche di questa teleferica sono riassunte nel seguente specchietto:

dislivello fra le stazioni estreme: 338+425 = 763 m
portata normale di un carrello per cemento: 500 kg
capacità totale di trasporto: 20 t/ora
potenza richiesta: 46 + 54 = 100 HP
numero dei carrelli partenti: 40 all'ora
velocità dei carrelli: 2,75 m/s
distanza fra i carrelli in linea: 247,50 m
numero normale dei carrelli in linea: 87.

Nelle stazioni si disponeva di una decina di carrelli di riserva; inoltre, l'impianto era dotato anche di 6 attacchi doppi per il trasporto del legname, con un carico da 800 a 1000 kg per coppia. I sostegni delle funi portanti (in numero di novanta circa) erano tutti di legno come pure i ponti di protezione degli attraversamenti stradali (otto in tutto).

La fune portante i carrelli in salita, della lunghezza di 10.900 metri circa, aveva un diametro di 28 mm ed una resistenza a rottura di 120÷140 kg/mm^2; quella portante i carrelli in discesa aveva la stessa lunghezza e le stesse caratteristiche costruttive e di resistenza, ma un diametro di 16 mm. La fune traente, lunga 22.000 m, con diametro di 16 mm, presentava una resistenza a rottura, nei singoli fili, di 150÷160 kg/mm^2. Il cemento trasportato dalla teleferica principale ora descritta, arrivava a Ceresole Reale, in prossimità della diga, sulla sponda sinistra dell'Orco e di qui passava, a mezzo di un'altra brevissima teleferica (della ditta Agudio di Torino), nel deposito situato sotto i silos della sabbia e della ghiaia, in prossimità delle impastatrici (fig. 18).

Il quantitativo totale di cemento trasportato con la predetta teleferica ammontò a circa 400.000 ql. Allo scopo di assicurare la continuità dei rifornimenti ai cantieri, venne impiantato

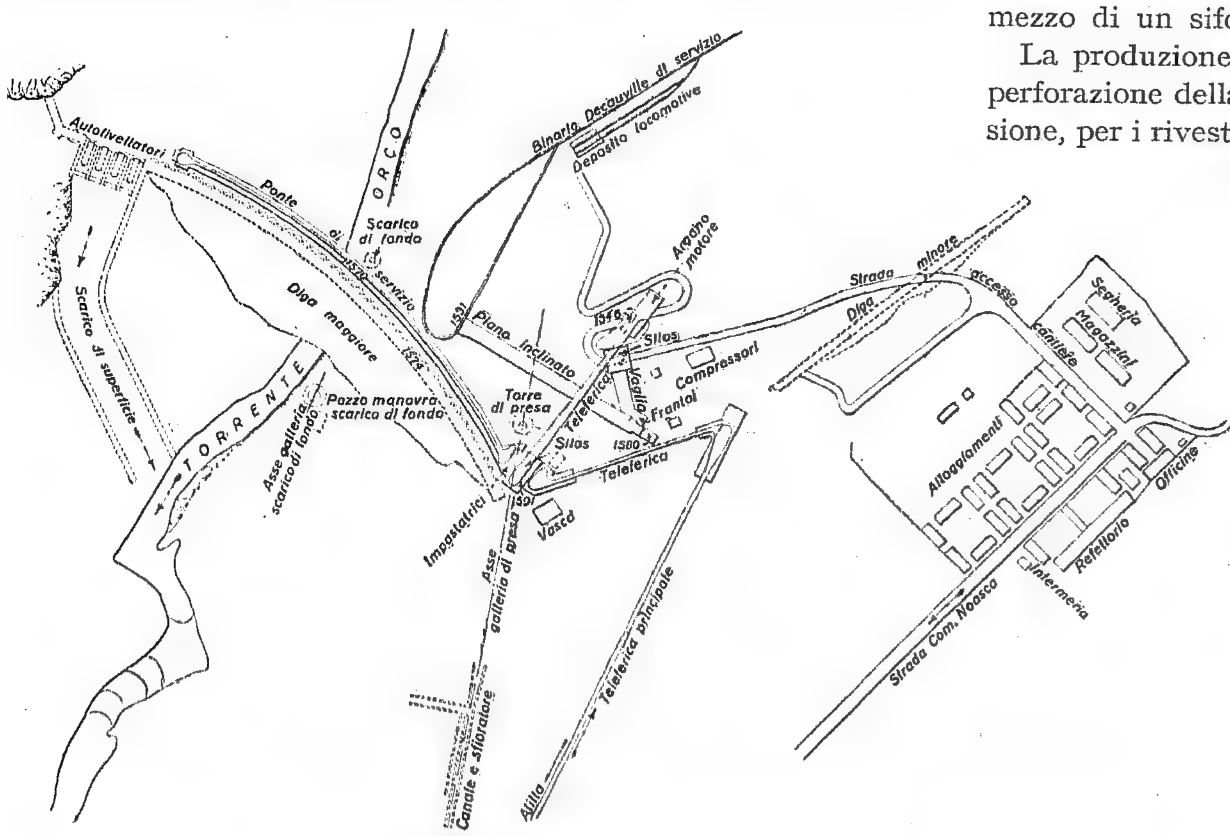


Fig. 18. - Planimetria generale degli impianti di cantiere di Ceresole Reale.

a PontCanavese, su terreno di proprietà del Comune di Torino, un grande capannone (della superficie di 5100 m² e capace di contenere sino a 48.000 sacchi di cemento) quale magazzino-deposito principale. Tale capannone, insieme ad una baracca per l'alloggio degli operai addetti ai trasporti e ad una rimessa per automobili ed autocarri fu costruito a cura e spese dell'impresa.

Altri depositi per cemento vennero predisposti a Prà-Lilla, alla partenza della teleferica principale, ed a Ceresole Reale, all'arrivo di questa, con una capacità complessiva di 32.000 sacchi.

A Ceresole vennero costruiti anche altri due magazzini della superficie di 120 m², per materiali varî. Ed oltre a questi, furono impiantate diverse baracche, ad uso officina per fabbri e falegnami, ad uso segheria, ecc.

Per l'alloggiamento del personale direttivo e degli operai addetti ai lavori vennero costruiti: un grande fabbricato in muratura, di quaranta camere, ad uso ufficio ed abitazione per gli impiegati dell'impresa; una villa in muratura per l'abitazione dei dirigenti dell'impresa stessa; un fabbricato di otto ambienti, in legname con rivestimento interno di mattoni forati, per l'abitazione degli impiegati della Direzione lavori; 21 baracche di m² 60 ciascuna ad uso abitazione per gli operai; 4 baracche come le precedenti ad uso misto per uffici, alloggio ecc.; un grande locale (in legno) di 315 m², uso refettorio per 400 operai, corredato di 40 tavole e 80 panche; un locale uso cucina per operai, di m² 35, con pareti in muratura; un locale di m² 112 adibito a rimessa per automobili e un locale uso ufficio matricola, di m² 40, pure in legno. In opportuna posizione vennero costruite inoltre due cabine in muratura (alle quali faceva capo la linea proveniente da Noasca): l'una di m² 4 × 4 e l'altra di m² 4 × 6, contenenti rispettivamente, un trasformatore da 75 kVA ed uno da 600 kVA, 10000/220 V.

Per il rifornimento dell'acqua ai compressori, alle impastatrici, alle macchine per cement-gun, per iniezioni ecc. venne predisposta sulla sponda sinistra, a quota 1580 circa, una vasca in muratura di pietrame intonacata internamente, della capacità di circa 250 m³. L'acqua, derivata dal t. Drès, vi arrivava per mezzo di un sifone attraversante la valle e il torrente Orco.

La produzione dell'aria compressa necessaria per i lavori di perforazione della roccia, per le iniezioni di cemento sotto pressione, per i rivestimenti di gunite ecc. veniva effettuata a mezzo di due compressori della potenza di circa 65 HP ciascuno, con regolatori automatici, pompa di lubrificazione e serbatoi della capacità di 1500 l.

Impianti per la produzione e la posa in opera del calcestruzzo.

Questi impianti erano stati proporzionati in modo da poter consentire una produzione media giornaliera di 800 m³ di calcestruzzo.

I materiali aggregati, che dovevano servire alla confezione del conglomerato cementizio per la diga maggiore, venivano estratti da un vasto giacimento alluvionale, dello spessore di 3÷4 m circa e coperto da una coltre terrosa di mezzo metro, esistente nella parte bassa del futuro serbatoio, un chilometro circa a monte della sezione di sbarramento. L'estrazione veniva effettuata mediante due escavatrici a cucchiaia su cingoli, con motori a benzina; il materiale scavato, costituito da una miscela di ghiaia e sabbia di ottima qualità, veniva caricato su vagonetti della capacità di m³ 1,200 ciascuno, scorrevoli sopra binario Decauville con scartamento di m 0,60. Ogni escavatrice poteva estrarre e caricare sui vagonetti oltre 600 m³ di materiali al giorno. I vagonetti carichi venivano trascinati ai piedi del cantiere mediante locomotive a vapore funzionanti ad una pressione di 12 atmosfere e della potenza di 50 HP ciascuna. Queste locomotive erano in numero di quattro e ciascuna poteva muovere 20 vagonetti, alla velocità di 8÷10 km/ora. Il caricamento di un treno completo di 20 vagonetti poteva compiersi in 12 minuti. Il materiale veniva scaricato in una tramoggia situata alla base del piano inclinato chiaramente visibile nella figura 19; e da questa tramoggia, mediante l'apertura automatica di una porta a due battenti, veniva successivamente versato in un carrello del piano inclinato. Mentre un altro carrello scendeva vuoto, quello carico saliva sino alla sommità del piano inclinato, sollevato a mezzo di una fune di acciaio del diametro di 25 mm, avvolgentesi sul tamburo di un argano a motore elettrico di 100 HP, 220 V. Il comando era regolato da un apposito controller per l'inversione di marcia.

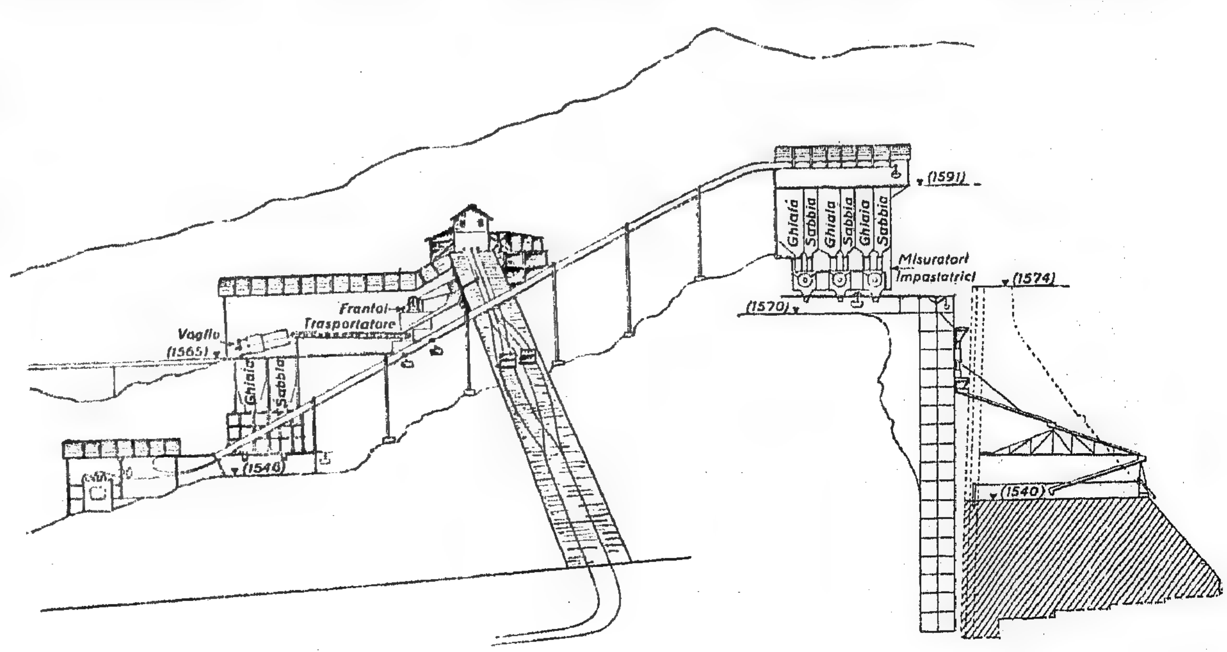


Fig. 19. - Vista schematica degli impianti di preparazione e di trasporto dei materiali.

e da un freno a mano e, in caso di guasto, da un freno elettromagnetico di sicurezza.

Il piano inclinato, formato con muri a secco laterali e riempimento di materiali ghiaiosi, era lungo circa m 110 con un dislivello di m 49 circa.



Fig. 20. - Vista del Cantiere per la costruzione della diga maggiore di Ceresole.

I due carrelli avevano ciascuno la capacità di cinque m³ e potevano essere caricati, trasportati e scaricati in tre minuti.

Il materiale che veniva caricato sui carrelli, era sollevato fino all'estremità del piano inclinato e scaricato automaticamente sopra una griglia inclinata, formata con grossi ferri piatti in acciaio di notevole durezza, disposti alla distanza di cinque centimetri uno dall'altro. Lo scarico automatico si otteneva mediante il sollevamento della parete posteriore del carrello. Lateralmente a questa sporgevano due rulli che, appoggiandosi a due rotaie a forte inclinazione, sollevavano la parete stessa.

Il materiale minuto scaricato sulla griglia passava attraverso alle sbarre e quello di dimensioni maggiori veniva sottoposto a conveniente frantumazione.

Per questa operazione, all'inizio dei lavori, era stato installato un frantoio giratorio sistema Kennedy. Esso constava di un grosso cilindro verticale cavo e corazzato internamente con piastre di acciaio, nel quale ruotava eccentricamente un albero verticale che portava un tronco di cono con superficie esterna di acciaio e con la base maggiore rivolta verso il basso. Il materiale che doveva passare tra la corazza interna al cilindro e il tronco di cono, che si muoveva insieme all'albero con moto eccentrico, veniva frantumato in elementi non superiori a 5 cm.

L'albero del frantoio era comandato direttamente dalla puleggia, che per mezzo di cinghia veniva azionata da un motore elettrico trifase 77 HP, 220 Volt, 50 periodi. Il frantoio era costruito per un produzione di 30 m³ di pietrisco all'ora.

Il frantoio, dopo poche settimane di lavoro, cioè in principio della campagna del 1928, cessò di funzionare per la rottura dell'albero verticale di acciaio. Questo venne sostituito una prima volta con uno nuovo costruito dalla Fiat di dimensioni eguali al primo. Essendosi rotto questo nuovo albero, dopo pochi giorni di funzionamento, detta Società ne costrui un altro di dimensioni maggiori e dello stesso materiale di quello originario. Anche questo non ebbe miglior fortuna del precedente e si ritenne necessario, dopo questo ultimo esperimento, di cambiar tipo di frantoio.

Si ricorse perciò a frantoi a mascelle capaci di una produzione oraria di 12÷14 m³ ciascuno.

Fu installato un primo frantoio nel luglio 1928 ed un altro nell'agosto successivo.

In questo frattempo non venne sospesa la produzione del conglomerato, ma fu di molto ridotta dovendosi provvedere alla cernita dei materiali di scavo eliminando i ciottoli di dimensioni superiori ai 5 cm con una prima grigliatura a mano, successivamente alla separazione della sabbia dalla ghiaia mediante vagliatura meccanica.

Il pietrisco, all'uscita dai frantoi, si univa ai materiali sabbiosi che avevano attraversato la griglia ed insieme a questi veniva convogliato al vaglio lavatore-separatore, mediante trasportatore a nastro, della larghezza di 70 cm scorrevole su appositi rulli cilindrici disposti ad arco e distanti fra loro circa m 1,30. Il nastro trasportatore, lungo m 11 e formato con strati di tela e gomma, poteva trasportare 100 m³ di materiale all'ora.

Il materiale del vaglio veniva separato previa lavatura con getti d'acqua provenienti da un tubo orizzontale bucherellato fissato internamente. Il vaglio constava di un grande cilindro di m 2 di diametro, formato di lamiera di acciaio, lungo m 8,50 e ruotante attorno all'asse di poco inclinato sull'orizzontale.

Nella seconda metà del cilindro erano praticati dei fori circolari di 30 mm di diametro. Esternamente, in corrispondenza di questi fori, era applicata una griglia, coassiale al cilindro, formata con tela metallica di 8 mm di lato. Il movimento era ottenuto da una ruota dentata, (fissata direttamente al cilindro in lamiera). Il vaglio era mosso da un motore elettrico trifase di 42 HP, 220 Volt, 50 periodi, il quale, mediante un secondo albero di rinvio, poteva far funzionare anche il trasportatore a nastro.

I materiali più grossi (ghiaia e pietrisco), che rimanevano nell'interno del cilindro di lamiera forata, passavano, per mezzo di un canale, nell'apposito silos del pietrisco, collocato inferiormente al vaglio; il ghiaietto, che era il prodotto della prima vagliatura e la sabbia, della seconda, passavano rispettivamente nel silos del pietrisco e in quello della sabbia.

Non avendo potuto preventivamente accertare se la sabbia estratta dai depositi alluvionali sarebbe risultata sufficiente ai bisogni era stato installato anche un molino a palle, azionato da un motore elettrico trifase di 150 HP, per la macinazione di parte della ghiaia e del ghiaietto provenienti dal vaglio.

La sabbia che usciva dal molino passava nel silos della sabbia e andava perciò a unirsi a quella proveniente dal vaglio.

Siccome si temeva che la sabbia proveniente dal vaglio non fosse sufficientemente scevra da materie terrose, all'uscita del vaglio, mediante paratoia e canale, la sabbia poteva essere convogliata ad una lavatrice-sfangatrice impiantata per tale scopo. La lavatrice era azionata da un motore trifase di 7 HP, per mezzo di un albero di rinvio che muoveva un sistema di ingranaggi, muoventi a loro volta con moto alternativo, un piano ad alette per mezzo di eccentrici. La lavatrice era divisa in due scomparti: un condotto unico portava la sabbia sporca in un apposito collettore della lavatrice, il quale permetteva la suddivisione nei due scomparti. L'acqua arrivava alla lavatrice dalla parte più bassa verso monte e per mezzo di un tubo bucherellato cadeva sopra la sabbia da lavare. L'acqua sporca sfiorava dal bordo della cassa della lavatrice nella parte più bassa, veniva raccolta in un canaletto e convogliata fuori del locale. La sabbia pulita veniva trasportata dai piani rotanti nella parte più alta della cassa verso valle, dalla quale usciva per entrare nei silos della sabbia.

Però, fin dall'inizio dei lavori, si era constatato che la sabbia estratta dal greto del torrente insieme agli altri materiali ghiaiosi era in quantità sufficiente per la confezione dei getti di conglomerato. Inoltre si era pure accertato che i materiali stessi erano esenti o quasi da impurità ed era quindi sufficiente la lavatura che si poteva effettuare durante la vagliatura.

Essendosi perciò ritenuti inutili il molino e la lavatrice-sfangatrice, nel 1928 vennero dalla Società appaltatrice alienati.

I materiali (sabbia, ghiaia e ghiaietta) raccolti nei relativi silos della capacità complessiva di 300 mc, erano pronti per il loro impiego nella formazione del conglomerato.

Nel 1927, non essendo ancora pronto il ponte di servizio a monte della diga ed i grandi silos superiori, si incominciò il getto con binario collocato sul ponte stesso alla quota 1534 con una sola impastatrice, in modo da gettare la parte più bassa della diga, iniziando dalla sponda sinistra, dove erano installati gli impianti per la preparazione dei materiali.

A tale scopo, dai silos più bassi, la sabbia, la ghiaia e la ghiaietta venivano trasportati, per mezzo di vagonetti di legno spinti a mano sopra un binario con scartamento di 60 cm, ad altri silos più piccoli costruiti in vicinanza della diga. Da questi i materiali, dopo essere passati negli appositi misuratori, venivano immessi, nelle proporzioni volute, nella impastatrice.

Fra le bocche distributrici della sabbia e della ghiaia era praticata un'apertura allo scopo di far pervenire il cemento, pure nella quantità richiesta, all'impastatrice.

Questa, del tipo Koehring, con serbatoio regolatore dell'acqua occorrente agli impasti, poteva produrre normalmente 0,750 mc di conglomerato cementizio ogni minuto.

L'impastatrice era collocata sotto ai misuratori, e l'impasto dopo essere stato convenientemente mescolato, cadeva nei vagonetti, i quali scorrendo sopra un binario con scartamento di 60 centimetri, lo trasportavano sul ponte di servizio per essere versato in canali di legno che lo distribuivano sulle fondazioni della diga.

Nella primavera del 1928, mentre veniva terminato il getto fino alla quota 1534, furono ultimati i silos più grandi alla quota 1590, venne portata la parte sinistra del ponte alla quota 1570, e furono collocate, a quota più alta del ponte e sotto i grandi silos, due impastatrici Koehring; sistemati inoltre i carrelli scorrevoli sul ponte di servizio, le tramoggie ed i canali metallici distributori del conglomerato, si iniziò la distribuzione del conglomerato da quota 1570.

I materiali aggregati, già preparati nei silos inferiori collocati sotto il vaglio, venivano trasportati a quelli più grandi sopra la quota 1590 mediante teleferica (della Società Anonima Agudio) lunga m 120 circa e capace di trasportare 100 m³ all'ora.

Essa era costituita da carrelli scorrevoli sopra una rotaia pensile, sostenuta da tralicci in ferro, per mezzo di fune traente di acciaio del diametro di 28 mm. L'argano di sollevamento con motore di 30 HP era installato alla estremità inferiore alla quota 1546 s. l. m.

I carrelli contenenti i materiali da trasportare (sabbia e ghiaia), venivano scaricati nei depositi più grandi alla quota 1590. Questi silos avevano la capacità complessiva di 600 m³ circa.

I materiali, dai silos, passavano in tramoggie di ferro per il caricamento dei misuratori a sacco pure in ferro e da questi alle impastatrici rotative, per la confezione del conglomerato, della produzione oraria di circa m³ 45, con motore della potenza di 30 HP.

L'acqua per gli impasti era data da apposito impianto regolabile collocato superiormente all'impastatrice e il cemento vi arrivava da aperture praticate fra i misuratori. La quantità di cemento era dosata direttamente col numero dei sacchi impiegati per ciascun impasto.

Le impastatrici versavano l'impasto convenientemente confezionato in carrelli scorrevoli sopra rotaia pensile collocata alla quota 1574 circa, sul ponte di servizio. I carrelli erano della capacità di m³ 0,90 ciascuno e dotati di motori elettrici di 1 HP. Essi erano alimentati da conduttori formati da ferri a T sostenuti dall'intelaiatura del ponte di servizio. Le rotaie pensili e, superiormente, i conduttori formavano anello sul ponte in modo che i carrelli automaticamente potevano percorrere l'anello stesso, con fermata sotto le impastatrici per il carico del conglomerato ed in corrispondenza delle tramoggie, a monte dei canali di colata, per lo scarico. Le fermate erano ottenute mediante interruzione del circuito elettrico.

La presa di corrente dei motori in questi tratti non poteva avvenire per l'interposizione di apposito rivestimento in legno applicato sui conduttori.

Gli operai che assistevano al carico e allo scarico dei carrelli, aiutavano questi ultimi ad arrestarsi e l. avviavano nella ripresa del moto al momento opportuno.

Il conglomerato scaricato nelle tramoggie passava in cinque sistemi di colata, costituiti da canali di m 0,33 di larghezza e fissati al ponte di servizio, i quali portavano il conglomerato cementizio sulla diga e lo distribuivano nei casseri opportunamente sistemati per il getto.

Il ponte di servizio (v. fig. 21), lungo circa m 270 e con altezza massima di m 54, era costituito da strutture in legno a traliccio. Esso trovavasi tutto a monte della diga, distante 3 metri dal ciglio superiore del muro di guardia e ne seguiva la forma planimetrica arcuata.

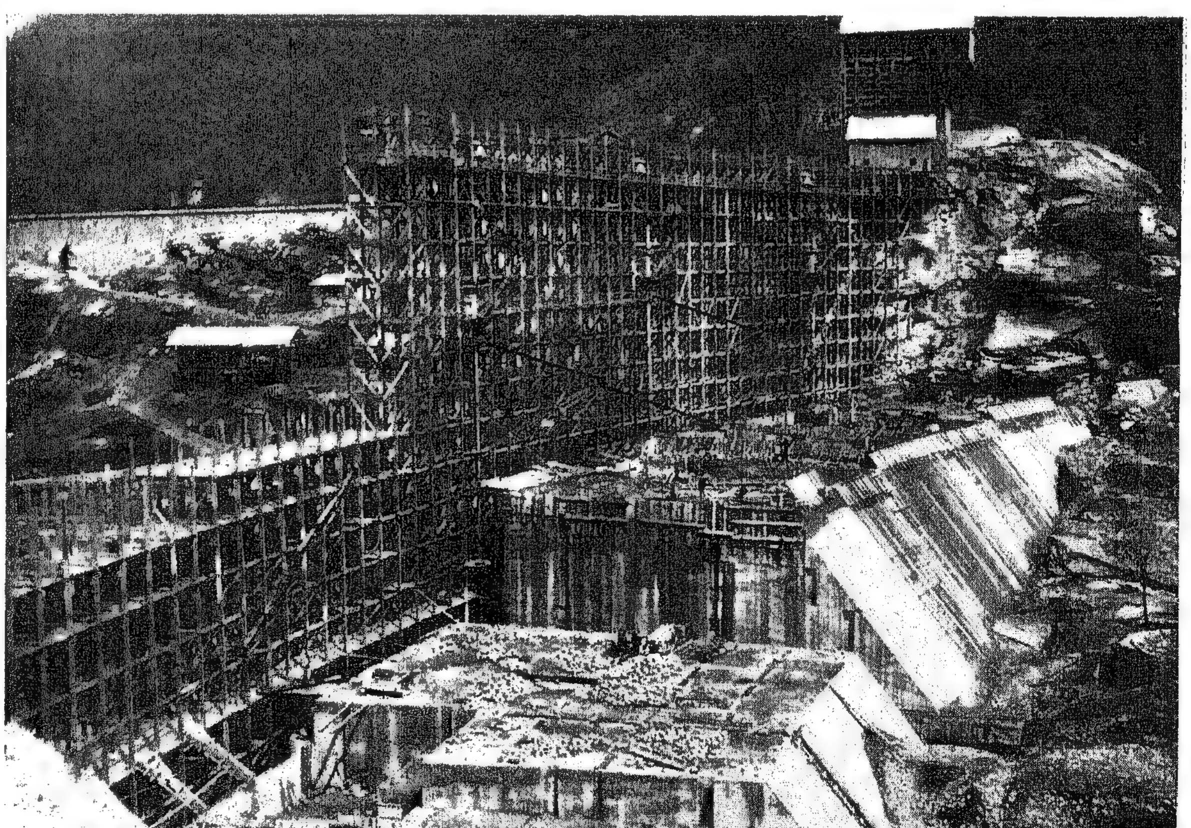


Fig. 21. - La diga maggiore di Ceresole Reale, in costruzione; particolare del ponte di servizio per il trasporto e la gettata del calcestruzzo.

Era formato da tre pareti cilindriche verticali a reticolato, distanti m 3 l'una dall'altra e costituite da montanti verticali collegati da fascie orizzontali pure distanti m 3, da traverse orizzontali e da diagonali a spina di pesce.

Ogni terna di montanti situati in uno stesso piano verticale

con le traverse orizzontali e le diagonali a spina di pesce formava una trave reticolare verticale a tre correnti (montanti verticali), uno d'intradosso, l'altro d'estradosso ed il terzo centrale.

Il pontile era controventato a monte e a valle mediante funi metalliche.

Col crescere della diga, le funi verso valle venivano via via ammarrate alla parte di diga già costruita.

Tutti gli elementi costituenti il pontile erano collegati fra loro da chiavarde e perciò ne era rapidissimo il montaggio e lo smontaggio.

Tutte le fascie e traverse erano costituite da tavoloni di abete segati a filo vivo; i montanti, della sezione di m 0,24 × 0,24 erano costituiti da pacchetti di 3 tavoloni, della sezione di m 0,08 × 0,24 ciascuno, uniti con chiavarde.

Il piano superiore del pontile, di m 6 di larghezza era alla quota 1570.

Il ponte di servizio riuscì anzitutto molto comodo per il trasporto del conglomerato durante il getto e presentò inoltre il grande vantaggio di permettere una ottima e regolare esecuzione dell'intonaco sull'estradosso degli archi del muro di guardia e della successiva verniciatura con materiale impermeabilizzante sull'intonaco stesso. Oltre a facilitare queste operazioni, essendo esso a poca distanza dai manti da intonacare e da verniciare, diede anche modo di poter effettuare una continua ed efficace sorveglianza durante l'esecuzione del lavoro.

Le tramoggie del ponte di servizio erano collocate alla quota 1570, mentre il getto della diga doveva eseguirsi, sebbene nella parte di minor spessore e perciò di minor volume, fino a quota 1574 s. l. m. (ciglio diga).

Per poter eseguire il getto superiormente alla quota raggiungibile coi sistemi di colata sopra descritti, vennero impiantati due elettro-verricelli con freno elettromagnetico, azionati da motori di 35 HP ciascuno, con portata di kg 3000 caduno e velocità media di m 0,40 al secondo. Questi elettroverricelli, installati uno per ciascuna estremità del ponte, servivano al sollevamento del conglomerato, il quale veniva in seguito versato sopra vagonetti ordinari che, spinti a mano sopra un binario di servizio, andavano a scaricarlo nei casseri convenientemente preparati sulla diga.

Il carrello dell'elettroverricello sulla sponda sinistra caricava direttamente il materiale sotto lo sbocco della impastatrice, per sollevarlo e scaricarlo poi nei vagonetti ordinari. All'altro, in sponda destra, il conglomerato arrivava per mezzo dei carrelli scorrevoli sulla rotaia del ponte di servizio e dopo lo scarico veniva sollevato dall'elettroverricello e scaricato nei vagonetti ordinari per essere trasportato al luogo di impiego.

Il conglomerato della diga veniva gettato in casseri di m 1,50 d'altezza, larghi quanto lo spessore dell'opera.

La dimensione dei casseri nel senso della lunghezza della diga era fissata in modo che essi potessero contenere la quantità di conglomerato prodotto in un giorno e che le superfici verticali di ripresa cadessero nei vani di due archi del muro di guardia.

Quando il minor spessore della diga o l'orario di 20 ore di lavoro continuato lo permettevano, il cassero per il getto giornaliero si estendeva fra un giunto provvisorio di contrazione e il successivo ossia per la lunghezza di circa 25 metri.

Le paratie sui paramenti, costituite da elementi di m 0,83 di larghezza per m 1,65 o m 2,15 di altezza, secondo che si trattava del paramento a monte o a valle, erano tenute aderenti in posto da appositi ritti formati da un ferro profilato a U e listelli di legno duro.

Ogni ritto era trattenuto da un bullone a vite annegato nella diga e portava, a distanza invariabile da questo, un altro bullone destinato ad essere annegato nel nuovo getto per poter poi servire a sua volta da ancoraggio ai ritti dei casseri successivi.

Le paratie venivano così spostate da un getto all'altro con grande facilità e con risparmio di tempo e di materiali e garantivano ai getti una superficie uniforme e regolare.

I bulloni restavano poi abbandonati in posto.

Quelli del paramento a monte della diga, che doveva essere intonacato, venivano tagliati a qualche centimetro all'interno della muratura in modo che l'intonaco non avesse soluzioni di continuità.

I casseri per il getto del muro di guardia erano costituiti da tamburi costruiti sopra robuste centine di legno (fig, 22).

Il tamburo destinato a formare l'estradosso delle voltine era ancorato al tamburo interno e ai bulloni rimasti annegati nel paramento a monte della diga per mezzo di staffe di ferro a U e di tiranti di ferro tondo.

I tamburi avevano l'altezza di m 3 e ogni cassero comprendeva i cinque archi fra due giunti di dilatazione.

La costruzione del muro di guardia fu condotta in modo che ogni cassero venisse completamente riempito durante la giornata lavorativa.

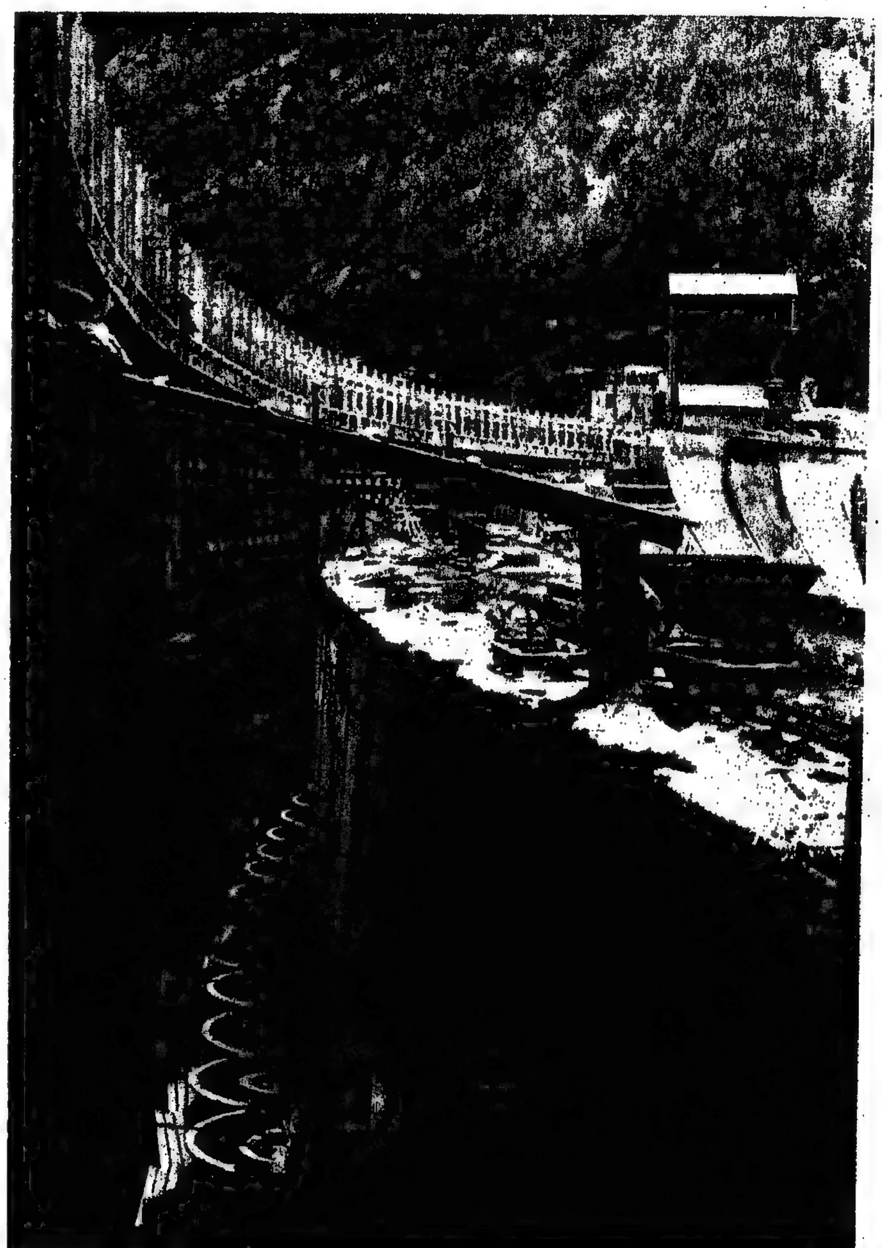


Fig. 22. - Diga di Ceresole Reale vista dal ponte di servizio. - Particolari del muro di guardia e relativi incastri.

Modalità costruttive e andamento dei lavori.

Il conglomerato cementizio per la costruzione della diga maggiore venne eseguito quasi esclusivamente con 200 kg di cemento ad alta resistenza (500 kg/cm² a 28 giorni di maturazione) per metro cubo di materiali aggregati. Soltanto per m 1,50 sulle fondazioni e nel taglione fu adottata la dosatura di 300 kg di cemento ad alta resistenza per metro cubo. Ciò però non sembra che possa presentare alcun vantaggio; anzi, la diversa dosatura del conglomerato può provocare un diverso ritiro nel calcestruzzo stesso e facilitare le fessurazioni orizzontali nel getto della diga.

In queste costruzioni sarebbe conveniente avere sempre la massima omogeneità possibile nel getto del calcestruzzo ed evi-

tare una resistenza alla compressione eccessiva in rapporto allo sforzo massimo calcolato.

La natura della roccia gneissica di struttura granitoide, incontrata negli scavi di fondazione della diga di Ceresole Reale, sembrava potesse dispensare dall'eseguire altre opere fuorchè quelle di scavo.

Invece, all'atto pratico, dopo gli scavi, eseguiti secondo le buone regole dell'arte e cioè a gradoni, oppure con superficie scabra ed irregolare al fine di evitare possibili scorrimenti, si procedette ad un rivestimento completo della roccia con intonaco a pressione (gunite) dello spessore di 4 cm, sia nella fondazione propriamente detta della diga che nel taglione.

Vennero inoltre praticati dei fori con martello perforatore fino alla profondità di m 4 prima dell'esecuzione della gunite e, dopo questa intonacatura, furono iniettati con cemento ed acqua fino alla pressione di 9 a 10 atmosfere.

Furono complessivamente eseguiti circa 30.000 m^2 di intonaco a pressione sulle fondazioni e nei taglioni delle dighe, sull'estradosso degli archi del muro di guardia, sul paramento a monte della diga minore, sulla superficie esterna del pozzo di presa e sulle pareti della galleria di presa.

Come già si è detto, sull'intonaco a pressione del muro di guardia, sul paramento a monte della diga minore e del pozzo di presa fu applicata una tela metallica mediante chiodi adatti e su questa venne eseguito un altro strato di due centimetri di intonaco lisciato a mano. La tela metallica adottata era costituita da un tessuto di fili di ferro ricotto del diametro di 20/10 d mm a maglie quadrate di 20 mm di lato e del peso di kg 2,50 per m^2.

Le riprese dell'intonaco sulla superficie di estradosso del muro di guardia vennero eseguite in modo che non corrispondessero alle riprese dei getti di conglomerato del muro stesso.

Le iniezioni di cemento sopra accennate vennero eseguite attraverso fori distanti da 4 a 6 metri l'uno dall'altro; alcuni di essi assorbirono qualche centinaio di quintali di cemento, dimostrando la necessità della esecuzione delle iniezioni per rendere impermeabili gli strati rocciosi, sotto le fondazioni e sotto il taglione. In seguito a tali risultati fu decisa l'esecuzione di nuove iniezioni più profonde a monte del taglione della diga maggiore e con pressione superiore a quella raggiunta precedentemente nelle fondazioni di questa.

Il Capitolato di questo Lotto prevedeva le iniezioni fino a 10 atmosfere, mentre il foglio di condizioni per la costruzione della diga, di data posteriore, prescriveva che nella galleria di scarico le iniezioni raggiungessero la pressione di 15 atmosfere.

Anche per questa disposizione si dovette ricorrere a Ditte specializzate in questo genere di lavori.

Con deliberazione in data 5 ottobre 1929, il Podestà autorizzava l'esecuzione dei fori per le iniezioni affidandone l'esecuzione alla Ditta ing. Nicola Romeo di Milano. Tali fori, eseguiti con adatta perforatrice Ingersoll-Rand, dovevano raggiungere la profondità di 20 metri.

Essi vennero eseguiti nella roccia e nel conglomerato cementizio a monte del taglione, nella galleria di scarico, nella galleria di presa, a monte, nella muratura e nelle fondazioni della diga minore.

Con successiva deliberazione in data 7 aprile 1930 il Podestà affidava l'esecuzione di altri fori più profondi, fino a m 40, con la sonda a diamante e con estrazione di carote del diametro di 30 mm, nonchè l'esecuzione di iniezioni di cemento fino alla pressione di 35 atmosfere, alla Società Ing. Giovanni Rodio di Milano.

I fori con la sonda furono intercalati agli altri meno profondi eseguiti con la perforatrice. Essendo i primi più regolari, permettevano di provare preventivamente l'impermeabilità, a tratti di foro da iniettare, con acqua in pressione.

Col martello perforatore furono eseguiti nelle fondazioni delle dighe, nel taglione e nel conglomerato n. 480 fori della lunghezza complessiva di m 1600 circa. Vennero pure eseguiti n. 90 fori colla perforatrice con una lunghezza totale di m 950 circa e n. 14 fori con la sonda, per una lunghezza complessiva di m 325 circa e iniettati con pressione fino a 35 atmosfere.

Per queste iniezioni furono impiegati complessivamente circa 5000 quintali di cemento, oltre a circa 1800 quintali per iniezioni fino alla profondità di 4 metri in fori eseguiti col martello perforatore e con pressione non superiore alle 10 atmosfere.

Sopra l'intonaco dell'estradosso degli archi del muro di guardia del paramento a monte della diga minore, della superficie esterna del pozzo di presa e su tutte le superficie intonacate a contatto con l'acqua del serbatoio, venne applicato uno strato di vernice impermealizzante « Isol » della Ditta Marelli e Fossati di Como. Questa vernice, che era stata sottoposta per diverse annate a prove di resistenza e durata sopra superficie in permanenza o saltuariamente a contatto con l'acqua, con l'aria e con l'umidità atmosferica, aveva dato migliori risultati in confronto di altre vernici applicate nelle stesse condizioni.

I giunti di dilatazione vennero protetti da uno speciale rivestimento elastico del tipo Siemens formato da strati di materiali asfaltici con interposta tela di juta, che permette discreti e sufficienti allungamenti o raccorciamenti.

Questo materiale fu applicato a caldo sulla parete asciutta del giunto mediante una vernice speciale con la quale venne poi anche rivestito il materiale elastico prima dell'esecuzione della soletta coprigiunto in cemento armato.

I cunicoli longitudinali per la raccolta e il convogliamento delle eventuali acque d'infiltrazione provenienti dal muro di guardia e dal taglione, erano stati progettati a quota più bassa di quella di esecuzione, dovendo essi seguire la roccia al piede del muro di guardia e del taglione stesso, od almeno scostarsi da essa il meno possibile, in modo da poter ricevere tutte le eventuali infiltrazioni delle acque provenienti dalla superficie di distacco fra la muratura e la roccia. Ciò avrebbe anche permesso di individuare la posizione esatta delle eventuali permeazioni e di adottare speciali accorgimenti per eliminarle.

Ma per disposizione superiore, come anche risulta ora dai disegni, i due cunicoli furono elevati sul fondo (e perciò sulla roccia del taglione) di oltre m 1,50 il che impedisce però di stabilire l'esatta provenienza delle infiltrazioni.

Di più, le acque che eventualmente si infiltrano sono obbligate a passare attraverso la diga propriamente detta. A ciò si pensò in seguito di rimediare, almeno in quanto possibile, col lasciare a tergo del taglione, nel conglomerato compreso fra la roccia del taglione stesso e il cunicolo, alcune feritoie o canaletti di drenaggio perchè le acque abbiano libero sfogo nel suddetto cunicolo anzichè introdursi nel conglomerato della diga.

Il ripiego deve però essere integrato da una serie di iniezioni di cemento da eseguirsi nel cunicolo del muro di guardia in posizione opportuna, e con speciali cautele perchè l'efficacia dei drenaggi non venga frustrata dalle iniezioni stesse.

Come già si è detto, l'impianto dei cantieri, per l'esecuzione del conglomerato della diga maggiore non fu pronto che al principio della campagna lavorativa del 1928, però il getto della diga venne iniziato il 6 settembre 1927, con ponte di servizio alla quota 1534; in quell'anno si raggiunse una produzione complessiva di circa 9181 m^3.

All'inizio della stagione lavorativa del 1928, il getto veniva distribuito, dal ponte di servizio a quota 1570. Ma dopo pochi giorni di funzionamento, essendosi spezzato, come è noto, l'albero del frantoio giratorio, questo dovette essere sostituito con altri frantoi a mascelle. Tale grave imprevisto ostacolò fortemente il regolare andamento dei lavori, diminuendo enormemente la produzione dei materiali aggregati, la cui preparazione dovette in seguito eseguirsi togliendo con una prima vagliatura i materiali che avrebbero dovuto passare al frantoio, cioè i materiali di dimensioni superiori ai 5 cm. La produzione di conglomerato, prevista per quella campagna lavorativa di circa 120.000 m^3, si ridusse pertanto a 39.322 m^3.

Nella notte dal 1° al 2 dicembre 1928 un vento impetuoso

rovesciò e distrusse una parte del ponte di servizio che in quell'epoca era costruito per poco più di metà.

Questo nuovo imprevisto e la minor produzione di conglomerato eseguito nella precedente campagna lavorativa indussero l'Amministrazione ad esaminare la situazione degli impianti di cantiere e a prendere i provvedimenti necessari per metterli in piena efficienza e per evitare altri ritardi, anche in caso di incidenti ai macchinari installati per la produzione e la preparazione dei materiali aggregati e per la confezione e distribuzione del conglomerato.

Con deliberazione del 12 dicembre 1928, il Commissario Prefettizio determinava di procedere alla ricostruzione del ponte di servizio e all' integrazione del macchinario e dei pezzi di ricambio necessari a costituire una adeguata riserva e specialmente all'acquisto di una terza impastatrice e di un terzo frantoio a mascelle dello stesso tipo e potenzialità di quelli già in opera, con tutti gli accessori occorrenti per raggiungere lo scopo. Il ponte di servizio fu ripristinato durante la sospensione invernale e al principio della campagna lavorativa del 1929 si trovava nelle condizioni primitive, e così pure erano installati e pronti a funzionare i macchinari e i materiali di riserva provvisti dal Comune.

Nella campagna del 1929 nessun incidente grave ebbe a verificarsi e la produzione del conglomerato per la diga raggiunse i 104.470 m^3 con una produzione massima giornaliera di 1165 m^3.

Non rimanevano che 16.180 m^3 di conglomerato per i primi mesi della campagna lavorativa del 1930. Sebbene nella primavera di quest'anno si sia verificato il ritardo di un mese nella ripresa, ai primi di agosto tutti i getti della diga propriamente detta erano ultimati.

Il getto totale del conglomerato per la diga maggiore compreso il muro di guardia, misurato tenendo conto del numero degli impasti, è risultato approssimativamente di m^3 170.700 circa. A questo si deve aggiungere la percentuale di pietrame annegata (7%) nel conglomerato e la percentuale data dall'aumento di volume degli impasti stessi, con un totale del 10% circa e perciò il volume geometrico complessivo risulta di circa 188.000 m^3 di conglomerato e pietrame.

La diga minore venne costruita con muratura di pietrame e malta di cemento normale. Fu costruita nel 1927 e il suo volume è di circa 6600 m^3.

L'intonaco sul paramento a monte e la stuccatura dei giunti sul paramento a valle vennero eseguiti nell'agosto-settembre 1930, perchè questo lavoro non era urgente, trovandosi la fondazione più bassa di questa diga alla quota 1562 e quindi al disopra del possibile invaso dell'annata suddetta.

Nel punto più basso della fondazione era stata lasciata una apertura attraverso la muratura della diga, per il passaggio della strada di accesso ai cantieri situati in fondo valle, a monte della diga maggiore.

Di questa breccia venne effettuata la chiusura a lavori completamente ultimati e dopo avvenuto il totale sgombro dei cantieri situati nella zona che doveva essere occupata dalle acque del serbatoio.

Per la chiusura fu lasciato un pozzo nella muratura, dal quale si potè colare conglomerato cementizio e anche malta di cemento per riempire completamente tutti i vani fra la muratura vecchia e la nuova.

Nel mese di ottobre 1927 vennero firmate dall'Amministrazione le condizioni stabilite dal Genio Civile per la costruzione della diga maggiore.

Per lo scarico ausiliario di superficie, in prosecuzione degli autolivellatori di sistema brevettato Ing. Noè di Pavia, dovevano, a termini del foglio di condizioni per la costruzione della diga maggiore, essere collocate quattro paratoie automatiche a ventola. Preparato il progetto furono invitate alla gara sette Ditte e tutte, meno una, presentarono offerta completa e referenze di lavori consimili già eseguiti. La Commissione, con verbale in data 25 maggio 1929, ritenne preferibile l'offerta della Società Anonima Tosi-San Giorgio di Milano, sia per le maggiori garanzie di buon funzionamento, sia per il prezzo e per le speciali particolarità costruttive.

Le ventole, data la loro lunghezza di circa 7 metri e larghezza di circa metri 3,50 richiesero un carro speciale per il loro trasporto, con non poche difficoltà per le condizioni della strada su cui doveva effettuarsi il transito.

Durante la stagione lavorativa 1930 venne acquistato, dalla Società Anonima Agudio di Torino, anche uno speciale montacarichi costituito da una gru a braccio, montata su carrello scorrevole sopra un binario collocato sul ciglio della diga maggiore. Mediante apposita cabina si può scendere nei pozzi del muro di guardia per le necessarie ispezioni e le eventuali riparazioni.

Erano pure contemplate nel foglio di condizioni le opere di presa e di scarico delle acque dal serbatoio. Gli organi e le parti metalliche di queste opere furono fornite dalla Soc. Tubi Togni di Brescia. La parte principale della fornitura era costituita dalle tre valvole a fuso di uno dei tubi di presa e dello scarico di fondo, le quali, date le loro notevoli dimensioni, richiesero speciali accorgimenti durante i trasporti.

Per il passaggio attraverso una galleria della strada Noasca-Ceresole si dovettero scaricarle dagli autocarri, collocarle sopra carrelli e trascinarle, mediante argano installato a monte della galleria, sopra un binario posato nella galleria stessa, per ricaricarle poi ancora sugli autocarri.

Fu inoltre necessaria la costruzione di un tratto di strada fra quella comunale e lo sbocco della galleria di scarico ed il collocamento di un binario per il trasporto delle valvole fino a piè d'opera.

Le prove delle condotte e delle valvole vennero eseguite in officina alla sovrapressione del 50 %.

Il giorno 25 aprile 1930 la Commissione di collaudo procedeva alle prove di sovrapressione dello scarico di fondo del serbatoio posto in opera. Le condotte di scarico erano state chiuse a monte mediante appositi tappi provvisori e a valle con le valvole a fuso interno. La pressione raggiunta con una pompa a motore collocata in prossimità della condotta risultò di circa 10 atmosfere. Ultimate le prove di pressione e liberate le tubazioni dai tappi di chiusura, si trattava di collocare in opera una griglia a monte della luce d'ingresso al pozzo di scarico con soglia a quota 1520,50. Davanti a tale luce, rimasta chiusa durante tutto il periodo del montaggio delle opere metalliche dello scarico di fondo, erano accumulati materiali terrosi e ghiaia gettativi per migliorare la tenuta della paratoia provvisoria.

L'acqua sulla soglia della paratoia raggiungeva l'altezza di circa 7 metri e si sarebbe dovuta smaltire con pompe già predisposte fino ad esaurire la portata del torrente, in modo da poter togliere tutti i materiali accumulati e montare le griglie senza aprire la paratoia.

Ma essendosi terminate le sopraccennate prove di collaudo delle tubazioni in stagione già avanzata e tale che l'acqua dell'Orco aveva già raggiunto una portata sensibilmente superiore alla magra invernale, non era più possibile mettere a secco la luce del pozzo senza aprire la paratoia e perciò senza scaricare i materiali d'ostruzione nel pozzo di scarico. Collocata in opera la griglia si doveva poi provvedere allo sgombero dei materiali riversatisi in fondo al pozzo, e ciò per evitare che detti materiali, introducendosi nelle tubazioni, fossero trascinati attraverso le valvole deteriorandole.

La paratoia di servizio nuovamente abbassata lasciava passare a tergo degli stivi, corrosi per il passaggio delle acque e dei materiali alluvionali trascinati durante le piene del 1928 e 1929, una portata che non poteva essere completamente smaltita dalla piccola tubazione prevista per l'irrigazione.

Per mettere all'asciutto il fondo del pozzo si sarebbe dovuto far scolare l'acqua con l'apertura delle valvole di una tubazione di scarico. Ma la Soc. Ital. Tubi Togni si oppose alla apertura

di queste valvole. Non essendovi perciò altra possibilità, si dovette ricorrere alla Cooperativa Palombari Smobilitati di Spezia, che inviò sul posto quattro palombari. Questi, dopo un lungo e paziente lavoro eseguirono un muro in conglomerato cementizio a valle della paratoia di servizio rendendola completamente stagna.

Vennero poi aperte le valvole della condotta sinistra e gli operai poterono così sgombrare i materiali depositati nel pozzo.

Dovendosi poi procedere, prima dell'inizio dell'invaso, alla chiusura di un grande cunicolo lasciato attraverso alla diga per lo scarico delle acque di piena e alla esecuzione dei giunti di dilatazione e dei raccordi della muratura con la roccia a monte del muro di guardia, era necessario scaricare tutta l'acqua attraverso il pozzo per mettere all'asciutto la parte bassa della diga. Occorreva perciò provvedere alla demolizione del muro costruito dai palombari e far in modo di poter asportare i materiali di demolizione evitando che questi cadessero nel pozzo ed in seguito nelle tubazioni con pericolo di deterioramento delle sedi delle valvole.

Per ottenere ciò, venne fatta costruire in precedenza un'altra griglia circolare a segmenti, che fu collocata nel pozzo, sotto la soglia della paratoia, prima della demolizione e venne in seguito asportata, a lavoro ultimato. In questo modo tutti i materiali costituenti il muro vennero man mano sollevati alla sommità del pozzo e si potè poi aprire la paratoia scaricando le acque attraverso la valvola per l'esecuzione dei lavori suddetti.

Nell'aprile del 1929, per poter ottenere il funzionamento della derivazione senza il serbatoio stagionale, era stato scavato a monte della galleria di presa dal serbatoio un canale in terreno alluvionale, sulla sponda sinistra del torrente, lungo circa un chilometro ed una diga provvisoria di gabbioni, per poter deviare le acque dell'Orco nel canale di derivazione, ed utilizzarle nella Centrale di Rosone.

La parte bassa del pozzo di presa era stata eseguita lasciando un cunicolo provvisorio per il passaggio di quest'acqua nel canale di derivazione.

Prima dell'inizio dell'invaso detto cunicolo doveva essere riempito di conglomerato per la tenuta dell'acqua accumulata. In precedenza era stato deviato di nuovo il torrente nel suo letto naturale con la demolizione della diga di gabbioni, per il montaggio delle opere metalliche della presa e per poter provvedere alla chiusura del cunicolo provvisorio. Questa operazione di chiusura venne eseguita verso i primi di luglio del 1930 e le opere di presa furono ultimate prima dell'invaso fino alla quota 1550.

Il giorno 21 luglio 1930 la portata dell'Orco era diminuita in modo da consentire l'inizio della chiusura del grande cunicolo lasciato attraverso la diga. Essendo passata la stagione delle piene, si aveva la certezza che tutte le acque si sarebbero potute convogliare attraverso lo scarico di fondo mettendo all'asciutto anche le murature della parte bassa a monte del muro di guardia, il che avrebbe consentito di procedere all'esecuzione dei giunti di dilatazione, del raccordo fra la roccia ed il piede del muro di guardia e di eseguire le perforazioni ed iniezioni nei tratti di roccia che prima erano sommersi dall'acqua. Il giorno 2 agosto 1930 era stato eseguito l'ultimo getto nel cunicolo della diga e tutte le altre opere fin sopra la quota 1550 erano ultimate.

Il locale ufficio del Genio Civile aveva, in seguito a domanda del Podestà, accordata l'autorizzazione dell'invaso fino a quota 1550 corrispondente a 7.000.000 di m³, riservandosi di stabilire il giorno del suo inizio.

Ultimato il getto del cunicolo, il Genio Civile aveva poi fissato l'inizio dell'invaso per il giorno 22 agosto 1930, cioè 20 giorni dopo la chiusura del cunicolo stesso.

Per detto giorno tutti i lavori inerenti all'invaso erano pronti e, presente il Podestà Dott. Conte Paolo Thaon di Revel, furono chiuse le valvole di scarico per iniziare l'accumulazione delle acque nel serbatoio.

Alcuni giorni prima della chiusura delle valvole di scarico si erano collocati alcuni stramazzi e sistemate le diverse sorgenti, compresa quella minerale a valle della diga, fino alla distanza di oltre un chilometro, per misurarne le relative portate. Queste non diedero segno di aumento durante il riempimento del serbatoio. Altri tubi e stramazzi furono collocati nei cunicoli di raccolta della diga per poter misurare le eventuali perdite, durante il riempimento del serbatoio.

Il giorno 13 settembre 1930, raggiunta la quota di invaso 1550, venne, dalla Presidenza della III Sezione del Consiglio superiore dei Lavori pubblici, autorizzata la prosecuzione dell'invaso del serbatoio fino a quota 1562, con un aumento giornaliero del pelo liquido non superiore a m 0,50.

Infine, il giorno 26 settembre 1930, la Commissione eseguì con esito favorevole le prove di funzionamento delle valvole dello scarico di fondo del serbatoio e degli apparecchi relativi con scarico d'acqua fino a raggiungere la portata di 20 m³ al secondo.

Prove sui materiali e misure di controllo relative alle opere eseguite.

Prima ancora che venissero iniziati i lavori furono eseguite (nel laboratorio sperimentale del R. Politecnico di Torino), numerose prove preliminari su provini confezionati con campioni di materiali prelevati dai depositi alluvionali di ghiaia e sabbia prescelti per la costruzione delle dighe di Ceresole Reale; e i risultati ottenuti, con conglomerati dosati a 200 e a 250 kg di cemento ad a. r. per m³ di materiali aggregati, confermarono l'ottima qualità del materiale estratto dai suddetti banchi.

Durante l'allestimento dei cantieri, poi, si provvide alla istallazione di un piccolo laboratorio, nei pressi della diga maggiore, per le prove degli agglomeranti idraulici e dei conglomerati cementizi impiegati. Questo laboratorio fu dotato di tutti gli apparecchi necessari per la confezione dei provini secondo le vigenti norme ministeriali sugli agglomeranti idraulici, nonchè per le prove di resitenza a compressione e a tensione, di plasticità, di permeabilità ecc. sui calcestruzzi e, in parte, sulle malte normali.

Per le prove di trazione dei provini di malta normale si disponeva di una bilancia Michaelis regolamentare a bracci moltiplicatori con rapporto 1:50.

Le prove di compressione venivano eseguite su cubetti di malta o di calcestruzzo sino a 25 cm di lato, con una pressa ad olio da 200 t, fornita dalla ditta Galdabini di Gallarate.

Nei diagrammi della fig. 23, sono riportati i risultati medi delle prove di compressione eseguite sui calcestruzzi impiegati per la costruzione della diga maggiore, durante le campagne lavorative 1927-28-29-30. Durante la costruzione venne pure controllata con continuità la resistenza dei cementi usati, mediante schiacciamento di diverse migliaia di cubi di malta normale; i risultati ottenuti a 28 giorni di maturazione accusarono una resistenza oscillante intorno a 500 kg/cm² durante la breve stagione lavorativa del 1927, prevalentemente superiore a 500 kg/cm² nel 1928, compresa fra 475 e 570 kg/cm² nel 1929 e variabile da 525 a 630 kg/cm² nel 1930.

Per determinare l'umidità della sabbia e della ghiaia e la quantità d'acqua effettivamente contenuta negli impasti, si usava una stufa di lamiera di rame munita di termometro con fornello elettrico o a petrolio, per le piccole quantità e per le misure più esatte. Praticamente, procedendo su maggiori quantità di materiale (circa 40 l), si faceva essiccare questo su apposite piastre sovrapposte a un piccolo focolare in muratura e si deduceva il valore percentuale dell'umidità dalla differenza dei pesi prima e dopo l'essiccazione.

La plasticità del conglomerato venne controllata, in cantiere, con le prove del cono (Slumptest). Per tali prove i campioni venivano preparati con una forma in lamiera di ferro a tronco di cono con la base superiore di 10 cm, l'inferiore di 20 cm ed un'altezza di cm 30. Tolta la forma si lasciava assettare il conglomerato sopra una lastra di ferro orizzontale, sino a che non subiva più alcuno spostamento e con un'asta verticale si misu-

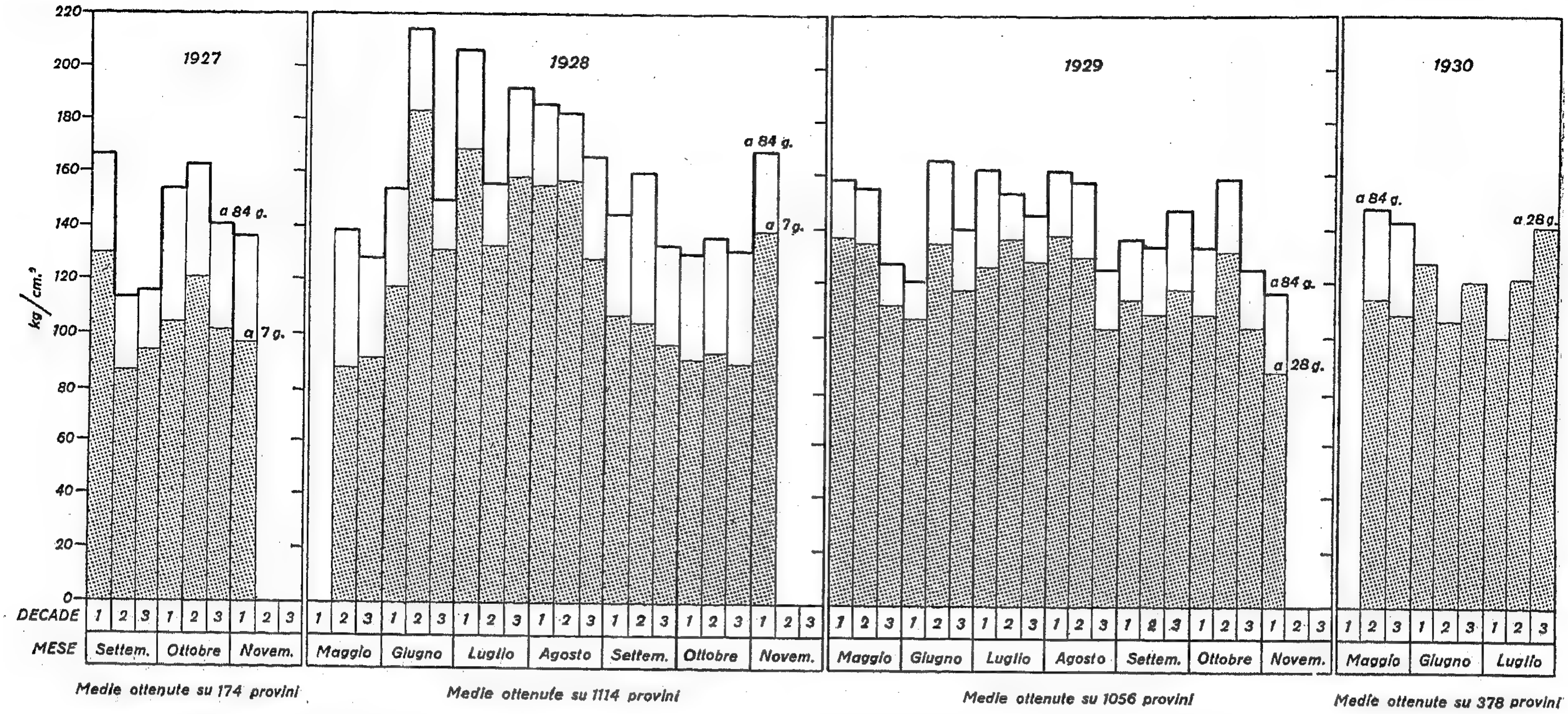


Fig. 23. - Risultati medi delle prove di compressione sui calcestruzzi impiegati per la diga maggiore di Ceresole Reale.

rava di quanto si era abbassato il cono rispetto all'altezza primitiva. Si verifi ò che l'abbassamento a parità di qualità del cemento e a composizione granulometrica degli agglomerati pressochè costante, poteva ritenersi proporzionale alla quantità d'acqua d'impasto.

Un confronto fra i risultati dello « Slumptest » e quelli delle più esatte misure dell'acqua d'impasto dianzi accennate permise anzi di ricavare una tabella con la quale si poteva avere in cantiere, in modo rapido e abbastanza approssimato, la quantità d'acqua contenuta negli impasti.

Particolare importanza per la diga ebbero le prove di impermeabilità sui conglomerati cementizi e sugli intonachi, con o senza aggiunte di sostanze impermeabilizzanti. Tali prove vennero eseguite con una pressa speciale (fornita dalla ditta De Pretto di Schio), la quale era essenzialmente costituita da un basamento a candeliere con piano superiore forato e da una campana sovrastante avente le forma di una calotta sferica.

Fra il basamento e la campana veniva serrata, con l'interposizione di guarnizioni di gomma, una formella cilindrica di calcestruzzo del diametro di m 0,78 e dell'altezza di 22 cm. Nella campana superiore si poteva comprimere l'acqua fino a 25 atmosfere a mezzo di una pompa idraulica collegata ad un serbatoio di espansione che permetteva di mantenere la pressione pressochè costante.

Le eventuali infiltrazioni che avvenivano attraverso lo spessore del provino si raccoglievano da quattro rubinetti al di sotto del piatto inferiore, separatamente per diverse zone del provino stesso. Ciò si otteneva con una serie di tre guarnizioni concentriche a corona circolare che separavano tre corrispondenti zone della base del provino. Una quarta zona era costituita dalla superficie cilindrica laterale del provino stesso.

Nel prospetto II sono raccolti i risultati delle prove eseguite. È interessante rilevare come tali prove confermino la tesi sostenuta dalla maggior parte dei costruttori di dighe che, agli effetti dell'impermeabilità, una maggior dosatura di cemento non possa portare alcun vantaggio speciale, mentre invece la presenza, nel corpo di un muro di ritenuta, di masse di calcestruzzo diversamente dosate può provocare fessurazioni in corrispondenza delle superficie di contatto, per il diverso ritiro delle masse stesse.

Un altro problema che formò l'oggetto di studî e di ricerche molto accurate è quello della composizione granulometrica dei materiali aggregati.

Con la sabbia e con la ghiaia prelevate direttamente dagli impianti di cantiere, vennero preparate diverse miscele con le seguenti proporzioni:

ghiaia:	m³ 0,800;	0,750;	0,700;	0,650;	0,600
sabbia:	» 0,400;	0,450;	0,500;	0,550;	0,600

ed eseguita l'analisi granulometrica di ciascuna miscela (mediante una serie di setacci con maglie da 0.147÷80 mm) si prepararono diversi provini (n 225 cubi con lato di m 0,16) di conglomerato, tutti con la stessa qualità e quantità di cemento del quale si conosceva la resistenza, e con diverse quantità d'acqua. I provini furono poi sottoposti alle prove di compressione alle diverse scadenze. I risultati di queste prove sono riportati nel prospetto III°.

Durante la costruzione della diga vennero pure eseguite numerose analisi granulometriche dei materiali prelevati dai misuratori sopra le impastatrici, allo scopo di controllare la composizione del conglomerato posto in opera e per poter dare una norma per le eventuali variazioni della miscela, in modo da ottenere una composizione molto prossima a quella prefissata. Contemporaneamente ai campioni per l'analisi granulometrica venivano prelevati, dagli impasti, campioni di conglomerato per le prove di resistenza a compressione e, dai silos, campioni di cemento per le prove su malta normale. Veniva inoltre eseguita la misura dell'acqua d'impasto, ricavandola dal prosciugamento del conglomerato stesso e quella parallela della umidità della sabbia e della ghiaia.

Nel prospetto IV° sono raccolti i risultati di alcune di queste prove di controllo.

Per riguardo alle osservazioni sul comportamento dell'opera a lavori ultimati, sono stati predisposti anzitutto 30 termometri, dei quali 22 (a resistenza elettrica) distribuiti uniformemente nella sezione di massima altezza della diga; 2 in una sezione prossima alla spalla destra, a quota 1552,50; 2 in corrispondenza di due giunti provvisori (durante la loro richiusura); 2 nel muro di guardia, rispettivamente a quota 1557,50 e 1558,50; 1 alla base del paramento a monte, a contatto con l'acqua sul fondo del serbatoio e l'ultimo a quota 1570, pure davanti al paramento a monte della diga.

In base alle indicazioni dei primi 22 termometri si è potuto tracciare, per la sezione di massima altezza, l'andamento delle curve isoterme relative al dicembre 1929 e all'agosto 1930, riportate nella fig. 24. Essendosi riscontrate, a lavori ultimati, alcune fenditure nelle zone interessate dai giunti provvisori di contrazione, si è provveduto a controllarne il comportamento

PROVE SULLA PERMEABILITÀ DEI CONGLOMERATI E DEGLI INTONACHI DI CEMENTO

N. della prova	Con o senza intonaco	Dosatura del conglomerato	Resistenza a compressione del cemento (malta normale) a 28 g. kg/cmq.	Resistenza a compressione del conglomerato cement. a 28 g. kg/cmq.	Peso per mc di conglomerato	Risultati delle prove
1	intonaco 2 cm lisciato a 900 kg di cemento per m³ di sabbia	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 200 acqua litri 200	610	93,7	2368	Mantenuto per 5 giorni sotto il carico di 7 armosf., non si è avuta alcuna infiltrazione.
2	senza intonaco	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 200 acqua litri 225	560	108	2417	Mantenuto il blocco sotto il carico di 7 atm. per 5 giorni si ebbe una infiltrazione totale di litri 3,050. Acqua imbevuta dal provino litri 2,500.
3	intonaco 2 cm a kg 900 di cemento per m³ di sabbia	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 200 acqua litri 225	590	95	2447	Raggiunto il carico di 3 atm., si verifica una rottura diametrale del provino che però non interessa tutto lo spessore ma lascia intatti i 2 cm. d'intonaco. Mantenuto il provino sotto il carico di 7 atm. per 5 giorni non si ebbe nessuna infiltrazione. Acqua imbevuta dal provino litri 0,300.
4	senza intonaco	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 250 acqua litri 200	520	113	2446	Mantenuto il provino per 6 giorni sotto il carico di 7 atm. si ebbe una infiltrazione di circa 5 litri per giorno. Acqua imbevuta dal provino litri 3,800.
5	senza intonaco	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 250 acqua litri 200	530	130	2417	Sottoposto il provino alla pressione di 7 atm. per 8 giorni consecutivi, nei primi 2 giorni non si ebbe alcuna infiltrazione, nei successivi 6 giorni si ebbe una media di circa litri 2,5 al giorno di acqua filtrata. Acqua imbevuta dal provino litri 4,700.
6	senza intonaco	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 200 acqua litri 225	560	82	2446	Mantenuto il provino per 8 giorni a 7 atm. si ebbe una infiltrazione di circa litri 0,268 Acqua imbevuta dal provino litri 4,500.
7	senza intonaco	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 200 acqua litri 225	607	90	2319	Mantenuto il provino per 6 giorni a 7 atm. si ebbe una infiltrazione di circa litri 1,5 al giorno. Acqua imbevuta dal provino litri 5,100.
8	senza intonaco	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 200 acqua litri 200	540	77	2294	Mantenuto il provino per 6 giorni a 6 atm. non si ebbe alcuna infiltrazione nei primi 3 giorni ed una infiltrazione di circa mezzo litro nei 3 giorni successivi. Acqua imbevuta dal provino litri 5,900.
9	intonaco 2 cm lisciato a 900 kg di cemento per m³ di sabbia	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 200 acqua litri 225	560	79	2407	Raggiunto il carico di 4 atm. si osserva una rottura diametrale dal basso all'alto dello spessore sino a 6 cm. dalla superficie superiore. Mantenendo il carico di 7 atm. per 100 ore non si è avuta alcuna infiltrazione. Acqua imbevuta dal provino litri 0,900.
10	senza intonaco	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 200 acqua litri 200	630	154	2319	Acqua filtrata durante le prime 24 ore di carico a 6 atm. litri 10,4. Constatata la forte infiltrazione si ritiene inutile continuare le prove. Acqua imbevuta dal conglomerato cementizio litri 6,900. $\frac{\text{litri } 6,900}{0,4775 \times 0,22} = 65,68$ litri/mc
11	intonaco 1° *strato* di 2 cm di malta dosata a kg 700 di cemento per m³ di sabbia 2° *strato* di 2 cm di malta a 900 kg di cemento per m³ di sabbia	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 200 acqua litri 200	570	94	2441	Raggiunto il carico di 4 atm. si è verificata una frattura verticale del provino interessante tutto lo spessore meno il primo strato di 2 cm d'intonaco. Mantenuta la pressione a 6 atm. per i primi 3 giorni e a 7 atm. per altri 3 giorni nessuna infiltrazione si è verificata. Sono bastati i 2 cm di intonaco sopra la frattura per impedire qualsiasi infiltrazione. Acqua imbevuta dal corpo del provino litri 1,300.
12	senza intonaco	ghiaia m³ 0.700 sabbia m³ 0.500 cemento kg 250 acqua litri 225	640	145 a 95 giorni	2343	Il carico viene mantenuto a 6 atm. per le prime 24 ore e a 7 atm. per altri 5 giorni consecutivi. Dopo due giorni e mezzo comincia a filtrare acqua circa litri 1,7 al giorno, in tutto nei cinque giorni litri 9,200. Acqua imbevuta dal conglomerato l. 7,600.

Per tutti i provini sopra elencati è stato usato cemento ad alta resistenza proveniente dalla cementeria di Calusco d'Adda della Soc. Italcementi di Bergamo.

PROSPETTO III.

PROVE PER LA DETERMINAZIONE DELLA COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Campione sabbia e ghiaia prelevato dai Silos	Residui dai setacci % in peso													Dosatura per mc d'impasto		Resistenza del conglomerato alla compressione cubi 16×16×16 cm		
	Ghiaia						Sabbia											
	10	9	8	7	6	Totale ghiaia	5	4	3	2	1	Passata dal setaccio 1	Totale sabbia	Cemento kg.	Acqua litri	a 7 giorni kg/cmq	a 28 giorni kg/cmq	a 84 giorni kg/cmq
														200	175	76.10	212.88	234.37
Miscela di														200	190	78.10	181.64	193.35
mc. 0.800 ghiaia		23.43	22.64	9.26	7.32	62.65	6.29	9.27	11.21	7.48	1.22	1.88	37.35	200	200	62.50	166.00	177.73
mc. 0.400 sabbia														200	210	66.41	148.43	176.76
														200	220	62.50	144.52	159.20
														200	175	91.80	177.70	230.46
Miscela di														200	190	72.27	171.87	207.02
mc. 0.750 ghiaia		22.76	20.10	7.98	7.73	58.57	7.03	10.52	11.84	7.73	1.80	2.51	41.43	200	200	48.83	140.61	170.89
mc. 0.450 sabbia														200	210	66.48	152.84	201.16
														200	220	46.88	139.64	170.00
														200	175	87.97	226.58	253.90
Miscela di														200	190	93.75	196.88	214.84
mc. 0.700 ghiaia		26.91	17.89	13.15	11.60	69.55	7.28	7.70	5.95	5.30	1.98	2.24	30.45	200	200	66.41	167.94	183.59
mc. 0.500 sabbia														200	210	78.13	160.18	203.12
														200	220	56.64	152.34	184.57
														200	175	87.89	189.45	238.27
Miscela di														200	190	78.13	185.54	215.84
mc. 0.650 ghiaia		24.54	16.31	12.25	12.50	65.60	8.84	9.16	6.62	5.21	1.58	2.99	34.40	200	200	89.85	148.42	183.59
mc. 0.550 sabbia														200	210	78.13	166.00	181.64
														200	220	62.50	141.40	181.64
														200	175	105.44	228.56	261.71
Miscela														200	190	82.04	195.31	210.93
mc. 0,600 ghiaia		21.60	15.86	14.50	13.19	65.15	8.58	9.15	6.78	5.70	1.83	2.81	34.85	200	200	72.27	154.29	183.59
mc. 0,600 sabbia														200	210	78.13	154.29	164.06
														200	220	58.69	132.80	176.75

Setaccio n.º 1: maglia di 0,147 mm
» » 2: » » 0,295 »
» » 3: » » 0,590 »
» » 4: » » 1,170 »
» » 5: » » 2,360 »

Setaccio n.º 6: maglia di 4,700 mm
» » 7: » » 10,000 »
» » 8: » » 20,000 »
» » 9: » » 40,000 »
» » 10: » » 80,000 »

Conglomerato confezionato con cemento ad alta resistenza « Milanese e Azzi » Stabilimento di Casale Monferrato

Resistenza alla compressione		
a 7 giorni kg/cmq	a 28 giorni kg/cmq	a 84 giorni kg/cmq
530	660	717

PROSPETTO IV

PROVE DI CONTROLLO SULLA COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO DELLA DIGA

Campione di sabbia e ghiaia prelevato dai misuratori delle impastatrici per il getto della Diga	Residui dai setacci – Ghiaia						Residui dai setacci – Sabbia							Conglomerato cementizio prelevato dagli impasti per il getto della Diga – Dosatura per mc. d'impasto		Conglomerato cementizio – Resistenza alla compressione			Resistenza a compressione del cemento, (prova su malta normale)	
	10	9	8	7	6	Totale ghiaia	5	4	3	2	1	Passata dal setaccio 1	Totale sabbia	Cemento kg.	Acqua litri	a 7 g. kg/cmq.	a 28 g. kg/cmq.	a 84 g. kg/cmq.	a 7 g. kg/cmq.	a 28 g. kg/cmq.
Miscela in rapporto a 700 di ghiaia a 500 di sabbia		16.74	13.59	9.83	13.54	53.70	7.82	13.65	13.74	8.32	1,18	1.58	46.30	200	200	66.4	170.89	171.87	520	716
id.	1.46	25.00	18.78	13.90	10.94	70.08	7,19	8.24	6.00	4.19	1.90	2.40	29.92	200	210	50.78	119.09	147.6	450	600
id.		22.29	25.73	8.54	10.70	67.26	8.39	8.03	6.97	4.95	2.58	1.82	32.74	200	198	56.64	123.04	138.66	356	583
id.		25.09	20.61	11.20	8.22	65.12	6.94	8.62	7.46	6.80	3.09	1.97	34.88	200	200	66.41	128.90	169.92	420	566
id.		26.00	20.89	11.50	10.11	68.50	7.03	8.71	8.02	3.67	2.96	1,11	31.50	200	213	60.51	112.00	148.00	405	563
id.		33.70	19.35	8.30	8.00	69.35	7.06	8.04	7.29	4.00	2.62	1.64	30.65	200	205	66.41	140.62	190.42	475	520
id.		26.42	27.90	11.51	9.14	74.97	6.24	6.86	5.31	4.17	1.46	0.99	25.03	200	288	58.69	123.04	168.40	410	507
id.	5.66	34.00	14.21	8.13	8.20	70.20	6.52	7.42	6.18	5.40	2.25	2.03	29.80	200	180	105.46	212.88	273.42	425	557
id.		36.74	15.51	11.32	9.82	73.39	7.27	6.16	6.15	3.92	1.82	1.29	26.61	200	195	58.69	106.44	148.43	420	593
id.		35.67	15.23	11.92	10.29	63.11	6.70	6.45	5.98	4.32	2.38	1.06	26.89	200	205	64.45	115.23	164.06	433	520
id.		20.34	16.34	19.46	15.16	71.30	8.62	7.86	5.87	3.49	1.49	1.37	28.70	200	190	78.13	175.78	234.36	480	556

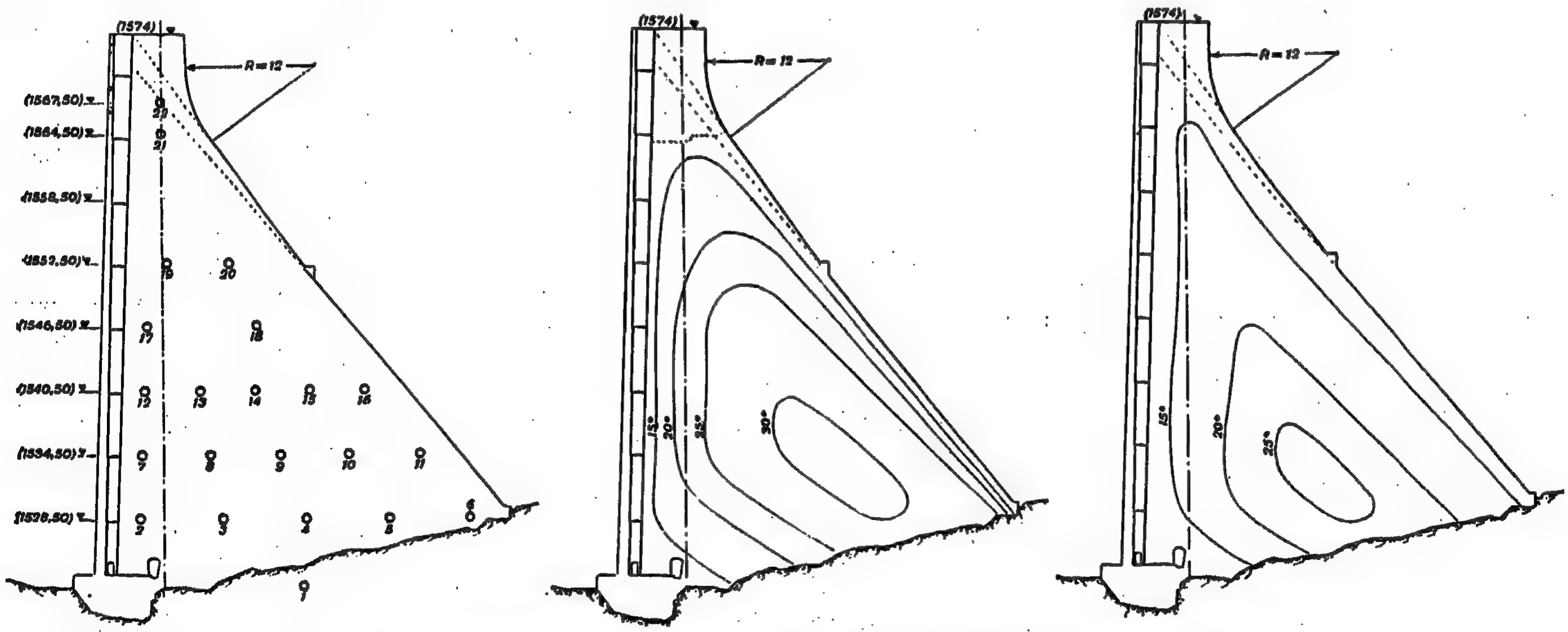


Fig. 24 - Disposizione dei termometri nella sezione di massima altezza della diga di Ceresole Reale e curve isotermiche relative al dicembre 1929 e all'agosto 1930.

murando ai lati delle fenditure stesse dei bottoncini di bronzo, distanti circa 25 cm, e misurandone giornalmente la distanza a mezzo di un calibro di precisione (al centesimo di millimetro). Per il controllo delle deformazioni planimetriche ed altimetriche della diga, durante la messa in carico e, successivamente, nel periodo di esercizio, si è inoltre installato, in posizione opportuna sopra un pilastrino fondato in roccia sulla sponda sinistra del serbatoio e in prossimità della diga, un apparecchio collimatore della «Filotecnica». Messo in stazione lo strumento, si sono fissati sull'una e sull'altra sponda rocciosa del serbatoio due scopi fissi su pilastrini, in modo da stabilire una linea di collimazione invariabile, passante per i punti caratteristici della diga dei quali si volevano misurare gli spostamenti, e precisamente: per il punto di chiave del grande arco della diga e per il punto di estradosso a un quarto della lunghezza dell'arco stesso a partire dalla spalla destra.

Ricordiamo da ultimo che, per riguardo all'esercizio del serbatoio e dell'impianto, sono stati predisposti: un idrometro registratore a lettura diretta alla presa dal serbatoio; un teleidrometro registratore con indicazione a distanza, alla vasca di carico e uno stramazzo di misura tipo Bazin nel canale di scarico della centrale.

A. T.

PROF. DR. ING. MARIO MEDICI
DIRETTORE DELL'ISTITUTO DI MACCHINE TERMICHE ED IDRAULICHE
DELLA R. SCUOLA D'INGEGNERIA DI PALERMO

L'influenza dei valori dei diametri della rotante sui coefficienti di rendimento delle turbine a vapore assiali

In una rassegna monografica da noi effettuata nel 1926 sulla evoluzione delle turbine a vapore assiali fino a quella data (1) indicammo come la « cifra specifica della velocità periferica », che è una cifra adimensionale (proposta da chi scrive fin dal 1925 in luogo del noto numero X del Parsons, adoperato da questi per caratterizzare le sole turbine a reazione) definita dalla relazione seguente:

$$u_s = \frac{\bar{u}}{c} \frac{\sqrt{\bar{u}^2}}{\sqrt{2\,g\,\bar{\lambda}_a}} \qquad (1)$$

ove si ha:

$\bar{u}^2$ = media velocità periferica al quadrato $= \frac{z_1 u_1^2 + z_2 u_2^2 + \dots}{z}$

$\bar{\lambda}_a$ = media caduta termodinamica adiabatica per elemento $= \frac{\lambda_{1a} z_1 + \lambda_{2a} z_2 + \dots}{z}$

z = numero degli elementi della turbina $= z_1 + z_2 + \dots$

z_1 = numero degli elementi di diametro D_1

z_2 = » » » » » D_2

....

z_n = » » » » » D_n

intanto costituisce un sufficiente parametro di riferimento per l'individuazione dei valori del coefficiente di rendimento delle turbine a vapore assiali, in quanto tutti gli altri parametri funzionali e strutturali della macchina non differiscano sensibilmente per le diverse turbine da voler paragonare tra di loro.

Con l'esclusivo riferimento al valore della cifra u_s si fa, evidentemente, astrazione dal considerare se un certo valore per la « velocità periferica specifica » venga realizzata nella turbina con valori maggiori o minori pel numero n di giri di rotazione, con diametri più o meno piccoli o più o meno grandi pel rotante e con un numero di elementi z più o meno ingente. In altri termini si viene a fare completa astrazione da quali siano le dimensioni dell'anello di vapore che defluisce lungo la palettatura della turbina assiale, mentre, in quanto le dimensioni specificate vengono a prescrivere i valori delle lunghezze delle palettature, esse costituiscono un fattore determinante della più grande importanza nei riguardi del valore del coefficiente di rendimento delle turbine a vapore assiali.

Il riferimento alla « cifra specifica della velocità periferica » od al numero del Parsons od a quello dello Zerkowitz, per giudicare in merito al valore del coefficiente di rendimento delle turbine a vapore assiali multiple, così come il valore del rapporto $\frac{u}{c_1}$ viene messo a base per giudicare in merito al coefficiente di rendimento delle turbine a vapore monoruote, presuppone implicitamente che l'influenza della menzionata cifra prevalga su ogni altra influenza nei riguardi del coefficiente di rendimento specificato. Ciò vale in effetti solo entro un campo piuttosto ristretto per la grandezza della macchina, entro il quale la lunghezza delle palettature non vari troppo e le cifre di umidità del vapore siano di un ordine di grandezza poco diverso.

Col solo riferimento alla u_s si esula dal tener conto dell'effetto di peggioramento di rendimento, che deriva dalla presenza di differenti cifre di umidità pel vapore lungo la porzione a b. p. della turbina; influenza quest' ultima cui compete un'importanza tutt'altro che trascurabile, anzi tanto più pronunziata quanto più vengono ad essere ridotte proporzionalmente le perdite fluodinamiche e supplementari, cui si da luogo lungo la turbina.

Nel corso degli ultimi anni si è manifestato, conseguentemente, il bisogno di stabilire una dipendenza dei valori del coefficiente di rendimento delle turbine a vapore assiali multiple da tre cifre distinte, che si potrebbero designare rispettivamente coi nomi di: « cifra caratteristica », « cifra costruttiva », e « cifra di umidità » della macchina. Ed, in luogo del riferimento ad un diagramma bidimensionale in coordinate η, $\frac{u}{c_1}$, come era invalso effettuare per le turbine monoruote od in coordinate η, u_s per le turbine multiple, far ricorso ad un diagramma spaziale di rappresentazione.

Il Pape (1) essenzialmente allo scopo di poter paragonare fra di loro i comportamenti delle turbine a condensazione con quelli delle turbine industriali, ha preso come valore della « cifra caratteristica » un parametro che ha molta affinità colla u_s proposta da chi scrive, in quanto esso è espresso dalla relazione seguente:

$$\nu = \frac{\sqrt{\Sigma\, u^2}}{91{,}53 \sqrt{\lambda_a}} \qquad (2)$$

ed ha dedotta come espressione della « cifra costruttiva » la seguente:

$$\varepsilon = \frac{z \cdot g \sqrt{v_i \cdot v_f}}{\sqrt{\lambda_a} \sqrt{\Sigma\, D^2}} \qquad (3)$$

ove v_i e v_f designano i valori dei volumi specifici del vapore rispettivamente all'inizio ed alla fine e g l'accelerazione della gravità, e come espressione della « cifra d'umidità » quella data dalla relazione seguente:

$$\mu = \frac{\lambda_a}{\lambda_w} 100 - e \qquad (4)$$

(1) Confronta dell'A. « Intorno alle attuali direttive della tecnica per le turbine a vapore ». *L'Elettrotecnica*, N. 7 e 8, 1927.

(1) Confr.: PAPE - Wirkungsgrad von Dampfturbinen. *Archiv für Warmewirtsch. und Dampfkesselwesen*. 1928. Heft II.

ove e designa la porzione della cosidetta « caduta umida » λ_w, la quale in dipendenza della rievaporazione cui si da luogo lungo la turbina, a causa delle perdite, non ha effetto nocivo nei riguardi del peggioramento di rendimento dovuto all'umidità del vapore (e secondo il Pape ha un valore medio pari a 30).

La « cifra d'umidità » non è quindi altro che la porzione della caduta termodinamica adiabatica, che capita nella zona del vapore umido, espressa come percentuale della caduta termodinamica adiabatica globale.

Col riferimento al corredo di dati sperimentali, che si avevano a disposizione a quell'epoca nella letteratura tecnica, il Pape cercò di dimostrare che, mediante l'introduzione di due coefficienti di trasformazione, f_1 relativo alla « cifra d'umidità » ed f_2 inerente alla « cifra costruttiva », fosse possibile, in ciascun caso specifico, risalire dal valore del coefficiente di rendimento η_{id} della corrispondente turbina idealizzata (la turbina per cui $\varepsilon = \infty$ e $\mu = 0$) a quello η della turbina reale.

A titolo d'esempio egli trovò che, in media, per ogni 6 % della cifra d'umidità il valore del coefficiente di rendimento della turbina reale risultava dell'1 % più basso di quello relativo alla turbina idealizzata e quindi, con una $\mu = 30$ %, η, pel solo effetto dell'umidità del vapore, è inferiore per valori dell'ordine del 5 % al valore di η_{id}.

Dall'elaborazione statistica del menzionato corredo di dati costruttivi e sperimentali il Pape dedusse dei grafici, di cui il più importante è quello che fornisce i valori di η_{id} in funzione della « cifra caratteristica ». Si tratta di una curva parabolica il cui massimo capita nella zona dei valori 0,5 a 0,6 per ν.

I grafici del Pape, al lume delle indagini posteriori si sono appalesati come abbastanza approssimati per quanto concerne grandi valori per la « cifra costruttiva » ε, non così nel campo dei valori minori di ε ed, in ispecie per valori inferiori ad $\varepsilon = 2$, i valori dei coefficienti di trasformazione proposti dal Pape sono risultati all'atto pratico troppo elevati.

In base alle indagini più recenti (1) il coefficiente di rendimento delle turbine a vapore multiple assiali appare doversi esprimere con una relazione della forma seguente:

$$\eta = (\eta_s)_m \left\{ \frac{\lambda_{as}}{\lambda_a} \left[1 + \frac{K}{2} \tau_i \right] + \frac{\lambda_{au}}{\lambda_a} \frac{x_f}{2} \right\} \qquad (5)$$

nella quale è:

$(\eta_s)_m$ = il valor medio del coefficiente di rendimento riferito al vapore saturo e secco

λ_a = la caduta termodinamica adiabatica globale

λ_{as} = la caduta termodinamica adiabatica che capita nel campo del vapore surriscaldato

λ_{au} = la caduta termodinamica adiabatica che capita nel campo del vapore umido

τ_i = la differenza tra il valore della temperatura iniziale e quello della corrispondente temperatura di saturazione del vapore

x_f = il titolo del vapore alla fine dell'espansione.

Nella (5) il termine:

$$1 + \frac{K}{2} \tau_i \qquad (6)$$

rappresenta il valore medio del coefficiente di correzione per cui occorre moltiplicare $(\eta_s)_m$ per ottenere conto della porzione di espansione che ha luogo nella zona del vapore surriscaldato, mentre quello:

$$\frac{x_f}{2} \qquad (7)$$

può assumersi, secondo il Dr. Ing. Melan, a rappresentare il valor medio del coefficiente di correzione dato dal Blownley e Warren (1) per tener conto della umidità del vapore nella rimanente porzione dell'espansione.

Il valore di $(\eta_s)_m$ è da dedursi volta a volta da un diagramma speciale del tipo di quello raffigurato nella fig. 1 le cui ordinate sono rispettivamente η, u_s, e la « cifra del Melan »:

$$\xi = \frac{p_i - p_f}{G \cdot \lambda_a} \qquad (8)$$

ove G indica il peso orario di vapore defluente lungo la turbina; p_i e p_f rispettivamente i valori della pressione iniziale e finale.

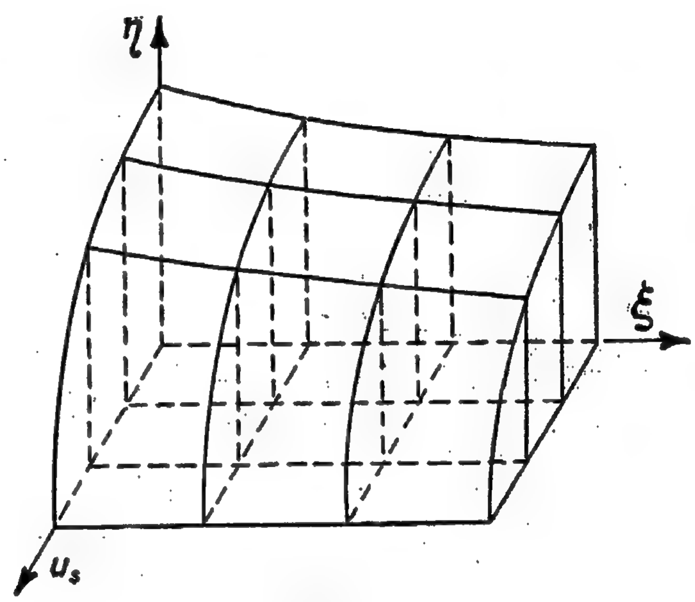


Fig. 1.

Le successive sezioni del diagramma spaziale in quistione, ottenute con piani paralleli a quello $\eta - u_s$, hanno forma quasi parabolica ed il vertice della parabola risulta proporzionalmente tanto più elevato, quanto minore è il valore della cifra ξ ossia maggiore il valore di G, come era logico attendere.

Nei riguardi del problema di cui è oggetto la presente nota è d'uopo, intanto, distinguere nettamente il caso delle turbine a vapore a condensazione da quello delle turbine industriali a ricupero totale. Per queste ultime l'influenza relativa alle condizioni di umidità del vapore ha un'importanza molto più modesta che non lo abbia per le turbine a condensazione. Per le prime, a parità di valore per la « cifra specifica della velocità periferica », i valori dei diametri vengono ad essere prescritti essenzialmente dal valore intervenente pel peso G di vapore che defluisce lungo la turbina, ossia essi sono in certo qual modo solo funzione del valore della potenza che la turbina è chiamata a sviluppare.

Nel quadriennio 1924-28 si determinò la tendenza, nella tecnica specifica, ad accrescere notevolmente, ed in molti casi in maniera indubbiamente esagerata, il valore della u_s, persino per le turbine di potenza relativamente modesta in relazione al valore intervenente per la caduta termodinamica adiabatica da elaborare nelle stesse. Per queste ultime l'ingente aumento che ne derivava per la $\overline{u}^2$ si rispecchiava palesemente o in un aumento eccessivo del numero z degli elementi in serie della turbina con un accrescimento non indifferente del peso, ingombro e costo della stessa, ovvero in un ingrandimento

(1) MELLAMBY AND KERR. *Engineering*. 1927, pag. 98.
WEWERKA. *Archiv. f. W. u. D.* 1926, pag. 189.
STODOLA. *Zeitschr. des V. D. I.* 1926, pag. 895 ed *Engineering*, 1926 pag. 495.
H. MELAN. *Archiv. f. Wärm. und Dampfkesselwesen*. 1927, pag. 309 ed *Power Plant Eng.*, July 15, 1930.
ZINZEN. « Der Einfluss der Dampftemp. auf den Wirkungsgrad von Dampfturbinen ». Berlin 1928.

(1) BROWNLEY AND WARREN. *Transaction of the Amer. Soc. of Mech. Eng.* 1924.

dei diametri della rotante con palese scapito del coefficiente di rendimento per riguardo alle lunghezze troppo limitate, che ne venivano a derivare per le palettature.

Negli ultimi tre anni si è verificata, quindi, come era naturale, una limitazione nel senso specificato, essenzialmente in relazione alle condizioni del mercato economico mondiale. Queste ultime vengono a prescrivere, volta a volta, un valore massimo pel costo della turbina a vapore a condensazione, che è funzione essenzialmente del valore della potenza N che la turbina deve sviluppare e conseguentemente determinano un'interdipendenza tra u_s ed N, nel senso che la u_s massima compatibile cresce coll'aumentare del valore di N.

Per un campo dei valori dell'umidità del vapore che non va oltre il 6 %, si può ritenere, con una certa approssimazione, valere per le turbine assiali a condensazione una legge di interdipendenza tra i valori del coefficiente di rendimento η e la potenza effettiva N al giunto di accoppiamento della forma seguente:

$$\eta = \frac{K_1}{1 + \frac{K_2}{N}} \qquad (9)$$

in cui K_1 e K_2 sono due costanti numeriche.

Precisamente in relazione al concetto di contenere entro determinati limiti le cifre di umidità del vapore (di norma entro il 9 % allo scarico della turbina) si è venuta determinando la tendenza di calcolare le turbine a vapore a condensazione procedendo a ritroso. Ossia, fissate le condizioni relative allo stato del vapore che è desiderabile raggiungere allo scarico della turbina, si risale lungo il diagramma di Mollier, procedendo col calcolo a ritroso, fino ad individuare le condizioni iniziali del vapore all'ingresso in turbina. Impiegando un tale metodo, che è ad esempio quello che si è seguito nel progettare le turbine a vapore della supercentrale « West » di Berlino, testé ultimata, anzichè partire da un valore prefissato per la pressione di introduzione del vapore nella turbina, come era pratica sinora abituale, si arriva alla determinazione del valore più opportuno per la menzionata pressione in base a prescelte condizioni di umidità pel vapore a valle della macchina ed al grado di utilizzazione del vapore, che si prevede possa realizzarsi col tipo di turbina in progetto.

Per le turbine a ricupero totale le interdipendenze escusse sono ancora più pronunziate che per le turbine a condensazione, nel senso che ai valori dei diametri, che si assegnano alla rotante della turbina, viene a competere un'importanza sensibilmente maggiore. Ciò è da riportare alla circostanza che nelle turbine a ricupero totale tutte le perdite, ad eccezione delle perdite di carattere meccanico, vengono influenzate in maniera notevolissima dal valore dei diametri assegnati alla rotante. Una disamina particolareggiata al riguardo, oltre che ad esulare dai limiti della presente nota, riuscirebbe forse inutile ripetizione di concetti ormai di conoscenza acquisita per chiunque si occupi di turbine a vapore.

Sulle traccie della rinomata turbina Brünn a ricupero totale, ideata dal Lösel e che tanto scalpore ha suscitato, per oltre un quinquennio, nella tecnica delle turbine a vapore per riguardo all'elevata cifra raggiunta pel coefficiente di rendimento ($\eta = 0,828$ secondo le accurate misure di collaudo esperite dal Prof. Stodola, alla presenza di un imponente commissione di specialisti dei diversi paesi convenuti all'uopo presso lo zuccherificio di Nestomitz a. d. Elbe il 3 e 4 luglio 1923, su di una turbina Brünn da 2500 kW) si è venuto enunciando il concetto di un « diametro economico » per le turbine a ricupero totale e questo diametro si è ritenuto, da molti, essere uguale invariabilmente a cifre dell'ordine di 600 mm, che è appunto il valore del diametro medio della rotante della turbina innanzi menzionata.

Gran parte delle turbine attuali a ricupero totale sono, conseguentemente, caratterizzate da diametri della rotante dell'ordine di grandezza innanzi indicato.

In effetti, però, non è detto che in ogni circostanza e per tutti i rapporti che possono presentarsi all'atto pratico nel campo delle turbine a ricupero totale, diametri di un tale ordine di grandezza della rotante siano indiscussamente da preferire. Malgrado che i diametri dell'ordine di 600 mm soddisfino, per quasi tutti i valori del peso di vapore G, che sogliono intervenire per le turbine in esame, alla condizione di dar luogo a delle lunghezze per le palettature sufficienti in relazione ai valori del coefficiente di rendimento conseguibile, talvolta essi possono riuscire meno vantaggiosi di diametri di un ordine di grandezza maggiore per riguardo alle condizioni economico-industriali del mercato.

Occorre tener presente al riguardo che diversi sono i fattori che caratterizzano l'economia industriale di una turbina a vapore e cioè, a fianco ad un sufficiente margine di sicurezza del funzionamento, una cifra limitata pel consumo di vapore ed un costo tollerabile per la turbina in relazione alle condizioni economiche momentanee del mercato.

Astrazion fatta dal primo fattore, in quanto un certo grado di sicurezza del funzionamento è condizione basilare in ogni caso, in un certo campo piuttosto ristretto per quanto concerne la grandezza della turbina e le condizioni di umidità del vapore elaborante, il valore di u_s definisce il valore dell'η realizzabile e quindi la cifra di consumo di vapore, mentre il valore dell'ingombro, peso e costo della turbina può ritenersi, *grosso modo*, proporzionale a quello del prodotto $z\,D^2$.

Si tratta quindi di giudicare, in ciascun caso particolare, una volta che siano soddisfatte le condizioni limiti imposte sopratutto dal riferimento alle dimensioni dell'anello di vapore defluente, in relazione al valore della potenza che la turbina deve sviluppare, se il beneficio in consumo conseguibile con un accrescimento della u_s, derivante da una certa diminuzione dei valori dei diametri delle rotanti e da un certo aumento pel valore di z, superi quello che deriva da una diminuzione del costo della turbina, limitando alquanto z ed accrescendo un poco i diametri delle rotanti.

Per avvalorare le considerazioni esposte con alcune cifre numeriche, si consideri una turbina a ricupero totale da 2500 kW a 3000 giri di rotazione al minuto primo, per la quale è:

$$p_1 = 20 \text{ at.} \quad t_1 = 400^\circ \text{ C} \quad G = 6,13 \text{ kg/sec} \quad \text{e } \lambda_a = 100 \text{ cal.}$$

La turbina in questione potrebbe venire costituita, ad esempio, con:

soluzione *a*) 18 elementi di 600 mm di diametro medio
» *b*) 8 elementi di 600 mm di diametro medio e 6 elementi da 800 mm
» *c*) 10 elementi di 750 mm di diametro medio.

Nei tre casi contemplati si ha rispettivamente:

soluzione *a*) $zD^2 = 6,5$ ed $u_s = 0,436$
» *b*) $zD^2 = 6,7$ ed $u_s = 0,445$
» *c*) $zD^2 = 5,6$ ed $u_s = 0,406$.

In questo caso si appalesa immediatamente la convenienza di scegliere la soluzione *c*), ossia di formare la turbina con 10 elementi di 750 mm di diametro medio, data la notevole diminuzione di peso e costo conseguibile rispetto alle altre due soluzioni, senza che ne venga a scapitare molto il valore di u_s e rimanendo colle altezze della palettatura in limiti favorevoli per riguardo al valore del coefficiente di rendimento conseguibile.

PROF. DR. ING. MARIO MEDICI.

(1) Confront.: « Leistungsversuche an einer Gegendruckturbine Bauart Brünn ». Brochure edita dalla *Erste Brünner M. F. G.*

ING. A. M. ANGELINI
DELLA SOCIETÀ «TERNI»

Sulla costruzione di un diagramma per la determinazione delle cadute di tensione nei trasformatori a più circuiti

SOMMARIO

Il calcolo delle cadute di tensione nei trasformatori a più circuiti è in genere particolarmente laborioso, specialmente quando esso debba essere effettuato per molte condizioni di carico.

Si è studiato un diagramma di costruzione assai semplice che permette di trovare rapidamente il valore della caduta di tensione relativa ad uno degli avvolgimenti per qualsiasi condizione di carico negli altri.

La costruzione del diagramma si semplifica notevolmente quando si può ammettere che il rapporto fra reattanza di dispersione e resistenza si mantiene lo stesso fra i diversi avvolgimenti o quando è trascurabile la loro resistenza ohmica, come avviene nella grande maggioranza dei casi pratici.

A titolo di esempio, viene mostrata l'applicazione del diagramma al calcolo delle cadute di tensione relative ad un trasformatore da 43 000 kVA, 10 000/73 500/155 000 V *recentemente installato in una importante centrale elettrica italiana.*

Il calcolo delle cadute di tensione nei trasformatori a tre avvolgimenti è stato oggetto di numerose ricerche che hanno condotto a formule più o meno complesse e più o meno precise, le quali, nei casi più comuni della pratica, risolvono il problema. Un utile confronto fra le formule più in uso in Italia ed i risultati cui esse dànno luogo, è stato fatto dall'Ing. C. Della Salda (1) e successivamente esteso anche al metodo recentemente introdotto dagli Ingg. Palestrino e Caminiti (2).

Qualunque sia il metodo impiegato, la determinazione analitica delle cadute di tensione implica calcoli lunghi e laboriosi i quali, spesso, non hanno neppure il pregio della precisione. Lo scopo di queste note non è quello di discutere i varî metodi di calcolo, ma quello di mostrare come, con un diagramma molto semplice, si possano determinare le cadute di tensione in un trasformatore a tre (o più) circuiti per qualsiasi condizione di carico al secondario e al terziario.

La difficoltà principale che si incontra nello studio del funzionamento dei trasformatori a più avvolgimenti, dipende dal numero relativamente grande di variabili che comporta il problema (due per avvolgimento — corrente e fattore di potenza — supponendo costante la tensione di alimentazione); questa difficoltà viene eliminata applicando convenientemente al caso in questione, un diagramma molto simile a quello del Perrine e Baum per le linee elettriche.

Per il calcolo delle costanti che intervengono nella costruzione del diagramma ci baseremo sulle formule relative al metodo americano, avvertendo però che, come vedremo in seguito, queste costanti possono anche essere calcolate in base ad altri metodi.

(1) *L'Elettrotecnica* 1929, n. 36.
(2) *L'Energia Elettrica*, settembre 1930.

Riferendoci alle notazioni usate dall'Ing. Incontri nella sua memoria «Trasformatori con tre circuiti» (1) ed al circuito equivalente del trasformatore rappresentato in fig. 1, indichiamo rispettivamente con Z_p, Z_s e Z_t, X_p, X_s e X_t, o R_p, R_s e R_t, le impedenze, le reattanze di dispersione e le resistenze di ciascun avvolgimento; con Z_{ps}, Z_{pt} e Z_{st}, X_{ps}, X_{pt} e X_{st}; R_{ps}, R_{pt} e R_{st} le grandezze

$$Z_p + Z_s; \;\ldots\ldots\; X_p + X_s; \;\ldots\ldots\; R_p + R_s; \;\ldots\ldots$$

riferite tutte ad uno stesso avvolgimento.

Siano inoltre $\overline{I}_p$, $\overline{I}_s$ e $\overline{I}_t$, $\overline{E}_p$, $\overline{E}_s$ e $\overline{E}_t$ le correnti negli avvolgimenti primario secondario e terziario e le tensioni ai morsetti di questi; $\overline{e}_{ps}$ et $\overline{e}_{pt}$ le cadute di tensione fra primario e secondario e fra primario e terziario.

Le formule relative al metodo citato sono (2):

$$\overline{e}_{ps} = \left\{ R_p + R_s + j\ (X_p + X_s) \right\} \overline{I}_s + (R_p + j\, X_p)\, \overline{I}_t \qquad [1]$$

$$\overline{e}_{pt} = \left\{ R_p + R_t + j\ (X_p + X_t) \right\} \overline{I}_t + (R_p + j\, X_p)\, \overline{I}_s \qquad [2]$$

Esse si compongono, come si vede, di due termini complessi ciascuna, rappresentabili mediante due vettori la cui direzione

(1) *L'Elettrotecnica*, 15 aprile 1925.
(2) Queste formule messe sotto la forma:

$$\overline{e}_{ps} = (R_p + j\, X_p)\,(\overline{I}_s + \overline{I}_t) + (R_s + j\, X_s)\,\overline{I}_s = Z_p\,\overline{I}_p + Z_s\,\overline{I}_s$$
$$\overline{e}_{pt} = (R_p + j\, X_p)\,(\overline{I}_s + \overline{I}_t) + (R_t + j\, X_t)\,\overline{I}_t = Z_p\,\overline{I}_p + Z_t\,\overline{I}_t$$

e supposto $\overline{I}_p = \overline{I}_s + \overline{I}_t$ (si trascura la corrente a vuoto) appaiono più evidenti se si considera il circuito equivalente dei trasformatori a tre avvolgimenti (fig. 1), che non costituisce altro che una estensione di quello del trasformatore a due.

Ricordiamo ancora che i valori di X_{ps}, X_{pt} e X_{st} risultano dalle prove di c. c. fra primario e secondario, primario e terziario e secondario e terziario ed i valori di X_p, X_s e X_t si ottengono dalle relazioni

$$X_p + X_s = X_{ps};\; X_p + X_t = X_{pt};\; X_s + X_t = X_{st} \quad \text{da cui}$$

$$X_p = \frac{X_{ps} + X_{pt} - X_{st}}{2};\; X_s = \frac{X_{ps} + X_{st} - X_{pt}}{2},$$
$$X_t = \frac{X_{pt} + X_{st} - X_{ps}}{2};$$

Analoghe relazioni valgono per le resitenze e per le impedenze.

Naturalmente i valori di queste grandezze sono riportati ad uno stesso avvolgimento in base ai quadrati dei rapporti di trasformazione. Le impedenze e reattanze si ritengono come di solito costanti.

dipende dallo sfasamento delle I_s ed I_t rispetto alle tensioni relative.

Riferendoci all'espressione [1] costruiamo separatamente i termini che la compongono, ponendo:

$$\{ R_p + R_s + j\,(X_p + X_s) \}\, \overline{I_s} = e''_{ps} \qquad (R_p + j\,X_p)\, \overline{I_t} = e'''_{ps}$$

per cui

$$e_{ps} = \overline{e''}_{ps} + \overline{e'''}_{ps}$$

Per ciò che riguarda il termine e''_{ps} esso può essere costruito come segue (fig. 2): rappresenti il punto O l'estremità del vettore tensione $\overline{E}_s$ e, prendendo la direzione di questo vettore per origine delle fasi, sia $\overline{OP}_s$ la direzione del vettore impedenza

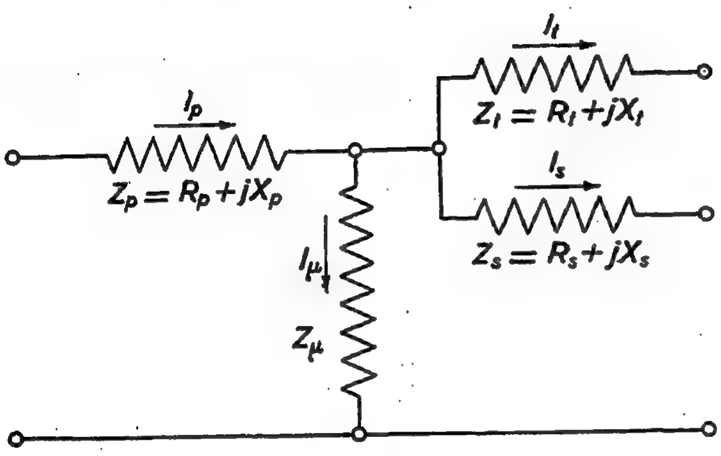


Fig. 1.

$Z_{ps} = R_p + R_s + j\,(X_p + X_s)$. Per uno sfasamento nullo fra tensione secondaria e corrente secondaria, cioè per $\cos\varphi = 1$, potremo misurare sulla retta $\overline{OP}_s$ i valori di $Z_{ps}\, I_s$ che rappresentano (in una scala proporzionale, la cui lunghezza corrisponde alla tensione di c. c. fra primario e secondario) il primo termine dell'espressione [1], cioè e''_{ps}; ora, ritenendo costante

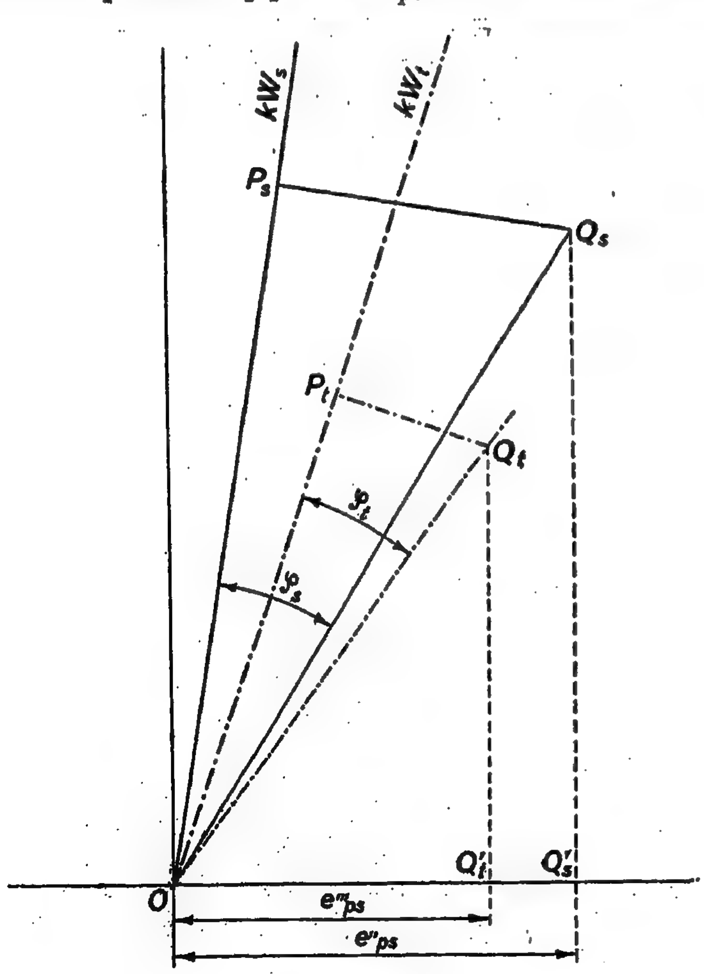


Fig. 2.

la tensione primaria, potremo leggere sulla direzione $\overline{O\,P}_s$ a partire da O le cadute di tensione corrispondenti alle potenze erogate dal secondario, risultando queste proporzionali ad I_s. È evidente che, per un carico secondario sfasato di φ_s rispetto alla tensione E_s, la caduta di tensione è rappresentata in direzione e senso da $\overline{O\,Q}_s$, dove questa lunghezza rappresenta, in un'altra scala naturalmente, la *potenza apparente* assorbita dal secondario.

Fissate le scale in modo che alla tensione di c. c. fra primario e secondario (eventualmente riferita all'avvolgimento rispetto al quale vengono riportate le grandezze relative agli altri) corrisponda la potenza normale del secondario (1), per avere il valore della caduta di tensione (sempre vettorialmente), basterà leggere su $\overline{O\,P}_s$ il valore della *potenza attiva* P_s erogata dal secondario, condurre per P_s una normale ad $\overline{O\,P}_s$ fino ad incontrare la direzione $\overline{O\,Q}_s$ spostata rispetto ad $\overline{O\,P}_s$ dell'angolo φ_s ($P_s\,Q_s$ rappresenta la potenza reattiva): il segmento $\overline{O\,Q}_s$ rappresenta precisamente il vettore $\overline{e''}_{ps}$.

Il valore di $\overline{e''}_{ps}$ può essere determinato mediante la stessa costruzione, tenendo presente che alla potenza normale del terziario corrisponde la caduta di tensione $Z_p\,\overline{I_t}$.

Volendo tenere conto dello sfasamento α fra la tensione secondaria e quella terziaria, basterà sostituire a φ_t, $\varphi_t - \alpha$.

La caduta di tensione cercata sarà data dalla relazione vettoriale seguente

$$\overline{e''}_{ps} + \overline{e'''}_{ps} = \overline{e}_{ps}$$

In pratica però interessa avere il valore della caduta di tensione scalare che, nella maggior parte dei casi, si può ritenere eguale alla somma delle proiezioni di $\overline{e''}_{ps}$ e di $\overline{e'''}_{ps}$ misurati ciascuno nella loro scala. Del resto, è facile calcolare il valore del termine di correzione da aggiungere, eventualmente, al valore trovato come si è indicato sopra: questo termine di correzione può essere calcolato in base alla seguente relazione (2):

$$\frac{1}{2}\,\frac{(\overline{Q_s\,Q'_s} + \overline{Q_t\,Q'_t})^2}{E_s}$$

dove $\overline{Q_s\ Q'_s}$ e $\overline{Q_t\ Q_t'}$ sono naturalmente espressi in V come E_s.

Le direzioni dei vettori $\overline{OP}_s$ ed $\overline{OP}_t$ possono ritenersi coincidenti in tutti i casi essendo sempre trascurabili le differenze fra i rapporti $\dfrac{X}{R}$ relativi ad avvolgimenti diversi di uno stesso trasformatore; in molti casi, poi, vengono trascurate le resi-

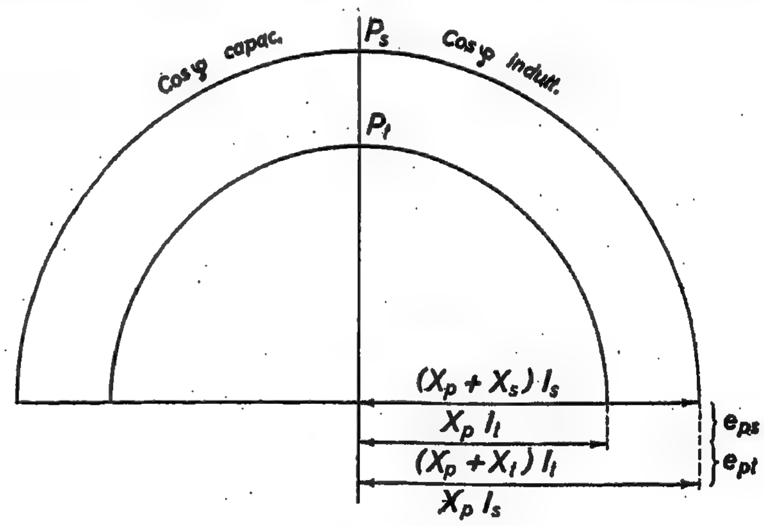


Fig. 3.

stenze, per cui le scale delle potenze vengono ad essere spostate di 90° rispetto alla tensione $\overline{E}_s$.

In base a queste semplificazioni il diagramma pratico può assumere la forma rappresentata in fig. 3.

---

(1) Beninteso la prova di c. c. si suppone effettuata alla corrente normale, o riportata ad essa.

(2) In base al teorema di Pitagora, il termine di correzione dovrebbe essere

$$E_s - \sqrt{\frac{2}{E_s + a^2}} = E_s\left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{a}{E_s}\right)^2}\,\right] \text{ dove } a = \overline{Q_s\,Q'_s} + \overline{Q_t\,Q'_t}$$

Sviluppando in serie il radicale e limitando la serie al secondo termine si ha l'espressione del termine di correzione.

L'espressione [2] dà luogo ad una costruzione del tutto analoga.

Per ciò che riguarda le semplificazioni ammesse, è utile notare che i risultati sono sufficientemente vicini a quelli a cui si perviene per via analitica e che, in ogni caso, le differenze che si notano sono certo inferiori a quelle che si hanno calcolando le cadute di tensione con metodi diversi (1).

Abbiamo costruito il diagramma basandoci sulle formule relative ad uno dei metodi più applicati in pratica, però è facile vedere che esso può essere esteso a qualsiasi altro metodo. Infatti l'espressione simbolica generale che dà le cadute di tensione fra due avvolgimenti qualsiasi di un trasformatore a tre circuiti, alimentato a tensione costante, è espressa da una relazione della forma:

$$e = Z_a \overline{I}_1 + Z_b \overline{I}_2 + Z_c \overline{I}_3 \qquad [3]$$

dove i termini Z_a, Z_b, Z_c sono omogenei con delle impedenze ed I_1, I_2, I_3 rappresentano le correnti nei tre avvolgimenti: è evidente che ciascuno dei termini della [3] può essere costruito come abbiamo indicato precedentemente.

Nel caso di trasformatori a più di tre avvolgimenti (2) l'estensione è ovvia, potendosi generalizzare come segue l'espressione [3]

$$e = Z_a \overline{I}_1 + Z_b \overline{I}_2 + Z_c \overline{I}_3 + Z_d \overline{I}_4 + \ldots\ldots$$

Riteniamo che il diagramma descritto possa essere di qualche utilità in molti casi in cui è necessario conoscere i valori delle cadute di tensione per diverse condizioni di funzionamento, tanto più che la sua costruzione è, come si è visto, molto semplice; è da notare inoltre che esso mette bene in evidenza l'influenza di ciascuno degli avvolgimenti separatamente, ciò che può riuscire utile.

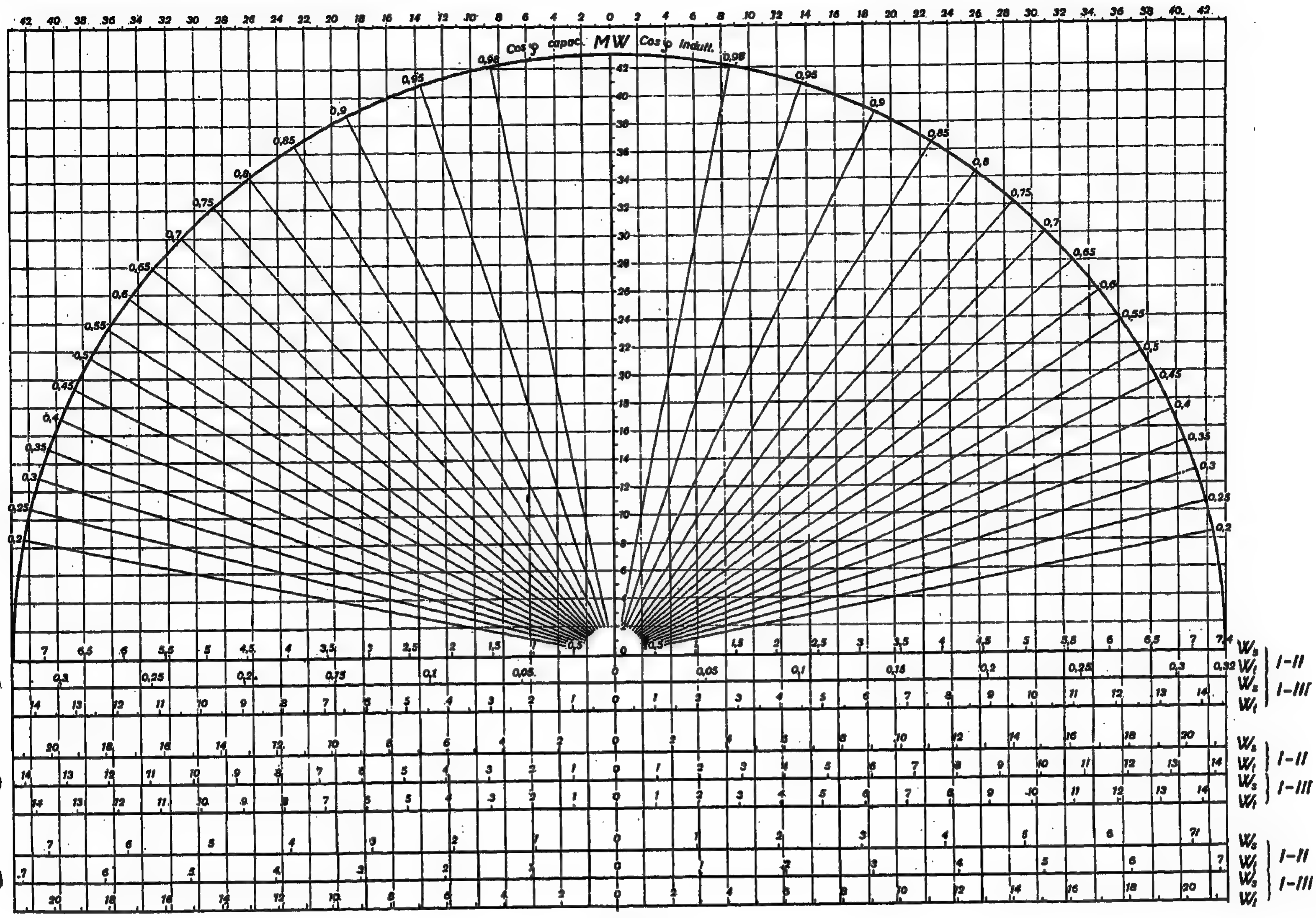


Fig. 4.

A titolo di esempio riportiamo il diagramma relativo ad un trasformatore (fig. 4) a tre circuiti della potenza di 43 000 kVA su ciascun avvolgimento, in corso di installazione in un grande impianto dell'Italia centrale.

Esempio.

Trasformatore a tre avvolgimenti concentrici con primario (10000 V) intermedio, secondario (73 500 V) interno, terziario (155 000-116 000) V esterno.

Potenza in servizio continuo 43 000 kVA su tutti e tre gli avvolgimenti: $f = 45 \div 50$ periodi.

Le prove di c. c. si riferiscono ai rapporti

10 000/73 500/116 000 e sono state eseguite a 50,5 periodi.

1°) Alimentazione dal terziario, primario in c. c., secondario aperto.

$$V_t = 8\,000 \text{ V} \quad , \quad I_t = 101 \text{ A}$$

2°) Alimentazione dal secondario, primario in c. c., terziario aperto

$$V_s = 1\,900 \text{ V} \quad , \quad I_s = 136{,}5 \text{ A}$$

rapporto fra i numeri di spire secondarie e terziarie $= \dfrac{302}{514}$

(1) Vedere il confronto eseguito dall'Ing. Della Salda loc. cit.

(2) I trasformatori a quattro avvolgimenti sono già entrati nella pratica.

3°) Alimentazione dal terziario, secondario in c. c. primario aperto

$$V_t = 11\,000 \text{ V} \quad , \quad I_t = 94{,}8 \text{ A.}$$

Le impedenze concatenate riferite alla frequenza $f = 50$ periodi ed al terziario (116 000 V) risultano:

$$Z_{ps} = \frac{1\,900}{136{,}5} \quad \frac{(514)^2}{(302)^2} \quad \frac{50}{50{,}5} = 40 \text{ ohm} \simeq X_{ps}$$

$$Z_{pt} = \frac{8\,000}{101} \quad \frac{50}{50{,}5} = 78{,}5 \text{ ohm} \simeq X_{pt}$$

$$Z_{st} = \frac{11\,000}{94{,}8} \quad \frac{50}{50{,}5} = 115 \text{ ohm} \simeq X_{st}$$

La corrente di pieno carico, riferita al terziario, risulta per ciascuno degli avvolgimenti di 214 A.

In funzionamento normale, con primario intermedio, secondario interno e terziario esterno, risulta

$$X_p = \frac{40 + 78{,}5 - 115}{2} = 1{,}75 \text{ ohm}$$

$$e_{ps} = j\,40\,\overline{I}_s + j\,1{,}75\,\overline{I}_t = j\,40 \times 214 + j\,1{,}75 \times 214$$

$$e_{ps} = j\,8560 + j\,375$$

Le scale indicano le cadute di tensione in % e sono state costruite come segue:

1°) *Cadute di tensione fra primario e secondario.*

$$e''_{ps}\,\% = \frac{8560}{116\,000} \times 100 = 7{,}375\,\% \equiv 215 \text{ mm}$$

$$1\,\% \equiv \frac{215}{7{,}375} = 29{,}2 \text{ mm} \quad (1^a \text{ scala sul diagramma})$$

$$e'''_{ps}\% = \frac{375 \times 100}{116\,000} = 0{,}323\,\%$$

$$0{,}1\,\% \equiv \frac{215}{3{,}23} = 66{,}5 \text{ mm} \quad (2^a \text{ scala sul diagramma})$$

2°) Per le *cadute di tensione fra primario e terziario* risulta, da un calcolo analogo, che le scale sono determinate dalle corrispondenze:

$1\% \equiv 14{,}83$ mm (3ª scala sul diagramma con riferimento al carico terziario).

$0{,}1\% \equiv 66{,}5$ mm (2ª scala sul diagramma con riferimento al carico secondario).

Il modo di effettuare la lettura risulta semplicissimo:

ad esempio per un carico secondario di 19 000 kW a $\cos\varphi = 0{,}85$ ed un carico terziario di 11 000 kW a $\cos\varphi = 0{,}65$ risulta

$$e_{ps}\% = 2 + 0{,}1 = 2{,}1\%$$

$$e_{pt}\% = 4{,}45 + 0{,}095 = 4{,}55\% \text{ circa.}$$

Il diagramma riportato in fig. 3 si riferisce anche ai funzionamenti diversi da quello normale.

Come si vede in funzionamento normale, l'influenza del terziario sulla caduta secondaria e quella del secondario sulla caduta terziaria sono molto piccole.

Le altre scale mettono in evidenza come variano le condizioni di funzionamento quando eventualmente funzionasse da primario l'avvolgimento esterno o quello interno.

A. M. ANGELINI.

ING. ETTORE CESÀRI
DIRETTORE DELL'« UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE »

L'industria elettrica all'estero

Spagna

Caratteri dell'industria.

La prima fase di sviluppo dell'industria elettrica spagnola fu caratterizzata (come in Italia) da numerose iniziative indipendenti l'una dall'altra, talora anche importanti: per tempo vi si iniziò la costruzione di impianti idroelettrici, spesso regolati da serbatoi. Il Governo si occupò presto dei problemi connessi all'industria elettrica, sforzandosi di favorirla finanziariamente e con la promulgazione di leggi opportune: si tentò anche più volte di costituire piani regolatori ed una legge speciale previde la costruzione di una rete nazionale di compensazione destinata a distribuire sulle varie parti del Paese l'energia d'origine idraulica e quella termica da prodursi alle miniere di carbone.

I risultati finora non furono quelli che si speravano, sebbene l'aiuto statale abbia favorito l'utilizzazione delle forze idrauliche; quanto alla rete nazionale, essa è ancora all'inizio.

Sebbene notevoli somme siano state investite anche da risparmiatori spagnoli nell'industria elettrica, in notevole parte di essa sono largamente interessati gruppi finanziari stranieri e principalmente il Gruppo Sofina e suoi derivati. Larghe interessenze vi hanno la Motor Columbus, l'Elektrobank e il Credito Svizzero, la International General Electric Co. e altri gruppi fra i quali anche quelli che fanno capo a S. E. il Conte Volpi di Misurata.

Il capitale investito supera i quattro miliardi di pesetas. Il costo degli impianti (particolarmente dei più vecchi) riuscì elevato: ciò anche per la grande estensione delle linee con carichi limitati.

Si è voluto proteggere l'industria elettrica da eccessiva infiltrazione di capitale straniero limitandone la partecipazione nelle nuove Imprese al 25 %. Lo Stato può sottoscrivere fino al 50 % del capitale ed aprire prestiti fino al 40 %, reintegrabili in un certo numero di anni sugli utili d'esercizio. Le forniture in tal caso devono aggiudicarsi su concorso, nel quale il concessionario ha diritto di prelazione: ma in molti casi tale concorso costituisce una formalità. L'industria nazionale è protetta.

L'industria elettrica è in regime di concessione, ma di fatto è libera. I vincoli tariffari posti nei disciplinari si limitano alla fissazione di prezzi massimi che non sono mai raggiunti: intricate sono le disposizioni relative all'elettrodotto.

Manca ancora in Ispagna quella intensificazione del consumo e quella generale adozione dell'energia elettrica da parte di tutte le industrie che da noi si sono verificate nell'ultimo decennio. Quando, passate le burrasche politiche, la calma sarà tornata e si avrà una ripresa economica ed industriale assisteremo certamente ad un notevole incremento della industria elettrica spagnola che ha ancora un importante campo libero e fecondo da coltivare.

Risorse naturali.

La Spagna possiede forze idrauliche e combustibili solidi, entrambi con buone dotazioni.

Le forze idrauliche si trovano sparse in diverse regioni: primeggia fra queste la vallata dell'Ebro coi suoi affluenti. Altre forze importanti si possono realizzare nella Sierra Nevada, lungo il Tago ed il Duero.

Il patrimonio idraulico è variamente valutato: secondo il Geological Survey americano esso sarebbe di 4 milioni di cavalli. Da studi dettagliati dell'Ing. Urrutia e dell'Ing. Gallego risulterebbe una cifra quasi tre volte maggiore. Ma la differenza proviene evidentemente dal diverso criterio di calcolazione e sopratutto dalla diversa *qualità* dei cavalli considerati, avuto riguardo alla loro discontinuità nel corso dell'anno. Secondo una relazione sull'elettrificazione della Spagna pubblicata dalla « Electrical Review » la potenza disponibile sarebbe di 7 milioni e mezzo di cavalli. Data la popolazione della Spagna trattasi certamente di una buona dotazione.

Anche la dotazione di carbone non è scarsa: si trovano abbondanti giacimenti nelle Asturie, che danno il 75 % della produzione totale: altri sono in Andalusia e nel bacino di Oviedo. Vi sono pure importanti giacimenti lignitiferi. Non si hanno cifre sicure sul patrimonio di combustibili della Spagna. La produzione nazionale è integrata da modesta importazione.

Nel programma di elettrificazione che ha portato alla legge per la rete nazionale è prevista la costruzione di moderne centrali da costruirsi nei bacini carboniferi, utilizzando la polvere ed i cascami.

Gli impianti idraulici.

Secondo una statistica dettagliata uscita di recente a cura della « Càmara oficial de Productores y Distribudores de Electricidad » nel 1929 erano installati in 291 centrali idrauliche turbine per 969 339 cavalli e generatrici per 796 210 kVA. Nel 1930 entrarono in servizio altri 100 000 kW circa: cosicchè attualmente la potenza idraulica installata può valutarsi sui 700 000 kW.

Fra gli impianti più ragguardevoli sono: la centrale di Millares (Valencia) sul fiume Júcar, con 112 000 cavalli di turbine, ancora in costruzione; quella di Lafortunada (Huesca) sui fiumi Cinqueta e Cinca, della quale è in corso il completamento a 121 600 cavalli; quella di Camarasa (Lérida), la maggiore fra le numerose impiantate sugli affluenti di sinistra dell'Ebro (Pirenei), con 66 000 cavalli. Vengono poi quella di Lerós sul Segre (56 000 HP), quella di Tremp con 42 500 HP, di Capdella con 40 000 HP, tutte su affluenti dell'Ebro.

Del gruppo della « Sociedad Hidroelectrica Española » sono pure rimarchevoli quelle di Cortes de Pallàs (Valencia) sul Júcar (47 000 HP) e di Villora (Cuenca) sul Cabriel, con 39 500 HP. Vengono poi quella di Leira (Huesca) sull'Essera, con 36 000 HP e numerose altre con potenze fra venti e trentamila.

La Spagna è quindi bene attrezzata di centrali idrauliche, diverse delle quali sono munite di serbatoi. Alcuni di questi hanno per scopo anche l'irrigazione: importanti, nel bacino dell'Ebro, i serbatoi di Tremp e di Camarasa. La centrale di Capdella utilizza l'acqua di vari laghi sistemati.

Fra le costruzioni nuove (entrate in servizio nel 1930) vanno rilevate le seguenti: serbatoio di Jàndula (Guadalquivir) con 21 320 HP; serbatoio di Alloz (12 000 kW) nel bacino dell'Ebro; la centrale di Burguillos sull'Alherche, con 22 000 HP.

Sono iniziati i lavori nel 1930 per l'utilizzazione delle cascate dell'Esla (affluente del Duero) nel distretto di Ricobayo, di cui si è iniziata la diga per un serbatoio di un miliardo di mc, che occuperà un'area di 5000 ha e darà 146 000 HP; e stanno per iniziarsi i lavori di un gruppo di impianti nell'Ovest della Spagna sui fiumi Alagòn, Tiètar e Tago, che daranno mezzo milione di cavalli.

L'utilizzazione del Duero ed affluenti nel tratto comune fra Spagna e Portogallo ha dato luogo a laboriose trattative, conclusesi con la concessione alla Società Ispano-Portoghese della sua utilizzazione. Essa comprenderà, oltre all'impianto dell'Esla di cui sopra che è totalmente in territorio spagnolo, due impianti sul fiume Tormes a valle di Salamanca, con serbatoio artificiale, ed altre centrali poste sul tratto internazionale del Duero, fra le confluenze col Tormes e con l'Huebra, che però, secondo il trattato ispano-portoghese, invieranno l'energia in Portogallo. L'Impresa è finanziata da americani del gruppo General Electric Co.

Gli impianti termici.

La statistica sopra citata segna, pel 1929, in 105 centrali termiche una potenza complessiva di 340 576 HP di motrici e 300 124 kVA di generatrici. Fra le più importanti vi sono quella di Calle Muta (Barcellona) con 38 000 HP, le due di San Adriàn (pure a Barcellona) con 40 000 HP ed 11 000 HP; di Madrid con 17 500 HP; di Burceña in Biscaglia (18800 HP); di Mazarredo (Madrid) con 11 000 HP; di La Falguera (Oviedo) con 19 500 HP; di Peñarroya (Cordova) con 20 400 HP e di Adrall con 20 200 HP. Tutte queste sono attrezzate con turbo-alternatori. Numerose ma modeste sono quelle che funzionano con motori Diesel: di queste la più importante è quella di Saragozza (3000 HP).

Buona parte di questi impianti costituiscono riserve delle centrali idrauliche.

In complesso la disponibilità di macchinario idraulico e termico sta per raggiungere in Spagna il milione e mezzo di HP.

La produzione d'energia.

Secondo la stessa statistica nel 1929 si produssero complessivamente 2.432.903.824 kWh, dei quali 451.327.608 termici e 1.981.576.216 idraulici: in ragione di circa 115 kWh per abitante.

L'incremento della produzione è stato continuo a partire dal 1917. In tale anno la produzione fu di 850 milioni di kWh: nel 1922 raggiunse 1.300 milioni. Nel 1927 si era a poco meno di 2 300 milioni. Certamente la crisi generale e quella politica particolare della Spagna in questi ultimi tempi non influiranno favorevolmente sull'incremento.

La trasmissione dell'energia.

Sebbene in un primo tempo i diversi impianti spagnoli siano sorti sporadicamente, da tempo si è iniziata una serie di collegamenti che hanno finito per costituire reti ad alta tensione importanti.

Una rete a 50 kV con centro a Siviglia si estende da un lato fino a Huelva, e verso Sud a Jeres de la Frontera e ad Algesiras. Altra a 70 kV collega varie centrali a Cordova, Villanueva Minas, Linares. Una terza a 60 kV si estende a levante nella zona di Valencia-Alicante-Murcia-Cartagena e ad Olmedilla si collega mediante una linea a 130 kV con Madrid. A questa città concorrono altre linee a 45, 50 e 15 kV. La zona catalana ha una importante rete, parte a 80 kV, parte a 110 kV, parte a 130 kV: quella Biscaglina a 130, 100, 95, 60, 30 kV.

Infine una rete pure a diversi voltaggi si estende nell'estremo Nord-Ovest fra La Coruña e Pontevedra.

La proposta rete nazionale è a 120÷130 kV, salvo brevi tratti a voltaggi minori consigliati da circostanze locali. Fra le linee costruite di recente vi è la Andrall-Barcellona (125 km) a 110 kV, ed altra facente capo a Madrid, pure a 110 kV.

Mancano dati sulla lunghezza complessiva delle linee e reti spagnole.

Tariffe e prezzi dell'energia.

Poche notizie si hanno sui prezzi e le tariffe spagnole.

La Società Catalana vende a Lit. 2,55 per luce e Lit. 1,17 per forza, al minuto: altre Società praticano prezzi più elevati. In complesso la Spagna è fra i Paesi dove l'energia è più cara.

L'elettrificazione ferroviaria.

In questi ultimi anni è stata iniziata l'elettrificazione di parecchie linee ferroviarie, e per altre si sta studiando. Fu prescelta la corrente continua a diverse tensioni che variano fra 1200 V e 3000 V: un solo tronco, il più antico (1909) (Nacimiento-Gador), usa il trifase a 25 periodi, con 5 500 V. Tutti gli impianti sono a linea di contatto aerea. Le linee già in servizio sono le seguenti:

		(linea)		*(binario)*
Barcellona - S. Baudilio	Km.	12	Km.	23
Palma-Soller (Isola di Majorca)	»	28	»	31
Ujo-Busdongo	»	62	»	80
Barcellona-Moncada-Manresa	»	64	»	148
Moncada - S. Juan de las Abadesas	»	106	»	119
Alasua-Irun	»	104	»	266
Ripoll-Puigcerdà	»	52	»	56
Bilbao-Arenas	»	30	»	49
Nacimiento-Gador	»	21	»	23
Bilbao - S. Sebastian	»	115	»	247

Le Ferrovie Andaluse stanno studiando l'elettrificazione di 550 km di nuove linee: così la Società Ferroviaria Madrid-Saragozza-Alicante sta per elettrificare le linee Mora-Frontiera francese e Santa Cruz de Mudela-Espeluy, per un complesso di circa 640 km.

Produzione importazione ed esportazione di materiale elettrico.

Fino a qualche tempo fa la produzione locale (salvo per cavi elettrici dei quali la Società Pirelli Spagnola è importante produttrice), era modesta e limitata ai contatori, lampade ed a piccolo macchinario. Di recente (1930) è stata fondata la « Constructora de Maquinaria Elèctrica, S. A. » sotto gli auspici della « Westinghouse El. International Co », della « Société matériel électrique S. W. » e della Banca di Bilbao. Essa avrà per oggetto la produzione di generatrici, motori e trasformatori, in serie.

La Spagna non esporta materiale elettrico. Le importazioni nel 1929 furono le seguenti, in quintali:

Dinamo, motori, trasformatori, interruttori ecc. (dall'Italia, Q.li 320)	Q.li	54.070
Gruppi motore-generatore	»	3.324
Quadri	»	1.030
Materiale d'apparecchiatura	»	11.000
Strumenti di misura	»	1.570

Apparecchi domestici di riscaldamento	Q.li	1.020
Accumulatori e pile	»	7.600
Conduttori e cavi	»	30.560
Lampade a incandescenza....................	»	483
Tubi e materiale isolante	»	2.520

Il grosso macchinario (come quasi tutto il resto) viene per quasi un terzo dalla Germania e per più di un sesto dalla Svizzera. Anche l'Inghilterra ne è forte importatrice, con la Francia e gli Stati Uniti. L'Italia non importò nel 1929 che 320 quintali di macchinario. Altri importatori sono il Belgio, la Danimarca, la Svezia.

La tendenza protezionista fa sì che le importazioni vanno diminuendo: non sarebbe impossibile una migliore attività dell'industria italiana.

Portogallo

Caratteri dell'industria. L'industria elettrica portoghese è in via di importante sviluppo: il processo di concentrazione vi è già stato iniziato. Essa può dirsi libera, sebbene leggi speciali ne limitino alcune facoltà: in complesso si può dire che il regime portoghese sia intermedio fra il nostro e quello francese. Di recente l'industria Portoghese ha stretto rapporti con quella Spagnola per l'utilizzazione delle forze del Duero delle quali, per ciò che riguarda il Portogallo, non è tuttavia ancora effettuato il finanziamento; in parecchie Imprese sono interessate holding straniere.

Il Governo ha cercato di favorire la produzione idraulica con diversi provvedimenti di favore, fra i quali larghe esenzioni fiscali.

Risorse naturali. Il Portogallo possiede scarse risorse di combustibili fossili, tanto che importa l'80 % del suo fabbisogno. Possiede una modesta dotazione di forze idrauliche che il Geological Survey stima in 300 000 cavalli, ma che effettivamente sono molto di più: basti dire che la convenzione colla Spagna pel Duero stabilisce solo per questo fiume a favore del Portogallo una dotazione di 285 000 HP. E poichè i corsi d'acqua del Portogallo si prestano alla regolazione è da credere che l'effettiva possibilità sia da stimare sugli 800÷900 mila cavalli, e forse anche di più: il Legge giunge a 1 500 000 kW, il che però sembra esagerato.

Data la popolazione (più di sei milioni) il Portogallo dovrà presto o tardi importare energia dall'estero.

Impianti esistenti Nel 1930 esistevano in Portogallo 320 centrali termiche con una potenza complessiva di 110 000 kW, e 72 centrali idrauliche con una potenza di circa 36 000 kW. Solo una limitata parte di queste servono reti di distribuzione, le altre essendo per uso proprio, specialmente delle industrie manifatturiere che abbondano in alcune regioni del Portogallo.

Nel 1928, secondo le statistiche ufficiali, vi erano 42 centrali idrauliche adibite alla vendita dell'energia e 27 ad uso proprio: delle termiche rispettivamente 116 e 169.

Pure nel 1928 gli impianti termici erano così divisi: a vapore, 82 418 kW, a nafta 13 187 kW, a gas povero 6483 kW.

La produzione e il consumo d'energia Le più recenti statistiche *esatte* forniscono dati pel 1928. In tale annata furono prodotti circa 149 milioni di kWh termici e 68 milioni idraulici. La produzione del 1930 deve avere complessivamente superato i 225 milioni. Siamo in presenza di una delle più modeste produzioni per abitante in Europa.

I consumi nel 1928 erano così ripartiti:

Illuminazione	30,29%
Trazione	28,68%
Forza motrice	33,97%
Elettrochimica	7,06%

Le sole città di Lisbona ed Oporto consumavano una ragguardevole parte della produzione totale: nel 1928 in queste due città il consumo raggiunse rispettivamente 122,16 e 146,80 kWh per abitante, mentre la media generale fu di 33 kWh per abitante.

Trasmissione dell'energia. Secondo le statistiche ufficiali, all'inizio del 1929 esistevano in Portogallo più di 1700 km di linee, con tensioni fra 2000 e 75 000 Volts, delle quali 315 km in cavo sotterraneo. Vaste reti esistono intorno ad Oporto, a Guarda ed a Portalegre.

Tariffe e prezzi. A Lisbona l'energia per luce si paga Lit. 0,83 per kWh, la forza Lit. 0,49; a Porto, Braga e Coimbra per luce Lit. 1,34 e per forza e riscaldamento Lit. 0,42.

ING. ETTORE CESÀRI.

A proposito di denaturatori

L'articolo del Prof. Sartori su un nuovo tipo di denaturatore ci ha procurato numerose comunicazioni da parte dei nostri lettori, tutti, ad eccezione di una delle due che pubblichiamo, recisamente avverse tanto all'apparecchio descritto che al concetto fondamentale del denaturatore.

Nelle critiche oltre che i difetti già a suo tempo rilevati sui consimili apparecchi creati dall'Arnò, tutti mettono in evidenza il fatto che la presenza di simili denaturatori in una rete di distribuzione renderebbe pressochè impossibile la ricezione radiotelefonica cogli odierni apparecchi completamente alimentati dall'impianto interno. Tutti poi rilevano che in buona parte dei casi l'apparecchio descritto nell'articolo avrebbe un costo dello stesso ordine di quello degli apparecchi utilizzatori, il che equivarrebbe a voler bandire dall'Italia le applicazioni elettrodomestiche.

Come principio, la « denaturazione » è veramente una contorta conseguenza del sistema italiano di tassazione, fiscale e complicato, che dovrà certamente essere cambiato presto o tardi perchè dà luogo a troppo gravi inconvenienti : alcuni dei lettori aggiungono che sarebbe deprecabile che al flagello della tassazione si aggiungesse anche la spesa pel denaturatore.

Siamo lieti che l'articolo abbia dato luogo ad una interessante discussione : delle numerose comunicazioni pubblichiamo quelle dell'Ing. Romagnoli e quella del Prof. Ing. Giulietti: la prima perchè costituisce la più completa critica dell'apparecchio e del « denaturatore » in generale, la seconda perchè rende omaggio al compianto tecnico che ne ebbe la prima idea.

L'E. E.

L'articolo « Un denaturatore per applicazioni termiche » comparso nell'ultimo numero di questa rivista, ci riporta automaticamente col pensiero a parecchi anni addietro, quando appunto, interpretando forse troppo fiscalmente le direttive del Ministero delle Finanze, si tentò di introdurre nella pratica i *denaturatori*. E in allora sorse una vivace discussione tra propugnatori e difensori dell'apparecchio del Prof. Arnò da una parte, e preposti ad Aziende elettriche dall'altra i quali, più che vedere i difetti dell'apparecchio specifico, misuravano gli inconvenienti gravissimi cui sarebbe andato incontro l'esercizio, sia tecnicamente che finanziariamente, se tali apparecchi fossero stati introdotti nella pratica effettiva.

E si dissero delle cose così di attualità che, dato l'interesse grandissimo che da un momento all'altro potrebbe avere l'argomento, merita riportare cronologicamente quanto in proposito apparse sulle varie riviste tecniche di allora.

Si inizia coll'articolo del Prof. Banti, direttore de *L'Elettricista* il quale nel numero 24 del 15 dicembre 1913 di detta rivista, sotto il titolo « Per la diffusione del riscaldamento elettrico » scrive:

« Tutti sono da tempo d'accordo, che se lo Stato venisse una buona volta a favorire la diffusione del riscaldamento elettrico — coll'abolirne o ridurne almeno a un minimo la tassa — la quale, gravandolo quanto la luce, lo rende oggi quasi proibitivo — farebbe opera assai vantaggiosa alla industria ed all'economia nazionale, per la conseguente maggiore diffusione dell'energia elettrica in un campo quasi nuovo ed estesissimo per applicazioni, sia domestiche sia industriali.

« Ma l'ostacolo principale alla quasi abolizione della attuale tassa, non proviene tanto dal timore di un gettito minore di essa, che verrebbe certo vantaggiosamente compensato dalla enorme diffusione a tassa minima del riscaldamento elettrico — bensì deriva dalla difficoltà di trovare un provvedimento, pel quale lo Stato possa sicuramente garantirsi contro le frodi che (umanamente è presumibile) — verranno tentate allo scopo di potere abusivamente usare per illuminazione dell'energia non tassata, destinata al riscaldamento.

« Di qui, l'idea sorta naturalmente, di trovare un dispositivo tale che rendesse inservibile per illuminazione l'energia destinata al riscaldamento: di ottenere cioè una vera *denaturazione* dell'energia stessa, a somiglianza di ciò che già si pratica per materie di privativa statale, destinate a differenti usi, di cui alcuni tassati ed altri no; come ad esempio l'alcool denaturato, il sale pastorizio, ecc.

« Anche per l'energia elettrica, questo criterio poteva essere adottato, non appena si fosse creato un dispositivo pratico, di basso costo — di funzionamento sicuro e per quanto è possibile, invulnerabile — il quale permettesse di realizzare una denaturazione razionale dell'energia elettrica allo scopo accennato.

« Da quanto ci consta in questi giorni — sappiamo che esistono già degli apparecchi, funzionanti in prova — e siamo anche autorizzati a ritenere risolto il problema della denaturazione, tanto che crediamo prossima la conclusione di questo periodo di studio e di prova dei detti dispositivi, la quale li dichiari atti a decidere la tanto sospirata riduzione della tassa e si realizzi un beneficio così sentito per l'industria nazionale.

E dopo aver dato qualche cenno sopra uno di questi apparecchi di denaturazione, dovuto al prof. comm. Arnò del Poletecnico milanese, conclude:

« La *necessità* dell'abolizione o riduzione al minimo della tassa sul riscaldamento elettrico è indiscutibile; la soluzione del problema fiscale ora è pure raggiunta: facciamo voti dunque a che la competente Commissione si decida pel maggior vantaggio dell'economia nazionale, visto che altri ostacoli non dovrebbero più esistere alla realizzazione di questa legittima aspirazione della nostra grande industria elettrica ».

Compare subito dopo, nel numero del 18-25 dicembre 1913 a firma *F* (il compianto Prof. Fumero), sulla *Rivista tecnica di Elettricità* nella rubrica « Commenti e Critiche » sotto il titolo: « A proposito della denaturazione della corrente elettrica » quanto segue:

Torino, 19 *dicembre* 1913.

Carissimo Fumero,

« Una rivista tecnica ha recentissimamente pubblicato un articolo intorno ad un apparecchio proposto dal comune amico Prof. Riccardo Arnò e da questi denominato « denaturatore elettrico », che servirebbe alla diffusione dell'energia elettrica agli usi di riscaldamento, subordinandosi all'adozione del medesimo (che si pretende essere in prova presso i funzionari del competente Ministero delle Finanze) una notevole riduzione, se non l'abolizione della tassa per tale uso.

« Concedi ad un ormai vecchio elettricista, che è stato il primo in Italia a protestare contro la tassa sull'energia elettrica, dimostrandone l'enormità (ricordo il mio opuscolo del febbraio 1895) di esporre alcune brevi considerazioni in merito alla notizia che ho dianzi riferito.

« Non v'è altro paese in cui il genio umano si sottilizzi tanto per escogitare i mezzi più opportuni sia per venire in aiuto al Fisco, sia per eluderlo, quanto il nostro. L'enormità di certi balzelli porta seco la necessità del correlativo e siamo così venuti a ciò che con barbara parola si chiama la « denaturazione ».

« Ma, francamente, dallo zucchero, dall'olio lubrificante, dall'alcool, etc. etc., non avrei mai immaginato (e qui confesso la mia ingenuità) si dovesse giungere anche alla denaturazione dell'energia elettrica, tanto più poi per opera di un valoroso elettricista qual'è il nostro carissimo amico Prof. Riccardo Arnò.

« Dalla descrizione fattane nell'articolo cui ho alluso è facilissimo capire il principio su cui sono basati gli apparecchi denaturatori dell'Arnò i quali non sono altro, in sostanza, che semplici interruttori

periodici, come se ne trovano in commercio moltissimi tipi che però sono stati finora adibiti ad altri usi diversi dalla denaturazione.

« Ma ciò che anzitutto non ammetto a priori si è la praticità di funzionamento di tali apparecchi, pure tenuto conto di tutti i perfezionamenti che può avervi apportato l'amico Arnò, posto che essi dovrebbero funzionare con grande frequenza e maggiore rapidità.

« L'osservazione di fatto, poi, sulla quale l'inventore avrebbe fondata l'applicazione dell'apparecchio denaturatore, (che cioè l'effetto luminoso dell'energia elettrica si differenzia dall'effetto calorico, poichè negli apparecchi d'illuminazione l'energia luminosa non si accumula, cessando l'effetto luminoso coll'interruzione della corrente, mentre negli apparecchi di riscaldamento l'energia calorica si può accumulare perchè l'effetto di calore perdura dopo l'interruzione della corrente), non è rigorosamente esatta.

« E allora non è chi non veda come la preconizzata denaturazione dell'energia elettrica, così com'è stata proposta, darebbe come prima conseguenza un'inutile complicazione negli impianti coll'adozione di un apparecchio di funzionamento certamente non pratico; in secondo luogo verrebbe, nella migliore ipotesi, a ritardare l'effetto che si vuole raggiungere. E mi spiego meglio. Se per portare all'ebollizione, ad esempio, una certa quantità di liquido occorrono *n* calorie, per ottenere le quali si rende necessario il consumo di un dato quantitativo di energia elettrica, ciò che, in rapporto ai Watt richiesti dall'apparecchio di riscaldamento, porta la durata del funzionamento ad un determinato tempo, coll'adozione del denaturatore Arnò questa durata sarà ritardata per lo meno di tutto il tempo equivalente all'integrazione della durata delle interruzioni, poichè il parlare di accumulazione dell'energia calorica equivale ad ammettere il.... moto perpetuo !

« Dunque il proposto denaturatore ad altro non servirebbe che a costituire un inutile, ingombrante armamento fiscale. E di questi ne abbiamo già troppi davvero nell'infausta legge delli 8 agosto 1895.

« Vuole il Fisco concedere alla nostra industria il mezzo di diffondere il riscaldamento elettrico? Faccia una cosa semplicissma: abolisca la tassa, posto che mantenendo questa, sia pure in minima misura — e noi sappiamo per prova che cosa i nostri agenti fiscali intendano per minima misura — il riscaldamento elettrico sarà sempre reso praticamente, cioè economicamente, impossibile nella maggioranza delle applicazioni.

« Com'è esente da tassa l'energia consumata per forza motrice e quella richiesta dai processi industriali, così si esenti puramente e semplicemente anche tutta quella adibita a qualsiasi uso di riscaldamento.

« E come per gl'impianti di forza motrice e per quelli dei processi industriali (come ad esempio pei forni elettrici) non s'è mai escogitato nè preteso alcun apparecchio speciale di denaturazione, così non si venga ora a pretenderlo per l'energia destinata al riscaldamento in genere sotto lo specioso pretesto di una illusoria accumulazione !

« Per rassicurare il Fisco, che si preoccupa di una eventuale frode, gli ricorderemo che i mezzi di verifica, di controllo, le sanzioni sono abbondantemente previste e nella legge del 1895 e nel suo regolamento. Si applichino agli usi di riscaldamento in genere le norme già stabilite per la forza motrice e per l'energia richiesta dai processi industriali; altro di meglio e di più semplice non vi è da fare; ma per amor di Dio non parliamo mai più di denaturazione di energia elettrica. Aff.mo

ING. RAFFAELE PINNA ».

***

« Ora il nostro buon amico Pinna sa certamente che da tempo si va combattendo per ottenere la riduzione, se non l'abolizione, della tassa sulla energia elettrica applicata a produrre calore. Sa che allo sgravio ostavano i gravi timori del Fisco di possibili frodi, molto difficilmente scopribili negli appartamenti privati, dove notoriamente si ruba a man salva in ogni luogo dove vige il forfait. Sa che questi timori sono condivisi da parecchi Esercenti, dai quali partì la idea (che noi crediamo poco lodevole ed abbiamo sempre combattuta) di applicare una tassa sulle lampadine e sui carboni.

« Il problema della denaturazione non è dunque così fuori proposito, nè così sciocco, come possa sembrare a prima vista; tanto è vero che tecnici eminenti, i quali hanno sempre vissuto nella grande industria, lo hanno studiato e lo vanno tuttora studiando. Vero è che si tratta di un problema irto di difficoltà, e che non potrebbe assolutamente essere risolto mediante i comuni limitatori di corrente a vibrazione rapida.

« Noi comprendiamo perfettamente che il nostro amico Pinna senta ripugnanza per il novissimo ordigno fiscale; ma lo preghiamo di riflettere che esso sarebbe anche una garanzia per gli Esercenti, e che, in ogni modo, esso rappresenta il mezzo adatto a vincere riluttanze che parevano invincibili.

« Non comprendiamo invece come il Pinna, tecnico espertissimo e colto, si sia lasciato prendere la mano dall'orrore che egli prova per il fiscalismo, fino a giudicare aspramente un apparecchio che egli evidentemente non conosce, e sul quale non può fare che ipotesi. E ce ne spiace perchè questo potrebbe nuocere alla causa che egli stesso propugna con tanto fervore e competenza da anni.

(F) ».

E compare anche subito, nel numero 1 del gennaio 1914, su *L'Elettricista*, sotto il titolo: « A proposito del Denaturatore del Prof. R. Arnò » quanto segue:

« Modena, 20 dicembre 1913.

« *Stimat. Signor*

Prof. A. Banti

Direttore del Giornale « L'Elettricista ».

« Ho letto con grandissimo interesse l'articolo pubblicato nel n. 24 dell'*Elettricista* sul Denaturatore del comm. prof. Arnò. L'idea non mi riesce nuova perchè lo stesso comm. Arnò si compiacque mostrarmi tempo fa nel suo laboratorio gli interessanti apparecchi da lui immaginati per risolvere l'importante problema di impedire ad un utente di giovarsi, per produrre della luce, delle stesse condutture destinate invece ad applicazioni termiche della corrente elettrica. Ed è indubbio che l'idea è geniale e può rappresentare una soluzione rimarchevole anche agli effetti fiscali.

« Mi sia però consentito, ora che a mezzo della stampa tecnica l'argomento può essere liberamente discusso, di esprimere la mia diffidenza sull'accoglienza che non solo i tecnici governativi, ma anche quelli che, come me, sono preposti alla direzione ed al controllo di aziende elettriche, potranno fare al sistema del professore Arnò.

« Per metterci in un caso concreto, che è anche un caso generale, supponiamo che un utente impieghi la energia elettrica in casa sua, tanto per la luce, come pel calore. Egli avrà una derivazione unica dalla rete esterna e l'energia giunta al quadro entro il suo appartamento, si sdoppierà in due circuiti, uno per la luce, l'altro per il calore, ognuno provveduto di apposito contatore, ma il secondo anche di un denaturatore. Dal quadro partiranno poi le condutture che si svilupperanno più o meno in casa, mantenendosi però sempre indipendenti. Così almeno le trova l'Ispettore addetto alla revisione degli impianti quando rilascia il certificato di collaudo e provvede per dare corrente.

« Ricompare allora l'installatore (e se ne trova purtroppo spesso di poco scrupolosi) il quale insegna al cliente il *trucco* o per parlare più esattamente la *truffa*. Nella cucina dove trovasi sopra un circuito la presa a spina dell'energia per gli apparecchi termici e sull'altro circuito la presa a spina per un ventilatore o per una lampada mobile, egli predispone un filo flessibile un *parallelo a valle dei contatori* valendosi delle accennate prese a spina, contrassegnandole opportunamente perchè il parallelo non riesca sbagliato. Ogni tecnico capisce quello che succede. L'energia destinata alla luce attraverserà in parte il contatore luce ed in parte il contatore calore, anzi generalmente più questo che quello, date le sezioni che vengono d'ordinario assegnate alle condutture per applicazioni termiche dell'energia elettrica. E la luce non si risentirà affatto del funzionamento del denaturatore perchè nell'intervallo in cui esso interrompe il circuito che gli corrisponde, la corrente affluirà alle lampade nella sua totalità dall'altra parte. Il risultato finale sarà quello di far segnare a contatore calore una gran parte dell'energia che dovrebbe essere invece segnata dal contatore luce, e questo renderà illusorio il provvedimento.

« Si dirà che le sistematiche revisioni degli impianti permetteranno di scoprire queste truffe, ma io ne dubito fortemente. Sfuggono spesso alla revisione anche le truffe con determinate combinazioni di circuiti sui quadri o togliendo sicurezze o creando punti a terra o scambiando abilmente le connessioni, figuriamoci di una truffa che si potrebbe fare stabilendo un ponte mobile fra due conduttori vicini in un punto magari lontanissimo dai contatori !

« Ecco perchè io ritengo che il denaturatore Arnò non sia ancora completo per le pratiche applicazioni. Viene subito l'idea di giovarsi per le due applicazioni diverse di due linee esterne distinte alimentate da tensioni diverse, oppure di una presa unica se l'impianto è per correnti alternate intercalando un trasformatore o riduttore di tensione prima del contatore per uno dei due circuiti, per esempio quello della luce. Con un trasformatore a valle del contatore, agente in senso opposto dal primo, il parallelo sarebbe pur sempre possibile; però la truffa sarebbe già resa molto più difficile. Senonchè per una truffa *probabile* si verrebbe ad avere una complicazione enorme negli impianti oppure si verrebbe ad aumentare in proporzioni non indifferenti le perdite per tanti piccoli trasformatori funzionanti gran parte del tempo a vuoto.

« La vera denaturazione starebbe nel cambiare la frequenza della corrente in uno dei circuiti pel caso delle correnti alternate ma a questo non si può pensare. Auguriamoci che il comm. Arnò riesca presto a trionfare di queste difficoltà e sappia darci un apparecchio sicuro e scevro di difetti capace di dare affidamenti di funzionamento regolare sotto ogni rapporto.

« Mi creda, Stimatissimo Sig. Direttore, con cordiali saluti

Suo devotissimo

G. SARTORI ».

« Ci sia ora consentito di far seguire la lettera del Prof. Sartori da un nostro breve commento per rassicurare l'egregio professore del dubbio da esso manifestato sul denaturatore Arnò e per far quindi risaltare ancor di più il valore precisamente pratico dell'apparecchio di cui abbiamo scritto nel nostro precedente articolo, nel quale, forse, non abbiamo insistito come si doveva sulle preziose qualità di autodifesa dalle frodi che sono insite nell'apparecchio stesso.

« Cogliamo quindi di buon grado questa occasione per affermare che il denaturatore termico del Prof. Arnò è costruito in modo da punire ben meritatamente quel cliente che fosse così disonesto da accettare « *il trucco o la truffa della messa in parallelo dei due circuiti di luce e di riscaldamento, a valle dei contatori* » come appunto prevede il dubbio esposto dal Prof. Sartori. Poichè appena il furbo installatore ha eseguito questo parallelo, avviene ben altro di quanto teme il Prof. Sartori: infatti, il denaturatore, appena avvenuta la messa in parallelo, semplicemente per la sua costituzione, *distacca immediatamente* l'impianto riscaldamento *dal suo contatore*, e tutta l'energia, compresa quella che il doloso cliente crede di inviare alla cucina o alle lampade a bassa tariffa, *viene tutta contata dal solo contatore luce*, e cioè ad alta tariffa. Così il cliente è servito come si merita.

« E questo confortante risultato non è ottenuto nè con aggiunta di qualche apparecchio, nè con organi complessi o bobine al denaturatore: niente di tutto ciò: ma invece nasce dalla felice concezione e costituzione stessa dell'apparecchio: ed è questa una qualità essenziale di merito pratico.

Ma oltre ad avere così rassicurato il Prof. Sartori per la sua legittima preoccupazione — che costituì anche la prima preoccupazione.... fiscale del Prof. Arnò nel realizzare il suo apparecchio — possiamo aggiungere ancora qualche cosa di più al riguardo, ed avere un'altra prova della pratica invulnerabilità, anche fiscale, dell'apparecchio medesimo; e cioè:

« Se un altro installatore volesse mostrarsi ancor più scaltro, e pensasse di mettere in parallelo due denaturatori per accoppiare un circuito denaturato con un altro pure denaturato, cercando in certo modo che i due denaturatori funzionino in opposizione, allo scopo di riempire reciprocamente i rispettivi periodi di interruzione — egli farebbe opera altrettanto vana, perchè i due denaturatori, sempre e semplicemente per la loro costituzione, si metterebbero a marciare imperturbabili al *sincronismo*, denaturando per forza tutta la corrente, precisamente come se i due apparecchi fossero ancora separati.

« Questo per i denaturatori termici sino ai 20 Ampères, che costituiranno indubbiamente la grande maggioranza degli apparecchi da usarsi correntemente. Sappiamo poi che gli altri denaturatori elettromeccanici, per portate maggiori, escogitati dal Prof. Arnò, sono a lor volta provvisti di un altro dispositivo brevettato, semplicissimo, ma altrettanto elegante ed economico, che *sopprime la possibilità di applicare e mantenere una tensione qualsiasi* sul circuito denaturato, durante le interruzioni di corrente.

« Ed anche per questi gli interessati possono essere tranquilli di fronte all'impossibilità di tentativi di frode.

« Ed era troppo naturale, del resto, che il Prof. Arnò, nel concepire e realizzare la denaturazione, si preoccupasse e risolvesse contemporaneamente il problema parallelo altrettanto importante e capitale della difesa dalle frodi, che è in evidente indissolubile legame con quello della denaturazione.

« Abbiamo così detto quanto ci premeva sia per rispondere a rassicurare l'egregio Prof. Sartori, sia per far risaltare l'assoluta *praticità* dei dispositivi di denaturazione del Prof. Arnò, anche dal punto di vista delle frodi, contro le quali tali apparecchi, è bene ripeterlo *nacquero già autodifesi*.

A. B. »

E successivamente nel numero del 1 febbraio 1914 dello stesso giornale sotto il titolo « Sul denaturatore Arnò » è scritto:

Torino, 21 gennaio 1914.

Caro Banti,

. . . . io ho creduto di esprimere la mia ferma opinione recisamente avversa al principio della così detta *denaturazione della corrente elettrica*, che ritengo perfettamente *inutile* e *inefficace* anche agli effetti fiscali; e la mia non lieta sorpresa che uno scienziato di valore, quale l'Arnò, ne abbia avuta, da quanto ho letto, la prima idea.

« Queste cose non avrei mancato di esporre a voce all'amico se egli me ne avesse intrattenuto.

« Io poi non ho combattuto e non combatto l'apparecchio Arnò in sè stesso, tanto più che questo così detto denaturatore non si fonda sopra un principio nuovo, poi che di tali congegni noi esercenti ne abbiamo di vari tipi nei nostri impianti, pur funzionando essi per altri usi, ma sempre però allo scopo di interrompere automaticamente e periodicamente un circuito.

« Le insegne luminose per pubblicità che si accendono e spengono intermittentemente per mezzo di un apparecchio automatico non costituiscono forse un caso di impianto elettrico con corrente *denaturata*?

« Sarebbe impossibile dar risposta negativa a tale domanda.

« La mia tenace opposizione ad un'eventuale imposizione fiscale all'adozione tassativa di un *denaturatore* è tanto più impersonale in quanto nessuna legge nuova, e tanto meno poi nessuna riforma di legge esistente, potrebbe far obbligo di applicare esclusivamente il tipo Arnò, ma sebbene qualsiasi denaturatore o altro qualsiasi congegno atto a produrre lo stesso effetto. . . . .

« Ecco ciò che volevo dire per dimostrare, se pur ve ne era la necessità, che la mia critica è affatto impersonale.

« Grazie anticipate per la cortese ospitalità, ...

tuo dev.mo

Ing. Raffaele Pinna ».

Nella rivista del Prof. Fumero ancora nella rubrica Commenti e Critiche e sotto il titolo « A proposito della denaturazione della corrente elettrica » nel numero del 15 gennaio 1914, si legge:

. . . .

« Dal momento che vi è la Tassa sull'energia elettrica consumata per riscaldamento, e tante altre Tasse e Leggi Fiscali, non è invendo contro di esse che si riuscirà mai a nulla, almeno in Italia, ma, facendo come fa Arnò, si potrà ottenere di mitigare le asprezze fiscali che ci deliziano. Quindi, non fosse altro che per questo, il carissimo amico Arnò è altamente encomiabile per aver suggerito un mezzo atto a rendere possibile e farci realizzare quello sgravio di tassa che da un pezzo reclamiamo, e per il quale, modestamente, mi sono dato da fare anch'io.

« Dice il Pinna che tecnicamente non è esatto quanto asserisce l'Arnò circa il rendimento dell'apparecchio, e si preoccupa del maggior tempo che occorrerà per tener conto della somma delle varie interruzioni. Ma anche qui non veggo l'errore denunciato. Lo scopo dell'Arnò è quello di rendere impossibile di usare la corrente denaturata per l'illuminazione, ma non per il riscaldamento; e questo egli realizza perfettamente. Il rendimento del suo apparecchio può essere elevatissimo e la sua inserzione in circuito non diminuisce *praticamente* l'effetto utile. Cosa si deve volere di più?

« Infine vengo alla parte più importante, per noi esercenti, della lettera del Pinna.

« Egli dice che la tassa può abolirsi senz'altro e può considerarsi il riscaldamento come oggi si considera la forza motrice o gli usi esenti da tassa. Ma il Pinna dimentica nel dire ciò una cosa da nulla, che cioè il riscaldamento elettrico oggi tassato è quello intimamente connesso alla vita domestica, quello industriale essendo già esente, mentre la forza motrice esente o le altre applicazioni industriali dell'elettricità, sono di natura del tutto diversa. Come si farebbe a distinguere (ad onta di tutte le Leggi ed i Regolamenti) il consumo domestico tassabile da quello in franchigia?

« Suggerisca il Pinna qualche mezzo meno semplicista del *nulla* che egli propone, perchè il *nulla* non è applicabile oggi dagli esercenti, e saremo tutti di accordo con lui nel protestare contro qualunque apparecchio avente scopo fiscale. Ma allo stato attuale io ritengo e confermo la mia opinione ripetutamente espressa che l'apparecchio *Arnò* risponde ad una necessità, e come tale è da incoraggiare ogni suo sforzo per perfezionarlo e farlo conoscere.

« E si persuada pure l'ottimo Pinna, che di abolizione della tassa sull'energia elettrica per luce non è possibile oggi parlare in Italia, e finchè vi sarà tale tassa, sarà impossibile la semplicità dei rapporti con gli abbonati come egli la desidererebbe.

Ing. D. Civita ».

E ancora nel numero del 12 marzo della stessa rivista, nella solita rubrica e sotto lo stesso titolo, si legge:

« *Caro Fumero*,

. . . . io non ho combattuto il *denaturatore Arnò* piuttosto che qualsiasi altro dei vari apparecchi *già esistenti* (piaccia o non piaccia all'amico Civita) e che sono atti alla stessa funzione.

« Io ho combattuto e seguiterò a combattere colle mie deboli forze e nel modo che crederò migliore il principio *ridicolo*, e inutile anche agli effetti fiscali, della denaturazione della corrente elettrica, non preoccupandomi se ciò possa recar fastidio ad amici carissimi.

« A molte cose si può rinunziare; ma non mai alla propria fede e ai propri ideali!

« Il Civita dice che io non dovrei ignorare la esistenza di un principio fiscale assiomatico, che cioè « quando una stessa merce deve scontare due tasse differenti a seconda della sua destinazione, quella a tassa minore *deve essere denaturata* ».

« A tale *assioma fiscale* (?) non ho che due precise domande da opporre al mio egregio contradditore: *Ma perchè allora l'energia destinata a qualsiasi applicazione di forza motrice è esente da tassa?* Se il fisco non può pretendere e non pretende di denaturare la corrente

che un contribuente usa *nel proprio appartamento* per azionare ventilatori, ad esempio, o *nella propria casa* pel motore dell'ascensore, perchè dovrebbe pretenderlo per un eventuale uso di riscaldamento?

« Ma a queste domande l'ing. Civita non risponderà o girerà la posizione come non ha risposto affatto alle chiare domande da me rivoltegli nella mia precedente.

« Ma è ora di concludere e finisco dicendo anch'io, come l'amico contraddittore, che lascio ai nostri lettori il giudizio, ritenendomi pago per mio conto delle molte lettere di spontanea e cordiale adesione che mi sono giunte da colleghi di varie regioni d'Italia, comprese le provincie Meridionali alle quali accennava l'ing. Civita.

« Chiudendo così definitivamente, per parte mia, ogni polemica su questo argomento, invio a te e all'amico Civita i migliori saluti.

Tuo aff.mo
ING. RAFFAELE PINNA ».

E l'Ing. Fumero, nella Rassegna Tecnica dello stesso numero, sotto il titolo « La denaturazione dell'energia elettrica » scriveva:

. . . .

« Non si sarebbe certamente ottenuto lo sgravio dalla tassa sull'energia elettrica a favore del riscaldamento domestico se un apparecchio soddisfacente non avesse praticamente ed in modo esauriente dimostrato la possibilità di denaturare tale energia; o almeno si sarebbe raggiunto tale intento per via indiretta, colla adozione di una tassa sugli organi d'illuminazione che sarebbe stato rimedio peggiore del male. E la denaturazione si presentò come cosa tanto naturale e necessaria che il Semenza, il Bianchi, l'Ing. A. Hess, ed altri moltissimi si accinsero a studiare il problema a cui il Prof. Arnò riusciva a dare, primo fra tutti, una soluzione completa e soddisfacente.

« Poichè non si trattava, come l'amico Pinna continua a credere, di prendere pari pari un interruttore oscillante qualsiasi e di inserirlo in un circuito qualunque: nessun risultato pratico si potrebbe avere per tal via.

« Gli interruttori oscillanti detti limitatori sono infatti apparecchi che entrano in funzione quando il carico raggiunge un certo valor massimo prefisso, e ostacolano, se non impediscono, che esso venga sorpassato: sotto al valore prefisso del carico lasciano passare la corrente come se la cosa non li riguardasse. Il denaturatore invece deve funzionare sempre, con la stessa legge ritmica, qualunque sia il carico, poichè diversamente un apparecchio atto a denaturare 1 kW permetterebbe l'attacco di una ventina di lampadine normali senza entrare in azione.

« Il denaturatore ideato dall'Arnò può compararsi ad un pendolo; in questo le oscillazioni restano isocrone qualunque sia l'ampiezza, in quello il ritmo si ripete invariabile qualunque sia il carico. Ed il ritmo venne studiato in base di principi scientifici, in guisa che l'illuminazione con energia denaturata riuscisse fisiologicamente intollerabile, che il riscaldamento venisse ottenuto in tempo *praticamente identico*, come se l'energia impiegata non fosse denaturata, che i contatori non risentissero nelle loro indicazioni alcun'influenza dell'andamento a impulsi della corrente denaturata e quindi segnassero la esatta quantità di energia erogata; non più e non meno.

« Il problema potrà ammettere altre e diverse, e ammettiamo pure, migliori soluzioni: certo a noi pare che questa prima sia già completa e soddisfacentissima.

***

« Il nostro buon amico Pinna ha dunque avuto torto di accogliere come assurdo un principio la cui applicazione ha permesso di vincere una battaglia, e come ridicolo un apparecchio che non lo è affatto.

« Egli crede che si sarebbe dovuto chiedere lo sgravio puro e semplice della energia da consumare per riscaldamento domestico: chi lo ha chiesto si è visto ridere in faccia, e se il Pinna credeva di poterla spuntare perchè non si è fatto avanti? Alla Commissione che chiedeva garanzie circa l'uso che si sarebbe fatto nelle private abitazioni dell'energia esente da tassa l'amico Bertini propose la tassa sulle lampadine, illudendosi che la misura di essa non avrebbe superato i cent. 50 al pezzo: crede proprio il Pinna che questa sarebbe stata la migliore soluzione? Venne allora proposta la denaturazione, dimostrandola praticamente attuabile e sicura, e la Commissione trovò il rimedio accettabile.

« L'amico Pinna non è contento: ma che cosa avrebbe egli proposto in vece per dare le garanzie richieste?

« Egli sembra convinto che insistendo si sarebbe ottenuto la rinuncia alla pretesa di garanzie: in primo luogo dobbiamo dire che il nostro amico ha fatto male a non farsi presente là dove si discuteva. Ma poi le ragioni che egli adduce non convincono neppur noi: non si può paragonare l'energia consumata in stabilimenti industriali, piccoli o grandi che siano, con quella utilizzata nelle private abitazioni, diecine di migliaia di locali difficilmente accessibili contro centinaia di locali aperti al pubblico e soggetti all'esame critico ed allo spionaggio quotidiano di innumerevoli persone.

***

« Dunque? Noi crediamo la denaturazione utile agli esercenti perchè impedisce le frodi degli utenti; utile ad esercenti ed utenti perchè ha consentito di ottenere uno sgravio lungamente ed invano invocato. E questa è cosa passata in giudicato. Noi crediamo il denaturatore Arnò degno di lode perchè ha dimostrato possibile una cosa utile, e perchè risolve un problema necessario. L'avvenire dirà se tale apparecchio risponda interamente alle esigenze pratiche, e se non possa crearsi nulla di meglio: ma l'avvenire è in grembo di Giove, e non sappiamo sentenziare sulle cose che ancor non sono.

Ing. Fumero.

E per allora si chiude la discussione che meritava di essere riportata non solo perchè la vivacità di alcuni apprezzamenti che parevano troppo personali fu chiarita, ma principalmente perchè si chiarì che in fondo la vertenza si svolse tra coloro che, ammesso come assioma fiscale che la energia per riscaldamento debba essere denaturata, difendevano un certo apparecchio che pareva corrispondesse allo scopo, e chi invece pensava essere l'assioma una cosa ridicola.

Del resto, in fondo, il Fisco non poteva, per così dire, impuntarsi su una disposizione tassativa se non in quanto ne avesse vista la pratica applicabilità.

E dopo che il disegno di legge per il riscaldamento fu presentato nella seduta del 3 marzo 1916, l'Ing. Pinna vede subito il pericolo che un indirizzo venga preso nella pratica, come talvolta avviene, in senso troppo ristretto e tassativo, e ritorna sui concetti esposti negli anni precedenti, scrivendo al compianto Ing. Semenza, come Presidente dell'A.E.I., la lettera apparsa nel N. 13 de *L'Elettrotecnica*, che pure merita di essere riportata integralmente.

Torino, 13 aprile 1916.

« *Illustrissimo signor* ING. G. SEMENZA, *Presidente generale dell'Associazione Elettrotecnica Italiana.*

MILANO.

« I giornali hanno pubblicato che il 3 scorso mese è stato presentato alla Camera dei Deputati il disegno di legge relativo alla esenzione da imposta dell'energia elettrica per uso di riscaldamento.

« Il progetto non consta che di due articoli:

« Nel primo è stabilita la massima dell'esenzione; nel secondo si dà facoltà al ministro di stabilire « le norme e le cautele dirette ad impedire che l'energia denunciata a scopo di riscaldamento sia destinata invece ad usi soggetti a tassa ».

« Da quanto esposto appare chiaramente che l'esenzione dovendo essere subordinata a quelle *norme* e *cautele* che saranno indicate nel Regolamento che a suo tempo verrà compilato, occorrerà provvedere affinchè, tolta la tassa, non si renda ancora proibitivo l'uso del riscaldamento elettrico con qualche provvedimento fiscale che ne intralci l'applicazione.

« E non a caso espongo questo dubbio: difatti nella Relazione molto diffusa che accompagna e illustra il breve progetto, dopo i soliti luoghi comuni, si legge quanto segue:

« Alla prevenzione delle frodi è diretta la disposizione di cui all'art. 2 che dà facoltà al Ministero di adottare speciali cautele per impedire che l'energia denunciata per riscaldamento sia utilizzata invece a scopo di illuminazione; il che potrà forse meglio ottenersi *subordinando l'esenzione della tassa all'applicazione di speciali apparecchi di garanzia* ».

« E dopo aver affermato che da qualche tempo scienziati e tecnici si sono dedicati allo studio di un apparecchio *denaturatore* (*sic*) della corrente elettrica rendendola inutilizzabile solo per illuminazione, non per riscaldamento, la relazione così continua:

« Il problema può dirsi ormai risoluto giacchè esistono — e furono sperimentati con buon esito — apparecchi che, possedendo gli anzidetti requisiti, interrompono di tratto in tratto il circuito della corrente non soggetta a tassa, con periodi di interruzione e funzionamento calcolati in guisa da dare il massimo rendimento calorifico ed insieme una grande irregolarità nel passaggio della corrente, rendendo così intollerabile agli occhi l'illuminazione che si volesse ottenere in frode con tale corrente ».

Da questa relazione si arguisce che l'apparecchio all'applicazione del quale si vorrebbe subordinare l'esonero della tassa, è il così detto « denaturatore » Arnò del quale si sono occupate le due riviste tecniche, *L'Elettricità* di Milano e *L'Elettricista* di Roma, nel 1913 e nel 1914.

« È stato allora dimostrato che questo denaturatore non era una « novità » dappoichè in alcuni impianti, e già da alcuni anni, esistevano analoghi apparecchi basati sull'identico principio, (i quali per vero dire non servivano che ad interrompere periodicamente ed automaticamente circuiti di lampade per pubblicità), ed evidentemente non avrebbero potuto seriamente costituire un diritto di privativa un eventuale brevetto basato sull'applicazione di tale giochetto a circuiti di corrente da usarsi in impianti di riscaldamento. Nè tanto meno l'adozione del nome « denaturatore » può efficacemente stabilire un brevetto.

« Ad ogni modo nè la questione della novità, nè quella della validità di un'eventuale privativa, ci debbono occupare pel momento. Vi è qualche cosa di assai più importante ed è l'inutilità dell'applicazione di un simile apparecchio agli effetti fiscali e il danno che arrecherebbe agli impianti.

« Se un utente poco coscienzioso volesse defraudare il fornitore dell'energia e il fisco, malgrado l'applicazione del denaturatore, non avrebbe difficoltà a trovare il *trucco*, come è stato trovato per i limitatori di corrente, i deviatori etc. E non mi dilungo su questo punto perchè non dobbiamo proprio noi esercenti imprese elettriche insegnare agli utenti il modo di consumare la frode.

« È evidente che per i servizi di forza motrice non si potrebbe pensare a far oscillare la corrente; eppure non sono radi, sono anzi frequentissimi nelle grandi città, i casi in cui nello stesso locale si distribuisce energia per luce e per piccola forza motrice, pei quali servizi i prezzi sono diversi, quest'ultima pagandosi molto meno della prima. Eppure la finanza se ne rimette all'esercente per gli accertamenti della tassa, perchè l'esercente ha molto più del fisco interesse a che l'utente non frodi (usando apparecchi di illuminazione sul circuito della forza), ed ha saputo prendere le volute precauzioni per impedire la frode. È stato obbiettato, e si obbietterà ancora, che le applicazioni del riscaldamento saranno molto più generalizzate di quelle della forza; ma questo argomento non ha valore alcuno perchè evidentemente il maggior numero delle applicazioni e la diversità di impiego dell'energia non possono affatto diminuire nell'esercente la capacità di difendere coi propri interessi quelli della Finanza.

« I proponenti dei denaturatori hanno forse pensato alle inevitabili perturbazioni che la loro applicazione, quando fosse generalizzato l'uso del riscaldamento elettrico, cagionerebbe sulle reti di distribuzione?

« A questo inconveniente gravissimo vi è poi da aggiungere la maggiore durata che occorrerebbe per ottenere un dato effetto calorico, la quale è evidentemente superiore all'integrazione dei periodi di interruzione. Cosicchè se la durata delle interruzioni è uguale a quella del passaggio di corrente dal circuito, ne risulterà che per ottenere una data cottura (nel caso ad esempio di applicazione agli usi di cucina) occorrerà almeno il doppio del tempo che sarebbe stato necessario senza il denaturatore.

« E nel caso di applicazione al riscaldamento di ambienti occorrerà adoperare elementi di capacità almeno doppia, giacchè è destituita di fondamento scientifico l'affermazione contenuta nella Relazione che precede il disegno di legge che, cioè, gli apparecchi proposti sono « calcolati in guisa da dare il massimo rendimento calorifico ed insieme una grande irregolarità nel passaggio della corrente.... ». E basta la semplice enunciazione per dimostrare l'assurdità di questa tesi opposta al principio della conservazione dell'energia.

« Ma io non mi dilungo per non portare vasi a Samo.

« Ho creduto bene di gettare un grido d'allarme per la difesa degli interessi dell'industria elettrotecnica esprimendo l'augurio che il Governo vorrà, in occasione della compilazione del Regolamento, consultare l'Associazione Elettrotecnica Italiana e quella fra Esercenti Imprese Elettriche, evitando l'imposizione non solo del *denaturatore*, ma di qualsiasi altro inciampo fiscale che verrebbe a rendere frustaneo il beneficio della tanto auspicata abolizione della tassa.

« Si tratti il riscaldamento elettrico nè più nè meno di come si tratta la forza motrice, altro non chiediamo.

« Ho creduto bene di esporLe queste brevi considerazioni con preghiera di volerle pubblicare nella nostra Rivista.

« RingraziandoLa Le invio i miei più distinti saluti.

« Suo devotissimo

R. PINNA ».

Il periodo della lettera dell'Ing. Pinna: « .... ho creduto bene di gettare un grido d'allarme per la difesa degli interessi dell'industria elettrotecnica.... evitando l'imposizione non solo del *denaturatore*, ma anche di qualsiasi altro inciampo.... » precisa bene lo spirito della opposizione, la quale era condivisa dalla apposita Commissione della A.E.I. incaricata di esporre al Governo il parere della Associazione, che tra l'altro richiedeva (vedi N. 15 *Elettr.* del 1916), *la massima libertà agli industriali di avvisare ai mezzi per garantire se stessi ed il Fisco dalle temute frodi*. Vedasi anche la relazione dell'Ing. De' Rossi (stesso Num. pag. 313) comunicata alla Sezione di Napoli il 13 aprile 1916 (N. 15 de *L'Elettrotecnica* del 1916) nella quale si dice tra l'altro che « *per l'attuazione pratica della nuova legge di esenzione..... un metodo.... sia quello di far corrispondere la tassa del consumo luce, mediante canone di abbonamento, sempre quando l'energia venga adoperata promiscuamente per luce e forza* ».

Nei numeri poi del 15 maggio e del 1° giugno 1917 de *L'Elettricista* col titolo « Il denaturatore Arnò » l'Ing. Vittorio De Bernardinis, della R. Finanza, pubblicò una ampia descrizione, dalla quale certamente appare una parentela tra l'apparecchio Arnò, tipo medio e quello descritto nell'articolo citato. Non risulta però che l'apparecchio Arnò abbia avuta pratica applicazione. E del resto potevasi anche prevedere.

***

Tutto questo è singolarmente e nell'insieme così di attualità, come dicevasi da principio, da richiedere solo qualche breve commento.

E incominciando dal funzionamento del nuovo apparecchio, sarà opportuno notare che, benchè le garanzie date dalle prove eseguite dal Prof. Sartori siano così serie da non permettere dubbio alcuno, ben differente potrebbe essere il funzionamento di un apparecchio singolo dato in esperimento in un laboratorio di una scuola di ingegneria, rispetto a quello di molti apparecchi costruiti in serie, istallati in svariate condizioni di ambiente, e che devono funzionare per mesi e mesi, magari sottoposti qualche volta a corto circuiti. E forse sono state le prove su vasta scala che condannarono alla dimenticanza anche l'apparecchio del Prof. Arnò, che pure era assai bene ideato e ingegnosamente congegnato. Tra l'altro il nuovo apparecchio non appare nè così semplice, nè altrettanto economico.

A tale proposito si può anzi supporre che esso venga a costare qualche centinaio di lire e che abbia un consumo non del tutto trascurabile. Con ciò la sua quota d'esercizio verrebbe forse ad essere dell'ordine di quella stessa degli apparecchi utilizzatori serviti. E, in questi tempi nei quali tutti devono attendere alla massima economia, le spese non assolutamente necessarie possono da sole ostacolare lo sviluppo di parecchie applicazioni cui tenderebbero le risorse e le aspirazioni della tecnica e del progresso moderno.

Nel citato articolo de *L'Energia Elettrica* si dice che i costruttori italiani sapranno dare non una sola, ma parecchie felici soluzioni a questo problema: il che sarebbe da auspicare non tanto perchè venga a cessare, per così dire, il monopolio, che potrebbe avere la ditta costruttrice dell'unico apparecchio autorizzato, quanto perchè gli eventuali difetti e l'eccessivo costo che potessero ostacolarne la diffusione, avessero a scomparire.

Tra i difetti non vanno dimenticati i disturbi direttamente od indirettamente causati da un simile apparecchio.

Primo tra questi le oscillazioni di tensione, alle quali appunto accenna anche il citato articolo de *L'Energia Elettrica*.

D'altra parte, specialmente in questo periodo di crisi, non è nemmeno da pensare a speciali condutture per la distribuzione della sola energia di riscaldamento. Tale soluzione è da considerarsi solo in casi specialissimi e che certamente non corrispondono al generale orientamento della politica per il collocamento della energia eventualmente esuberante; per questa invece si cerca di sfruttare gli impianti di distribuzione già esistenti. Nè bisogna dimenticare che l'energia per il riscaldamento deve essere ceduta ad un prezzo minimo e quindi con una minima spesa di esercizio e di impianto. Se conviene quindi limitare la periodica importazione di carbone, necessaria ai normali sistemi di riscaldamento, non conviene nemmeno aumentare il notevole investimento di capitale nell'importazione del rame che sarebbe necessario alla doppia distribuzione.

Questa doppia distribuzione del resto esiste di fatto in moltissimi impianti, inquantochè in essi la luce è distribuita con

allacciamenti tra fase e neutro e la forza e il riscaldamento con allacciamenti tra fase e fase.

In tal modo rimane automaticamente evitata la frode che consisterebbe nell'allacciare un impianto luce su quello della forza, poichè bisognerebbe cambiare la tensione alle lampade o ricorrere a un trasformatore, o comunque cercare un particolare artificio tecnico per cui in caso di constatazione del dolo non si potrebbe invocare poi la buona fede.

Del resto, se si entra nel concetto della frode voluta, allora la casistica non è più finita. Molto opportunamente si dice a questo proposito nel citato articolo che « tutto è facile a pensare, ma non altrettanto facile a raggiungere, anche perchè queste applicazioni della energia per uso termico sono per lo più destinate ad abitazioni dove la gente sa a quali pericoli va incontro se una frode dovesse essere scoperta... ». Veramente saggie e prudenti parole, le quali potrebbero anche lasciar sospettare che gli apparecchi più che servire allo scopo per il quale sono stati decantati, servano a mettere ufficialmente il cuore in pace agli Agenti del Fisco.

Bisogna invece rendere il merito ai Funzionari, i quali tengono effettivamente conto della difficoltà della cosa e delle necessità, non solo dell'industria elettrica, ma anche degli Utenti, i quali possono aver bisogno solo talvolta del riscaldamento elettrico, mentre possono abbisognare di moltissime altre applicazioni dell'elettricità per uso domestico. In alcuni casi i denaturatori potrebbero arrecare spiacevoli inconvenienti a tali utilizzazioni: si citi a questo proposito l'impiego della radio (che non esisteva ai tempi di Arnò) nella quale le interruzioni di qualche decina di Ampère a 160 Volt potrebbero portare dei disturbi notevoli.

Opportuna è anche la considerazione che non è escluso nel modo più assoluto che l'energia elettrica denaturata possa servire a scopi d'illuminazione: brevi interruzioni, specie se attenuate dalle moderne lampade a filamento metallico a temperatura molto elevata, possono bensì risultare intollerabili in moltissimi casi, ma possono rendersi sopportabilissime trattandosi di illuminare locali poco frequentati: cantine, solai, magazzeni, garage, ecc.

Si ricorda a tale proposito come la corrente a frequenza di 16, 3/4 periodi venga comunemente adottata per l'illuminazione non solo di caselli ferroviari, ma anche di stazioni abbastanza importanti, pur avendosi una luce estremamente discontinua e spiacevole.

In conclusione, per molte ragioni che in alcuni casi possono riferirsi a particolari apparecchi, il problema tecnico viene sempre riportato al suo punto generale di partenza, che consiste nel precisare se un denaturatore rende realmente impossibile il servizio della energia come luce e se d'altra parte esso non arreca dei disturbi diretti od indiretti ad altre applicazioni domestiche dalla energia elettrica. Anche il problema commerciale rimane quanto mai insoluto, poichè non solo non si devono creare ulteriori aggravi di spese parassite, e di impianti speciali, ma bisogna altresì lasciare al sano criterio dell'industria, d'accordo coi Funzionari della Finanza, lo studio e la scelta di quei provvedimenti più liberali che siano atti a garantire il Fisco della tassa luce e le Aziende produttrici del maggior prezzo di tale energia, senza per altro creare delle bardature opprimenti.

La proposta che l'Ing. De Rossi fece nel 1916 di forfaitizzare in qualche modo la tassa luce nel caso di servizio cumulativo con altra applicazione non tassata, costituiva probabilmente una realizzazione più consona a quel bisogno di progresso e di libertà che deve animare l'industria elettrica. Veda l'UNFIEL colla sua competenza e colla sua autorità, se non sia il caso di prendere lo spunto da questa proposta citata per trovare una soluzione al problema, che risponda alle attuali condizioni del mercato della energia.

GIUSEPPE ROMAGNOLI-MOSCA.

***

Riceviamo anche dall'egregio Prof. Ing. Giulietti la seguente lettera :

Spett. Redazione
de *L'Energia Elettrica*
MILANO

Lessi sul fascicolo V Vol. VIII, maggio 1931, di codesta Onorevole Rivista un articolo dell'Illustre Prof. G. Sartori descrivente « un denaturatore per applicazioni termiche ».

Poichè il problema della denaturazione dell'energia elettrica venne studiato a fondo dall'Illustre e compianto mio Maestro Prof. Riccardo Arnò, il quale ideò allo scopo interessanti e geniali dispositivi, e, se non erro, propose Egli stesso il vocabolo « denaturatore » per caratterizzarne il funzionamento, ritengo doveroso segnalare quanto sopra agli Elettrotecnici italiani. Che il problema fosse già stato risolto in modo soddisfacente dal Prof. Riccardo Arnò risulta del resto da un articolo dell'Ingegnere di Finanza signor Vittorio De Bernardinis pubblicato sul giornale *L'Elettricista* nel 1917 in cui con una dettagliata descrizione dei dispositivi l'autore afferma che il modo di impedire che una presa di corrente per uso di riscaldamento venga utilizzata anche per illuminazione, fu « splendidamente risolto dal Prof. Arnò con la denaturazione ». Concetto del sistema, identico a quello indicato nell'articolo del Prof. Sartori, è di produrre nel circuito in cui sono installati gli apparecchi di riscaldamento, delle periodiche interruzioni che impedendo un funzionamento accettabile per le lampade, siano tuttavia così distanziate nel tempo da evitare, per effetto dell'energia calorifica che si accumula allo stato potenziale negli apparecchi di riscaldamento, un'apprezzabile variazione di erogazione termica durante gli intervalli di interruzione.

Tra i dispositivi concretati dal Prof. Arnò per piccole medie e grandi potenze, sia a corrente continua che a corrente alternata, merita un cenno speciale quello costruito per medie potenze, che funzionò in modo regolare e soddisfacente per un anno presso il Ministero delle Finanze a Roma.

In esso una spirale di filo fino di notevole resistenza ohmica risulta alimentata negli intervalli di interruzione. Entro la spirale trovasi una asticina dilatabile il cui allungamento provoca la chiusura di un contatto determinando l'inserzione di un solenoide nella rete alimentatrice.

Questo solenoide agendo su un nucleo mobile aziona un interruttore a mercurio che chiude il circuito di carico con contemporanea ed opportuna esclusione della spirale ad alta resistenza. Si raffredda allora l'asticina dilatabile con interruzione del contatto da essa provocato, e, cessando così il funzionamento del solenoide, si ripristinano le condizioni iniziali. Adottando proporzioni adatte possono opportunamente distanziarsi gli intervalli di interruzione; il sistema può quindi, come fece lo stesso autore, definirsi un pendolo termico, dovendosi al suo particolare funzionamento di ritmo regolabile, il succedersi di periodiche interruzioni di circuito con opportuni periodi di chiusura. É evidente la stretta analogia di concetto tra il particolare dispositivo Arnò (a cui si fece cenno) e quello descritto dal Prof. Sartori, inquantochè le due ideazioni sostanzialmente non differiscono che per l'elemento dilatabile adottato.

Nel Laboratorio di Elettrotecnica Generale del R. Politecnico di Milano sono tuttora visibili in funzione i principali tipi di denaturatori costruiti dall'Illustre e compianto Prof. Riccardo Arnò, a cui è doveroso riconoscere di essersi non solo occupato fin dal 1913 del problema della denaturazione, ma di averne data una immediata pratica e geniale soluzione.

Con osservanza

PROF. ING. GIULIO GIULIETTI.
Laboratorio di Elettrotecnica Generale della R. Scuola di Ingegneria di Milano

30 giugno 1931-IX

ING. GIUSEPPE FINOCCHI

Diesel e energia elettrica nelle fabbriche di ghiaccio

L'articolo apparso con questo titolo nel N. 5 dell'*Industria Italiana del Freddo* a firma del signor Ernesto Ferrero, in risposta a quanto io scrissi sull'argomento su *L'Energia Elettrica* del febbraio ultimo scorso, non ritengo che meriti una estesa risposta per ragioni che affiorano immediatamente alla lettura, *anche non attenta,* dell'articolo stesso. Entrare in una polemica col signor Ferrero sarebbe tempo perso, perchè è troppo chiaro che l'entusiasmo che il signor Ferrero ha per i motori Diesel gli ha fatto perdere del tutto la tramontana. Mi limiterò pertanto a riportare qui una delle tante prove offerte dal contenuto dell'articolo e che confermano questa mia convinzione.

Il signor Ferrero nella quinta puntata del suo articolo dice: *In una fabbrica di ghiaccio per quanto ben studiata, quando abbia la potenzialità di* 200 *quintali al giorno, occorrono non meno di* 7 *kWh per quintale di ghiaccio.*

E più sotto:

I cinque kWh per quintale indicati dal Finocchi, finora non sono stati rilevati in nessun esercizio industriale, nemmeno ecc.... E su ciò non teme smentita.

Ebbene la smentita che il Ferrero non teme se la è già data da se stesso nella quarta puntata scrivendo:

Una fabbrica di ghiaccio di 200 *quintali al giorno consuma in totale, compresi tutti i servizi accessori intorno a kW* 37. *Ammesso un funzionamento non perfetto, il massimo di energia richiesta è intorno ai* 40 *kW.*

Supponiamo ora di aggiungere a quest'ultima frase la domanda: Quale è allora il consumo in kWh per quintale di ghiaccio prodotto in un giorno? Un bravo scolaro delle elementari vi risponderebbe così:

Poichè i 40 kW sono richiesti per 24 ore consecutive, il consumo giornaliero in kWh sarà:

$$40 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 960 \text{ kWh}$$

e poichè in un giorno si fabbricano 200 quintali di ghiaccio, il consumo per quintale sarà:

$$\frac{960}{200} = 4{,}8 \text{ kWh}.$$

Sono dunque 4,8 o 7 i kWh che occorrono in una fabbrica di ghiaccio che produce 200 quintali al giorno, per la fabbricazione di un quintale?

Lascio al signor Ferrero il decidere tra le due cifre e intanto riporto per suo uso personale, la seguente distinta di consumi e di produzioni con deduzione del consumo per quintale per un periodo di 21 mesi, distinta che si riferisce ad una fabbrica di ghiaccio che non è neppure tra le più moderne.

Periodo mensile	kWh assorbiti	Quintali di ghiaccio prodotti	kWh per quintale
1°	23 853	4 678	5,05
2°	18 495	3 256	5,65
3°	32 483	6 278	5,25
4°	73 499	12 424	5,80
5°	115 388	22 590	5,15
6°	166 199	31 490	5,25
7°	210 241	36 992	5,68
8°	153 940	27 410	5,65
9°	142 283	28 775	5,—
10°	56 885	12 809	4,40
11°	28 898	6 420	4,50
12°	24 838	5 700	4,35
13°	19 250	4 850	4,—
14°	15 526	3 600	4,30
15°	26 584	5 448	4,85
16°	45 061	7 693	5,85
17°	95 351	16 917	5,65
18°	156 884	29 932	5,25
19°	224 477	42 666	5,25
20°	150 987	26 168	5,75
21°	121 774	25 214	4,80

Facendo la media generale si arriva a 5,35 kWh/q.le e, si noti bene:

a) la misura dell'energia assorbita è fatta sull'alta tensione e quindi nella media trovata sono compresi i consumi propri dei trasformatori;

b) nei periodi di maggior produzione viene raffreddata una grande ghiacciaia ed inoltre viene tenuto in moto un piccolo compressore che fornisce il freddo ad una industria estiva annessa alla fabbrica. A rigore quindi bisognerebbe togliere dai 5,35 kWh trovati la quota relativa a questi servizi che non hanno nulla a che vedere con la fabbricazione del ghiaccio.

Non ho altro da aggiungere.

ING. GIUSEPPE FINOCCHI.

Atti Ufficiali

dell'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche (UNFIEL)

Il problema delle applicazioni agricole

Memoriali presentati al Comitato Consultivo per la Trasmissione e Scambio dell'Energia Elettrica dalla Confederazione degli Agricoltori e dalla UNFIEL e Relazione della Commissione di studio del problema della diffusione dell'energia elettrica nelle campagne

Il Comitato Consultivo per la Trasmissione e Scambio dell'Energia Elettrica con Decreto Reale 3 agosto 1930 veniva integrato con la nomina di alcuni rappresentanti del Ministero dell'Agricoltura e Foreste, della Confederazione degli Agricoltori, di alcuni tecnici e di altri due rappresentanti della UNFIEL, per l'esame dei problemi connessi alle applicazioni dell'energia elettrica nelle campagne.

Il Comitato iniziava tale esame nella seduta del 31 ottobre 1930 e nominava due apposite Commissioni di studio: alla prima, presieduta dall'Ing. Angelo Rampazzi e composta dei signori: Ing. Casini, Dott. Manzetti, Ing. Ramadoro, Ing. Salvini, On. Prof. Tassinari, Conte Ing. Tournon, veniva affidato l'incarico di effettuare una indagine sulle applicazioni elettroagricole e di formulare le proposte ritenute opportune per la maggiore estensione dell'uso dell'energia elettrica per l'agricoltura nelle varie regioni d'Italia. Alla seconda Commissione, presieduta dal Professor Bordoni e composta dei signori: Prof. Ganassini, Ing. Riccioni e Prof. Silvestri, era dato l'incarico di esaminare lo stato attuale della tecnica del macchinario elettro-agricolo e di formulare proposte per favorirne gli eventuali miglioramenti e le conseguenti applicazioni.

La Confederazione degli Agricoltori e la UNFIEL presentavano alla prima di tali Commissioni due Memoriali a mezzo dei propri rappresentanti in seno al Comitato. La Commissione, esaminati i due documenti, redigeva una propria Relazione la quale, insieme coi due Memoriali della Confederazione degli Agricoltori e della UNFIEL, veniva discussa nella seduta del Comitato del 26 maggio 1931.

Pubblichiamo integralmente i tre documenti.

Memoriale della "Confederazione Nazionale Fascista degli Agricoltori„

Appunti sulla situazione della distribuzione di energia elettrica per l'agricoltura e mezzi per agevolarne la diffusione.

Lo studio dei provvedimenti più adatti a favorire in Italia la maggior diffusione dell'energia elettrica per scopi agricoli, non può che scaturire da un esame accurato della situazione attuale nelle varie regioni, tenendo soprattutto presente che le condizioni dell'agricoltura sono oggi tali da imporre come imperativo assoluto l'abbassamento dei costi di produzione, agendo su tutti i fattori suscettibili di riduzione.

Ciò premesso e considerata la preponderante importanza del problema dell'elettrodotto e dell'impianto, nell'elettrificazione rurale, dall'esame della situazione attuale emerge una fondamentale divisione fra:

1) Zone rurali a distribuzione intensiva, dove lo sviluppo e le maglie della rete elettrica, già esistente, permettono una graduale estensione dell'utenza, senza eccessivo immobilizzo.

2) Zone rurali attraversate da poche linee e con distribuzione limitatissima.

3) Zone di bonifica senza linee.

In quest'ultima zona è evidente che il problema dell'elettrificazione rurale non è che un aspetto della bonifica integrale e non può essere considerato con criteri diversi dagli altri problemi ad essa conseguenti.

Come per i canali e per le strade, il consorzio di bonifica dovrà essere messo in grado di provvedere anche alla costruzione della rete elettrica di distribuzione, lo Stato essendo chiamato a contribuire con le stesse modalità e nella misura che risulterà necessaria.

Nelle zone fuori bonifica 2) dove non esiste una elementare rete di distribuzione attraversante le campagne, ma soltanto poche linee, tali da richiedere ancora forti immobilizzi per arrivare ad un principio di organica distribuzione rurale, potrà riuscire utile ed opportuno lo studio di tutte quelle possibili forme associative atte ad estendere ed agevolare la diffusione dell'energia elettrica nelle campagne (Cooperative, Consorzi volontari di utenti agricoli, Consorzi misti di agricoltori e comuni ecc.).

Tali mezzi potranno indubbiamente giovare a realizzare in un prossimo futuro e con la dovuta gradualità, un piano razionale di elettrificazione rurale. Essi dovranno essere favoriti dai contributi dello Stato che potranno essere opportunamente graduati in modo da stimolare la formazione di nuclei associativi, nella stessa maniera che per le strade interpoderali o per la provvista di acqua potabile nell'interesse di più fondi.

Il contributo che lo Stato concede per le linee e le cabine, potrà essere convenientemente adottato quando in luogo dell'allacciamento singolo venga richiesto per l'attuazione di un piano organico riguardante una intera zona.

Ma alle forme associative suddette occorre lasciare carattere assolutamente di volontarietà, e, nel tempo stesso che lo Stato provvede a favorirle con i contributi, anche le Società elettriche devono studiare il modo di applicare tariffe eque e chiare evitando il perpetuarsi di inconvenienti e di equivoci di cui si dirà appresso.

Per le zone invece 1) dove la distribuzione è già in atto o dove, per lo meno, la rete già attualmente traversante le campagne è a maglie così fitte da consentire una certa facilità di allacciamento e già vi sono numerosi esempi di elettrificazioni rurali, esiste già allo stato potenziatore tutto quanto occorre per favorire la diffusione. È noto come l'agricoltore delle zone più progredite, raramente rimanga inerte di fronte all'esempio, quando vede la convenienza di introdurre anch'esso miglioramenti capaci di favorire l'incremento della produzione.

Se, malgrado tali condizioni, l'elettricità non si diffonde come dovrebbe, ma anzi non è raro il caso di sostituzione di motori termici a motori elettrici, con evidente danno dell'economia nazionale, la causa va ricercata nelle tariffe attualmente praticate e più ancora nei metodi di tariffazione seguiti dalla più gran parte delle Società elettriche italiane.

Eseguite accurate indagini in tutti i centri rurali d'Italia a distribuzione intensiva, si può facilmente constatare quanto l'attuale stato di crescente malcontento degli utenti verso le Società paralizzi quasi completamente la diffusione dell'energia. Tale malcontento deriva:

a) Dalla variabilissima e spesso incomprensibile gamma di prezzi diversi fra singole Società e talvolta nell'ambito delle Società stesse.

b) Dalla mancanza in molte Società di una chiara e semplice base tariffaria unica ed inequivocabile.

c) Dalle molte forme di tariffazione praticate, troppo spesso non rispondenti alle reali esigenze agricole e quasi volutamente diverse da Società a Società.

d) Dalle clausole aggiuntive contrattuali, complicate, eccessive, oscure e tali da gravare sempre sul prezzo concordato in modo che qualche volta viene più che raddoppiato.

e) Dalla contrattazione alla quale vengono sottoposti regolarmente i nuovi utenti per definire i contributi di allacciamento e i vecchi utenti per il rinnovo alla scadenza del contratto.

f) Dagli improvvisi gravami che talvolta vengono imposti ed innestati nei contratti.

g) Dal progressivo, sistematico aumento dei prezzi presentato quasi sempre con formule diverse.

Se esaminiamo l'attuale sistema tariffario praticato per gli usi agricoli nelle varie regioni troviamo una diecina di tipi principali di tariffa ognuno dei quali ha almeno quattro o cinque sottospeci, e spesso esse vengono applicate senza alcuna norma e diversamente nell'ambito della stessa Società, per lo stesso genere di installazione e per la stessa quantità di energia impegnata.

Enumeriamo:

a) Tariffe a minimo garantito con impegno di minimo consumo mensile, stagionale, o annuo per kW o HP installato.

b) Tariffe a minimo garantito globale per kW impegnati.

c) Tariffe a minimo con «forfait».

d) Tariffe a «forfait».

e) Tariffe a consumo libero.

f) Tariffe con impegno minimo e consumo libero.

g) Tariffa Hopkinson.

h) Tariffe varie per trebbiatura.

i) Tariffe speciali per frantoi.

l) Tariffe varie per speciali usi agricoli.

Fra le clausole tariffarie più in uso e che costituiscono sempre un aggravio notevolissimo per l'utente, non sempre trovando adeguata giustificazione in reali esigenze del distributore, enumeriamo a titolo di esempio:

Prolungamento di contratto.

Limitazioni d'orario.

Energia notturna.

Rimborsi per forza maggiore.

Nolo trasformatori.

Nolo di trasformazione.

Sopra prezzo termico.

Durata dei contratti.

Tassa di riallacciamento.

Tassa di esazione bollette.

Noli contatori e apparecchi di misura.

Limiti di potenza – fattore di potenza.

Rivalsa di aumento del canone demaniale per la concessione di acque pubbliche.

Spesso le diverse sottospeci di una medesima tariffa, con diverse clausole tariffarie, applicate al medesimo caso concreto da due Società distribuenti nella medesima provincia e controllate dal medesimo Gruppo, porta a differenze notevolissime tali perfino da triplicare il prezzo effettivo del kW consumato. Di ciò possiamo fornire esempi concreti e particolareggiati.

Ora, poichè le esigenze della fornitura dell'energia elettrica per uso agricolo sono fondamentalmente le stesse nelle diverse regioni e per le diverse applicazioni, subendo variazioni più dai tipi di applicazione e di lavorazione, che dalle località dove queste vengono eseguite; poichè le esigenze di vendita, di controllo, di garanzia, di esazione non devono essere fondamentalmente diverse da Società a Società, mentre il problema dell'allacciamento presenta anch'esso caratteristiche pressochè uguali, non si vede per quale ragione deve esistere una così sentita differenza nelle tariffe e nei metodi di tariffazione oggi adoperati.

Una chiarificazione sul problema dei prezzi e delle tariffe può portare ad ottimi risultati, desiderabili dalle stesse Società elettriche, ed evitare il perpetuarsi di malcontenti ed equivoci, che ripetiamo, ostacolano grandemente la desiderabile diffusione dell'energia elettrica per scopi agricoli.

Concludendo:
il problema dunque della distribuzione dell'energia elettrica in agricoltura deve essere anzitutto ben chiaramente distinto nelle sue parti fondamentali e precisamente:

La distribuzione attuale,

L'estensione futura delle linee e dei mezzi per attuarla.

Questa Confederazione ritiene non poter affrontare il secondo problema senza aver fissato il primo su basi chiare e inequivocabili.

Memoriale della "Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche,,

Cosa s'intende per elettrificazione agricola.

In Italia, ad opera dell'iniziativa privata, lo sviluppo della distribuzione dell'energia elettrica assunse già nel decennio che precedette la guerra, un carattere integrale, sia per l'applicazione del servizio a tutti gli usi civili, industriali ed agricoli, sia per la grande estensione e frazionamento delle reti di distribuzione. Alle prime centrali termiche che alimentavano le grandi città subentrarono ben presto le centrali idrauliche ed i trasporti ad alta tensione che subito interessarono anche i centri urbani meno importanti e successivamente le zone extra-urbane e rurali più abitate. Cosicchè si può affermare che già allo scoppio della grande guerra tutti i centri urbani e suburbani e molta parte dei centri rurali erano provvisti di energia elettrica. Durante la guerra e specialmente nel dopo guerra, tale carattere andò sempre più affermandosi, dimodochè mentre già nel 1917 il numero dei Comuni italiani serviti di energia elettrica rappresentava il 53 % del totale (Statistica dell'A.E.I., 1917), nel 1923 tale percentuale era salita al 63,5 % (Statistica dall'A.E.I., 1923), nel 1926 era salita all'83 % (Statistica dell'A.E.I. - UNFIEL) ed oggi le più recenti statistiche consentono di affermare che il 91 % dei Comuni e moltissime delle loro frazioni sono toccati da linee elettriche di distribuzione e da esse serviti. La piccola percentuale che ancora rimane da allacciare è costituita da piccolissimi Comuni posti per la maggior parte nella zona montana, specialmente nella Venezia Giulia, nell'Italia Meridionale e nelle Isole, dove più tardi avvenne la sostituzione delle grandi reti regionali alla produzione locale, che non sempre può vivere nei centri minori. Tutte le industrie, anche quelle che in altri Paesi sono considerate come agricole, (caseifici, fabbriche di conserve, zuccherifici, oleifici, panellifici, ecc.), hanno da tempo, o possono avere a loro richiesta, soddisfatto il loro fabbisogno di energia elettrica.

Il numero di fattorie isolate che dispongono dell'energia elettrica è, specialmente nell'Italia Settentrionale e Centrale, grandissimo, tanto da non potere essere fissato con precisione dalle stesse Imprese esercenti. In base ad informazioni assunte recentemente dalla UNFIEL, che comprendono i dati di sole 54 Imprese, se ne sono accertate circa ventinovemila (Tabella M a pag. 505), ma questo numero è certamente di gran lunga inferiore al vero, poichè molte Aziende elettriche hanno tenuto conto solo delle fattorie e case coloniche che impiegano forza motrice, trascurando tutte quelle, e sono le più, nelle quali l'energia viene usata solo per illuminazione.

L'estensione di tali allacciamenti va crescendo di giorno in giorno, in tutti quei casi dove le utenze agricole e le Aziende elettriche riescono a trovare il punto di convenienza comune.

In Italia perciò il problema dell'elettrificazione rurale si riduce allo studio di tutti quei casi singoli, e sono certamente ancora numerosi, nei quali l'utenza agricola e l'Azienda elettrica non riescono a trovare le condizioni necessarie a formare la reciproca convenienza per l'estensione delle reti e il consumo dell'energia. Sono specialmente, anzi quasi in modo esclusivo, le applicazioni dell'energia alle lavorazioni dei terreni, al sollevamento d'acqua per irrigazione e per bonifica, ai bisogni di fattoria, di cascina e delle aie, quando il luogo di utilizzazione si trova ad essere eccessivamente lontano dalle reti esistenti, e quando le richieste di consumo e le durate di utilizzazione sono così piccole da non compensare la spesa dell'allacciamento. Poichè la caratteristica generale dell'uso dell'elettricità in agricoltura, specialmente quando si tratti di forza motrice, è data dalla potenza relativamente forte richiesta, in confronto alla quantità di energia consumata, e dalla lontananza, dai centri abitati e fra di loro, dei punti nei quali viene richiesta l'energia. Cosicchè, a differenza di quanto avviene nelle città dove le reti servono un gran numero di utenti raggruppati su una superficie relativamente piccola, e dove una cabina di trasformazione può talvolta alimentare migliaia di utenti, nelle campagne prevale il caso dell'impianto, linea e cabina di trasformazione, che non serve che un solo utente.

Di qui la grande importanza dell'*impianto specifico*, ossia della spesa necessaria ad allacciare, alla rete esistente, l'utente agricolo.

Ci riserviamo di esaminare partitamente in seguito le varie categorie di applicazioni, e di discuterne le singole possibilità, tanto dal punto di vista dell'agricoltura, come da quello dell'industria elettrica, ma abbiamo ritenuto importante delimitare sin dall'inizio il problema che ci occupa e che forma oggetto del presente studio.

Infatti esso non è inteso nel medesimo modo in tutti i Paesi. Ad esempio in Francia per *elettrificazione rurale* si è inteso e si intende ancora oggi la semplice estensione del servizio elettrico ai Comuni minori non ancora serviti. In Francia, nel 1918 non erano serviti che 7000 Comuni circa su 38 000, ossia il 18 %. Oggi tale proporzione è salita al 71 % circa (27 000 Comuni). Ma per arrivare a ciò, che pur rappresenta assai meno di quanto si è fatto in Italia, il Governo Francese ha dato alle Imprese larghissimi contributi e finanziamenti di assoluto favore. Si sono concesse sovvenzioni a fondo perduto sino al 55 % del costo di impianto delle reti; prestiti di favore ad un tasso pari al 45 % del tasso *pro tempore* della Rendita Francese, con un limite massimo del 3 %; il loro importo può raggiungere in qualche caso il 70 % ed in qualche altro il 90 % del costo degli impianti; la percentuale varia con l'entità della spesa per abitante servito, tanto per le sovvenzioni che per i prestiti.

Così in Inghilterra, dove sino a qualche anno fa il servizio elettrico si limitava alle città ed ai grossi centri suburbani, nei quali esistevano molte officine elettriche, private o comunali, quasi esclusivamente termiche, senza alcuna estensione ai centri rurali. Oggi si sta effettuando, in forza dell'Electricity Act, entrato in vigore nel 1927, la sostituzione di più grosse ed economiche centrali di produzione, nell'intento di promuovere poi la creazione di una fitta rete di distribuzione che valga a servire tutto il Paese.

In altri Paesi, come ad esempio negli Stati Uniti, nel Canada, nella Russia, paesi ad agricoltura estensiva, a grandi superfici di terreno, ed a popolazione relativamente scarsa nelle zone rurali, per elettrificazione rurale si intende la sistematica estensione della coltivazione a terreni incolti o mal coltivati, mediante la completa industrializzazione delle lavorazioni agricole.

In Germania, dove pure vengono dati, per gli impianti elettroagricoli, notevolissimi aiuti da parte dello Stato e degli Enti pubblici, le statistiche vengono fatte con criteri molto diversi dai nostri, comprendendo nelle applicazioni elettrorurali le

industrie agricole che noi escludiamo e tutta la parte della distribuzione che trovasi fuori delle città.

Nella Svizzera il numero di allacciamenti è altissimo per il fatto che ivi la vita agricola è quasi tutta concentrata in fondo alle valli dove intenso è il numero delle abitazioni e dove quindi è stato più agevole il portare la corrente oltre che alle fattorie anche a quasi tutte le case coloniche.

Agricoltura ed industria elettrica.

Il problema dell'elettrificazione agricola investe da un lato l'economia e la tecnica della agricoltura, dall'altro l'economia e la tecnica dell'industria elettrica. Non si può quindi entrare a discutere i dettagli del problema senza prima esaminare in linea generale le peculiari esigenze di ognuna di queste attività.

Nell'agricoltura il gravame derivante dal servizio del capitale è limitato all'affitto od all'interesse del capitale investito nel terreno e nelle sue dotazioni, ed alla imposta fondiaria, mentre più cospicue sono le spese di gestione, sementi, mano d'opera, concimi, trasporti, spese generali d'azienda, spese tutte che possono variare notevolmente a seconda del genere e del sistema delle coltivazioni, delle condizioni del mercato, ecc. Ne viene che il costo del prodotto agricolo non è che in misura limitata legato al costo del capitale immobiliare del fondo. L'industria agricola è quasi esclusivamente esercitata da privati, e privata è generalmente la proprietà dei fondi. Molti prodotti agricoli non hanno bisogno di essere subito venduti, ma possono invece essere immagazzinati per curarne la vendita nelle epoche più favorevoli.

I prodotti dell'agricoltura hanno in generale un valore che dipende dall'andamento dei mercati. L'agricoltore può, entro certi limiti, variare le sue coltivazioni, e quindi il genere dei prodotti stessi, a seconda della sua convenienza.

Il nostro Paese è forse, fra quelli europei, il più vario. Diverso il clima da regione a regione, diverse le sistemazioni dei terreni: a pascolo, a coltivazioni estensive od intensive, a colture umide od asciutte; diversi i sistemi di appoderamento e di conduzione. Vi sono fondi gestiti direttamente dai contadini proprietari, poderi a mezzadria, a colonia, affittanze di varie specie, latifondi, tenute industrializzate.

Combinando le diverse condizioni fisiche e climatiche coi diversi sistemi di condotta e di coltura e con altre circostanze di carattere tradizionale che variano spesso da regione a regione, si giunge ad una infinita varietà di bisogni che si manifestano in epoche diversissime dell'anno, assai spesso indeterminabili a priori con precisione.

Perciò l'ideale per l'agricoltore che voglia servirsi nel modo più largo dell'energia elettrica per tutte le applicazioni possibili, sarebbe di poter disporre in ogni momento di una sufficiente dotazione di energia elettrica, senza obbligo di garantire un minimo consumo. Abbiamo detto l'ideale, non la necessità, poichè noi crediamo, come dimostreremo più tardi, che l'agricoltore può, senza esserne troppo gravato, consentire ad una più impegnativa disciplina dei consumi.

L'industria elettrica, e specialmente quella italiana, a base quasi esclusivamente idrica, ha un carattere *integralmente immobiliare*: per essa gli oneri inerenti al capitale investito negli impianti di produzione, distribuzione e trasporto, e quindi fissi ed indipendenti dall'andamento della gestione, sono assolutamente prevalenti su quelli assai piccoli che possono ritenersi, in varia misura a seconda delle varie aziende, proporzionali alla produzione ed alla vendita.

L'industria elettrica è quasi esclusivamente esercita da Società nella maggior parte azionarie, e ciò è conseguenza logica della necessità di investire negli impianti capitali ingenti, spesso di parecchie centinaia di milioni. Queste somme vengono raccolte sotto forma di capitali azionari in parte, ed in parte mediante mutui, prestiti, obbligazioni in lire ed in valuta estera. Mentre i debiti imperiosamente ed indifferibilmente richiedono ogni anno una somma irriducibile di interessi e di rimborsi, anche al capitale azionario, che, per la natura dell'industria (la quale ha continuo bisogno di nuovi investimenti per far fronte ai costanti e d'altronde augurabili sviluppi delle installazioni) deve continuamente accrescersi, è necessario mantenere una adeguata retribuzione che valga a conservare all'industria la costante fiducia degli investitori.

A questo proposito occorre osservare che i dividendi delle Società elettriche da molti vengono, con un riferimento troppo semplicista ai valori nominali delle azioni, qualificati come lauti. Nulla di più erroneo. Il valore reale di una azione, come di qualsiasi altro bene economico, è dato non dall'importo nominale su di essa scritto, ma dal prezzo di mercato vale a dire dall'importo che di essa il possessore può ricavare, cedendola. Solo a tale prezzo di mercato si può e si deve riferire il dividendo, ossia il reddito della quota patrimoniale rappresentata dall'azione.

Ciò premesso è facile constatare che i dividendi delle Società elettriche sono, salvo qualche caso, appena sufficienti, ed in molti casi anche insufficienti, a fare attribuire dal mercato ai titoli il valore rappresentato dal capitale nominale e dalle riserve, valore al disotto del quale scompare la convenienza pratica ed anche la possibilità materiale di procedere ad aumenti di capitale. Invero, ad esempio, il prezzo di compenso del febbraio 1931 dei 26 titoli quotati alla Borsa di Milano dimostra che ben 10 di essi sono valutati al disotto del valore nominale; ed ove si tenga conto, in aggiunta al nominale, anche del valore delle riserve, a costituire le quali non poche volte hanno concorso notevoli importi di denaro versati dagli azionisti a titolo di sovraprezzo o conguaglio, si riscontra che ben poche delle residue 16 Società sono oggi in condizioni favorevoli per un eventuale emissione di nuovo capitale, che non riesca di danno agli azionisti attuali.

D'altronde bisogna tener presente che lo sconvolgimento monetario prodottosi durante la guerra e nel dopoguerra ha fatto sì che in molte Aziende elettriche i valori di bilancio degli enti patrimoniali rappresentano una sola quota parte dei valori effettivi e reali, corrispondenti al costo di ricostruzione degli enti stessi. Se si calcolasse il valore delle azioni in base a tali valori effettivi e reali, la percentuale dei dividendi risulterebbe ben più modesta di quello che nominalmente appare, ed in molti casi, insufficiente a sostenere il mercato dei titoli.

L'industria elettrica non produce merci, ma servizi. Il suo prodotto non è in alcun modo immagazzinabile, ma deve essere venduto nel medesimo istante nel quale esso è disponibile alle centrali di produzione. In ogni istante cioè la produzione coincide esattamente, astrazione fatta delle perdite di distribuzione, col consumo. E siccome il consumo varia in modo notevolissimo nelle varie ore del giorno, nei vari giorni della settimana, e nei vari periodi dell'anno, l'industria idroelettrica sarebbe soggetta in ogni istante al pericolo di lasciare defluire inutilizzate le acque che la natura le mette a disposizione in misura variabilissima, se non provvedesse in qualche modo a disciplinare la disponibilità dell'acqua da una parte ed i consumi dall'altra, in modo che questi ultimi corrispondano il più possibile, in ogni momento, alle disponibilità. A ciò valgono, se pure in misura limitata, i costosi, ma tuttavia indispensabili, serbatoi giornalieri, settimanali o stagionali, di cui sono muniti molti impianti, specialmente in alta montagna; a ciò vale il congegno dei prezzi e delle tariffe dell'energia elettrica volte a favorire il consumo nelle ore e nei periodi in cui normalmente la richiesta è minore, ed a limitare invece il consumo nelle ore e nei periodi di maggiore richiesta.

Il costo degli impianti di produzione, di trasporto e di distribuzione dell'energia elettrica è, a parità di acqua e quindi di

energia disponibile, sensibilmente proporzionale alla potenza richiesta ed inversamente proporzionale alla durata di utilizzazione del servizio. Così, se l'andamento di tutte le richieste fosse sincrono, si dovrebbe commisurare l'onere del servizio alla potenza richiesta, più che al quantitativo di energia consumata. Fortunatamente però non tutte le massime richieste sono simultanee, anzi normalmente si verificano, per i diversi usi, in periodi diversi. Ciò ha permesso di passare dal sistema della tariffa a *forfait*, usato nei primordi dell'industria italiana, e cioè dalla tariffa basata sulla potenza, a quello delle tariffe a contatore semplice, a contatore con minimo garantito ed alla tariffa binomia che va sempre più applicandosi non solo in Italia, ma in tutti i Paesi, vale a dire alla tariffa composta di due elementi, uno basato sulla potenza, l'altro sul consumo di energia. Ciò è stato possibile perchè l'estensione del servizio ad un grandissimo numero di utenti ha permesso di fare delle grandi medie per ciascuna classe di consumatori, stabilendo per ognuna di esse un determinato diagramma medio di utilizzazione, ed ha inoltre permesso di servire coi medesimi impianti, non solo di produzione e di trasporto, ma anche di distribuzione, un numero grande di utenti con diagrammi di utilizzazione diversi che non si sovrappongono che in parte, in modo che gli impianti vengono utilizzati su una durata integrale assai più lunga di quella fornita da ciascun utente, e la spesa di esercizio viene così meglio ripartita sulle quantità consumate.

Ma se ciò è stato possibile nelle città in cui, come abbiamo visto, una rete di distribuzione serve sempre decine e talvolta centinaia di migliaia di utenti, ed una cabina di trasformazione ne serve più centinaia e talvolta qualche migliaio, se è stato possibile nei minori centri abitati dove però quasi sempre gli utenti si contano ancora a centinaia, diverso è il caso dell'utenza agricola che quasi sempre richiede, a partire della rete esistente, una linea *speciale*, di varia ma sempre considerevole lunghezza, ed una *speciale* cabina di trasformazione. In questo caso l'impianto *specifico*, di costo proporzionato alla potenza da erogare, non può gravare che sull'utente *singolo* per il quale esso è costruito. Ne viene che se l'impianto specifico è costruito dal fornitore dell'energia, questo non può esimersi dal chiedere all'utente, oltre che il pagamento dell'energia fornita, una garanzia di minimo consumo od un compenso fisso che lo rimborsi dell'onere che gli deriva dallo speciale impianto.

In ciò sta il contrasto fra l'interesse dell'agricoltore e quello dell'industria elettrica: l'uno vorrebbe avere a disposizione l'energia a puro consumo; l'altra ha assoluta necessità di garantirsi il rimborso delle spese e degli oneri fissi che l'utenza gli procura.

Il costo delle reti elettroagricole.

Stabilito che il problema dell'elettrificazione agricola si riduce in Italia, dove la grandissima maggioranza dei centri abitati è già fornita di energia elettrica, alla costruzione ed alla gestione degli impianti *specifici* che partendo dalle reti attualmente esistenti raggiungano i punti di utilizzazione che si trovano nelle fattorie isolate e nei campi, è utile indagare quali sieno gli immobilizzi e gli oneri d'esercizio derivanti da tali impianti *specifici*.

A prescindere dai pochi casi in cui la lontananza dei punti di consumo è così modesta da permettere l'allacciamento con linee a bassa tensione partenti dalle reti dei centri abitati (ciò si può fare, a seconda delle potenze richieste, sino a distanze di poche centinaia di metri) l'impianto di un allacciamento elettroagricolo comporta una linea ad alta tensione, una cabina di trasformazione, e talvolta uno o più tratti di linee a bassa tensione. Una cabina di trasformazione può talora, e non è il caso più comune, servire più di un fondo: in qualche caso invece una tenuta può aver bisogno di più cabine.

Le linee ad alta tensione costruite in Italia dalle Società elettriche per il servizio agricolo sono costate, come risulta da indagini recenti fatte dalla UNFIEL, cifre variabili da L. 7 000 a L. 17 000 per km. La notevole differenza dipende essenzialmente dal tipo della linea: infatti se si adottano pali in legno e conduttori in ferro si può non oltrepassare il limite inferiore di spesa suaccennato, ma in tal caso la durata della linea è relativamente breve, le spese di esercizio e manutenzione sono notevolmente maggiori; perciò, dato che la linea ad uso agricolo dovrebbe avere caratteristiche di permanenza, dovendosi considerare come attributo del fondo, la tendenza più recente, adottata in altri Paesi, come ad esempio in Francia, è quella di effettuare la costruzione con criteri di maggiore stabilità e quindi di maggiore larghezza, adottando palificazioni in cemento e conduttori di rame o d'alluminio che meno sono soggetti all'usura derivante dagli agenti atmosferici. Ed è in questo caso che vengono raggiunti i maggiori costi, sui quali però gravano minori spese di esercizio e di manutenzione e minori quote di ammortamento. Inoltre linee così costruite hanno sempre una maggiore capacità di trasporto, epperciò possono servire a qualsiasi ragionevole futuro sviluppo della richiesta.

Il costo delle cabine di trasformazione è pure assai variabile a seconda della potenza, della tensione, a seconda che si tratta di cabine fisse in muratura, in ferro o su pali, o di cabine mobili. L'indagine della UNFIEL ha accertato costi variabili fra 300 e 1000 lire per kW con una media di 500÷600 lire.

Per le linee a bassa tensione si va invece da un minimo di L. 5 000 ad un massimo di L. 12 000 per km: e qui la differenza deriva specialmente dalla sezione del rame impiegato e dal numero dei conduttori, a seconda che si tratti di alimentare impianti di illuminazione o di forza motrice.

Ad analoghe cifre sono giunti nei loro studi pressochè tutti i tecnici che si sono occupati della questione. Così ad esempio l'Ing. Giuseppe Villa (Atti del Sindacato Ingegneri di Milano, Anno 1929, n. 3, pag. 93) assegna all'impianto di linee ad alta e bassa tensione, compreso il costo delle cabine, un costo che va da L. 15 000 a L. 22 000 per km di linea.

L'Ing. Uytbork (Congresso Internazionale del Genio Rurale, Liegi, agosto 1930) dà come costo delle linee agricole ad alta tensione franchi belga 30 000÷50 000 (16÷17 mila lire), di quelle a bassa tensione 20 a 25 000 franchi belga (10÷13 mila lire) e per le cabine di trasformazione 20 a 30 000 franchi belga (11÷16 mila lire).

L'Ing. Pietro Casini nel suo pregevole studio « Il costo della distribuzione in campagna per scopi agricoli » denuncia un costo di 16÷17 mila lire per km per le linee ad alta tensione, L. 5÷12 mila per le linee a bassa tensione, e L. 300÷1000 per kW per le cabine di trasformazione.

L'Ing. Gerolamo Zannini (*L'Energia Elettrica*, ottobre 1929 pag. 1033) in uno studio per l'elettrificazione della zona di Marmorta in Comune di Molinella, prevede per una rete alla tensione di 5 o 6000 V della lunghezza di 46 km, la maggior parte con conduttori di acciaio zincato, un costo totale di linea di L. 620 000 ossia di circa 13 500 lire per km essendo in queste compresi anche i trasformatori da palo per una potenza complessiva di circa 1000 kW.

Sulla base delle cifre soprannunciate, l'Ing. Casini deduce che il totale degli investimenti ammonta, in media, a circa L. 2350 per kW, al quale corrisponde una spesa d'esercizio annua, all'infuori della fornitura dell'energia all'origine, di circa L. 646 per kW: ossia per una utilizzazione di 500 ore all'anno L. 1,30 per kWh, per una utilizzazione di 1000 ore L. 0,65 per kWh, e per una utilizzazione di 2000 ore L. 0,33 per kWh.

Se si consideri che all'immobilizzo così calcolato, che corrisponde a L. 270 per ettaro, bisogna aggiungere il costo dei motori, del macchinario, degli attrezzi, ecc., se ne deduce che il prezzo dell'energia all'origine della rete elettroagricola ha una

modesta influenza sul costo totale di esercizio. Naturalmente poichè, come si è visto, l'onere derivante dagli impianti specifici è inversamente proporzionale alle durate di utilizzazione, è logico che la maggiore convenienza dell'uso dell'energia sarà per quelle applicazioni, come ad esempio il sollevamento d'acqua per irrigazione, che possono dare una buona utilizzazione annuale.

Riferisce il Casini nel suo succitato studio che il costo dell'elettrificazione per ettaro si aggira sulle L. 350 nel Novarese e Vercellese, sulle L. 500 nell'Agro Romano e supera tale cifra nelle Puglie: egli cita pure analoghi dati di costo per l'estero e così L. 237 per la Svezia, L. 400 per la Svizzera.

Se anche assumiamo come media una cifra assai bassa, ad esempio 300 lire per ettaro, e se supponiamo di poter elettrificare anche solo 5 milioni di ettari sui circa 13,7 milioni di ettari a seminativi semplici esistenti in Italia, il capitale occorrente per tale impresa sarebbe di circa un miliardo e mezzo, al quale andrebbe ancora aggiunto forse altrettanto per spesa di impianti di utilizzazione e macchinari.

Da tali cifre emerge l'imponenza del problema.

Esame delle varie applicazioni elettroagricole.

Innanzi tutto bisogna esaminare quali siano le applicazioni che da noi costituiscono l'oggetto del problema della « elettrificazione rurale ».

Si è già detto che in altri Paesi si usa tale espressione per qualsiasi distribuzione od utilizzazione isolata d'energia eseguita fuori delle città vere e proprie e dei sobborghi: da noi invece ormai l'energia è, come si è già detto, disponibile in quasi tutti i capiluogo ed in moltissime frazioni dei Comuni, cosicchè per applicazioni elettroagricole si debbono intendere soltanto quelle che operano sul terreno, i sollevamenti d'acqua, le lavorazioni dei prodotti fatte sulle aie, e gli impieghi di cascina e di fattoria.

Non va taciuto tuttavia che anche le applicazioni che noi così escludiamo, perchè non sono che un caso particolare di quelle analoghe alimentate dalle ordinarie reti urbane, hanno raggiunto uno sviluppo considerevole, assai più che d'ordinario non si creda.

Passiamo ad esaminare partitamente ciascuna delle sopraccennate applicazioni, che si possono così classificare:

1) Sollevamento d'acqua per irrigazione.
2) Pompatura per prosciugamento di terreni di bonifica.
3) Lavorazioni fatte sull'aia, generalmente in sostituzione della locomobile, come la trebbiatura, la pressatura del fieno, la scavezzatura della canapa, la lavorazione del risone.
4) Lavorazioni pesanti su terreno.
5) Applicazioni di cascina e di fattoria.

a) *I sollevamenti d'acqua per irrigazione.*

La propaganda fatta in questi ultimi anni a favore dell'irrigazione ha ottenuto già notevoli effetti, convincendo gli agricoltori della convenienza di adottare colture umide dovunque le circostanze locali le rendano possibili.

Si può dire che dovunque era disponibile acqua in abbondanza in terreni pianeggianti, l'irrigazione era già entrata nell'uso. Basti citare la Pianura Padana e Veneta, la Bassa Emilia e parte della Romagna, alcune zone dell'Italia Meridionale e della Sicilia. L'energia elettrica adattandosi assai bene ad azionare pompe centrifughe, sia superficiali che in profondità, intervenne a portare l'irrigazione anche in quei fondi che non ne potevano essere naturalmente dotati.

I sollevamenti dell'acqua si effettuano o da corsi d'acqua (naturali od artificiali), o da pozzi.

Varia è l'altezza di sollevamento, o prevalenza, che può andare da pochi decimetri a parecchie decine di metri. Varia è pure la quantità d'acqua, che dipende dalla disponibilità e dai bisogni.

TABELLA A.

IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO D'ACQUA PER IRRIGAZIONE.

N. Società	REGIONE	N. impianti allacciati nel 1928	1929	1930	Potenza in kW installata nel 1928	1929	1930	Energia in kWh erogata nel 1928	1929	1930	Superficie in ha irrigata nel 1928	1929	1930	Utilizzazioni medie in ore nel 1928	1929	1930
8	Piemonte	1 446 (6)	1 856 (6)	2 120 (8)	6 638 (6)	8 647 (6)	8 136 (8)	6 197 870 (6)	6 496 200 (6)	4 590 220 (7)	18 150 (6)	23 190 (6)	26 095 (7)	910 (6)	750 (6)	1 160 (7)
11	Lombardia	427 (9)	632 (9)	900 (11)	3 728 (8)	5 858 (9)	7 170 (11)	6 001 787 (8)	6 308 910 (9)	4 924 603 (10)	14 756 (8)	21 993 (8)	22 844 (7)	1 660 (8)	1 075 (8)	687 (10)
12	Veneto (1)	269 (6)	431 (6)	498 (12)	3 689 (6)	3 293 (5)	3 345 (12)	6 393 698 (6)	3 412 378 (5)	2 477 585 (11)	52 940 (6)	63 593 (6)	8 334 (6)	1 730 (6)	1 045 (5)	750 (11)
5	Emilia	527 (3)	883 (4)	1 353 (5)	5 458 (3)	9 614 (4)	10 140 (5)	5 289 165 (3)	7 902 000 (4)	5 316 820 (5)	5 939 (3)	9 844 (3)	10 063 (4)	968 (3)	928 (4)	524 (5)
7	Liguria	1 553 (5)	1 984 (5)	2 684 (7)	2 974 (5)	3 848 (5)	4 422 (7)	3 254 456 (5)	3 906 000 (5)	4 585 560 (7)	5 363 (4)	7 133 (4)	5 671 (5)	1 090 (5)	1 003 (5)	1 035 (7)
5	Toscana	1 256 (3)	1 524 (3)	1 771 (5)	1 810 (3)	2 554 (3)	3 420 (5)	1 461 260 (3)	1 918 000 (3)	1 143 332 (3)	3 440 (3)	4 920 (3)	3 150 (2)	808 (3)	752 (3)	883 (3)
7	Marche, Umbria, Lazio, Abr. e Mol.	104 (3)	137 (3)	1 184 (7)	943 (3)	1 070 (3)	3 525 (7)	606 000 (3)	1 249 145 (3)	2 423 088 (7)	1 095 (3)	1 748 (3)	3 423 (5)	638 (3)	1 168 (3)	688 (7)
12	Campania, Puglie, Basilic., Calabria	1 217 (7)	1 631 (7)	2 379 (12)	2 553 (7)	3 230 (7)	5 303 (12)	1 658 630 (7)	1 769 666 (7)	2 588 196 (11)	2 844 (5)	3 671 (5)	6 500 (8)	650 (7)	548 (7)	490 (11)
2	Sardegna, Sicilia .	2 185 (2)	2 298 (2)	2 825 (2)	7 171 (2)	8 410 (2)	9 318 (2)	3 732 482 (2)	4 345 000 (2)	4 710 557 (2)	14 738 (1)	15 968 (1)	6 773 (1)	520 (2)	517 (2)	505 (2)
69	TOTALI E MEDIE GENERALI	8 984 (44)	11 376 (45)	15 714 (69)	34 964 (44)	46 524 (44)	54 779 (69)	34 595 348 (45)	36 307 299 (44)	32 713 136 (63)	119 265 (39)	152 060 (39)	92 853 (45)	990 (43)	780 (44)	600 (63)

(1) Nel 1928 funzionava il Cons. Irr. Sin. Adige, che consumò in quell'anno circa kWh 4 218 500, e non funzionò più negli anni successivi.

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

A questo proposito è da accennare il fatto che molte volte si verifica una notevole sproporzione fra le disponibilità di acqua e l'impianto predisposto: ne deriva spreco di denaro nell'impianto e nell'esercizio, ed un consumo di energia eccessivo che certo non è imputabile ai fornitori. La UNFIEL aveva proposto di organizzare un proprio ufficio di consulenza a questo scopo, ma la proposta fu lasciata cadere dagli interessati.

L'impiego dell'energia per sollevamento di acqua per irrigazioni va prendendo sempre maggiore estensione. Zone di utilizzazione intensissime si trovano nelle vicinanze di Napoli, sulla costa orientale della Sicilia ed intorno a Palermo, in Toscana, Piemonte, Veneto e Liguria.

Notizie su tali applicazioni assunte dalla UNFIEL hanno portato ai risultati parziali della Tabella A. Si noti che i dati in questione si riferiscono a sole 45 Società esercenti per gli anni 1928 e 1929, ed a 69 Società per l'anno 1930.

Dall'esame delle ore di utilizzazione nei vari anni e nelle diverse Regioni appare subito la loro variabilità da caso a caso. Così il Piemonte presenta un minimo nel '29 e un massimo nel '30, mentre la Lombardia e il Veneto accusano una forte diminuzione progressiva dal '28 al '30. L'Emilia presenta dati poco diversi nel '28 e nel '29, ma cade a poco più della metà nel '30. La Toscana rimase quasi costante, come le Isole. Altre sentite e discordanti variazioni si ebbero nelle altre Regioni. Le cause di queste differenze sono principalmente climatiche, ma provengono anche da altre origini, in gran parte accidentali.

Da tali cifre si desume che trattasi di un impiego che richiede una potenza di una certa entità, che dà luogo ad un consumo abbastanza notevole e ad una utilizzazione in generale abbastanza lunga.

La ragione di tale sviluppo, già oggi assai notevole, è data da diverse cause: anzi tutto l'irrigazione mediante sollevamento d'acqua non è praticamente possibile in terreni d'una certa estensione, se non con mezzi meccanici; in secondo luogo l'irrigazione dà ai terreni un notevole *plus-valore* patrimoniale e ne aumenta considerevolmente il reddito.

Inoltre tale sviluppo è stato favorito negli anni scorsi dallo stato di prosperità dell'agricoltura, che ha consentito frequentemente lo sborso da parte dell'utente di quei contributi alle spese di impianto delle linee e delle cabine, che erano necessari per dare al fornitore di energia la convenienza economica della fornitura.

La spesa per l'irrigazione mediante sollevamento è data dagli oneri inerenti all'impianto di sollevamento e dal costo dell'energia elettrica: ora è saputo che la quantità di energia occorrente per sollevare un dato quantitativo di acqua è proporzionale all'altezza del sollevamento stesso, e questa naturalmente dipende da circostanze locali: ond'è che a parità di quantità d'acqua e di prezzo dell'energia, il costo dell'irrigazione può variare da caso a caso notevolmente. Un altro elemento di spesa è l'investimento di capitale necessario nelle linee e nelle cabine di trasformazione che debbono quasi sempre essere costruite *ad hoc*, poichè l'elettropompa è quasi sempre installata in piena campagna, per evidenti ragioni di opportunità agricola. Questa quota di spesa è naturalmente perciò variabile a seconda della distanza dell'elettropompa dalla rete esistente.

L'irrigazione se è in moltissimi casi proficua e conveniente, non lo è certo *dappertutto e sempre*. L'aumento di redditività del terreno per effetto dell'irrigazione, confrontato colla spesa relativa, è il dato per decidere sulla convenienza.

V'è poi la questione della durata dell'irrigazione, la quale varia, come dimostra la Tabella A, nello stesso impianto, da anno ad anno a seconda delle vicende climatiche; evidentemente l'impianto funzionerà assai meno in un anno piovoso, che in un anno di siccità. L'agricoltore vorrebbe perciò esimersi dal garantire al fornitore di energia quel minimo di consumo o quel fisso che corrisponde almeno ad una parte degli oneri fissi che il fornitore stesso ha. Ma a questo proposito noi osserviamo che un terreno che ha una propria dotazione naturale di acqua irrigua, l'ha generalmente ottenuta o mediante concorso di capitale alle opere necessarie, o mediante assunzione di un canone o di una quota consorziale annuale. Nell'uno e nell'altro caso l'onere per il fondo è fisso, ed indipendente dalle vicende del clima. Se ciò si ammette, perchè non può anche ammettersi che sia fisso almeno in parte il compenso che l'agricoltore paga al fornitore dell'energia per ottenere lo stesso risultato?

L'applicazione dell'energia elettrica all'irrigazione è assai diversa nelle varie regioni d'Italia. Così ad esempio in Liguria dove si coltivano fiori, l'irrigazione si fa per tutto l'anno, compreso l'inverno, mentre nella generalità delle colture normali l'irrigazione avviene solo in parte della primavera e nella stagione estiva, con la massima intensità in luglio ed in agosto. Tali periodi nell'Italia Settentrionale, o meglio, nelle zone alimentate da impianti alpini, coincidono, in generale, coi periodi di abbondanza di acqua, e perciò di energia elettrica. È invece noto che gli impianti appenninici soffrono di assoluta deficenza di portate nei mesi estivi e perciò proprio in quei periodi in cui sono richieste le forniture per irrigazione. Ciò nonostante lo sviluppo delle applicazioni di questo genere dimostrato dalla Tabella A a pag. 500 prova che anche nell'Italia Peninsulare le Aziende elettriche e gli agricoltori trovano spesso il punto di reciproca convenienza.

Non si hanno notizie molto precise su quanto sia stato fatto in altri paesi a questo stesso proposito. In Francia si è appena all'inizio, in Inghilterra si sta ancora costruendo il « grid » o rete principale ad altissima tensione, cosicchè le applicazioni sparse sono ancora assai rare. In generale questa applicazione si rende necessaria solo dove manca la possibilità di servirsi dell'irrigazione ordinaria a scorrimento, il che avviene assai più nel nostro paese che negli altri che hanno tutti caratteristiche fisiche più adatte a tale sistema di irrigazione.

Si può senza timore di smentita affermare che in nessun altro Paese questo genere di applicazioni ha ottenuto il successo che ha avuto da noi, se si tiene conto delle superfici e delle popolazioni di ciascuno.

b) *Il prosciugamento dei terreni di bonifica.*

Un'altra applicazione dell'energia elettrica, che per importanza non ha il più lontano riscontro presso altri Paesi, è quella del prosciugamento delle bonifiche.

È noto come lungo il litorale Adriatico, fra Monfalcone e Cervia, lungo l'Adige e il Po, nell'ultimo cinquantennio si sia intensificata l'opera di redenzione di terreni paludosi che in quelle regioni occupano zone di grande estensione. La maggior parte di queste bonifiche ha bisogno di impianti di sollevamento d'acqua, che per il maggior numero furono equipaggiati in origine con motori termici, in gran parte poi sostituiti da motori elettrici. I motori termici rimasero quasi ovunque come riserva.

In questi ultimi anni entrarono in esercizio alcuni importanti impianti di sollevamento esclusivamente azionati dall'energia elettrica (Bonifica Renana, Consorzio Parmigiano-Moglia). La Parmigiana-Moglia offre anzi l'esempio di un razionale accoppiamento fra un impianto appenninico a serbatoio ed una grande bonifica.

Alcuni di questi impianti sono grandiosi, ma non mancano, specialmente nella zona fra Po ed Adige e lungo il litorale Adriatico, numerosissimi impianti individuali dei quali non si conosce neppure con precisione il numero, parecchi di essi ritirando energia anche per altre applicazioni.

L'applicazione della pompatura meccanica alle bonifiche esige investimenti di capitali ingenti, qualunque sia il tipo di forza motrice adottato. Generalmente però il costo di un impianto di

sollevamento va suddiviso su un considerevole numero di ettari bonificati. Quando vi si applichi l'energia elettrica, quasi sempre occorrono linee assai lunghe ed apparecchiature costose. Le bonifiche si trovano normalmente in zone lontane dagli abitati: qualche volta una sola linea può alimentare parecchi impianti di sollevamento: ma ciò non avviene sempre. Per contro, si tratta quasi sempre di potenze richieste assai cospicue e di quantitativi d'energia rilevanti, pur con durate di utilizzazione assai brevi.

Tuttavia bisogna considerare che anche l'impianto di macchinario termico costa assai: certamente più del corrispondente impianto elettrico. Qualche volta la differenza può essere tale da rendere più conveniente *a priori* l'impianto elettrico.

La Tabella B seguente dà una parziale idea su queste applicazioni, limitatamente agli impianti più importanti.

TABELLA B.

IMPIANTI DI BONIFICA.

(*Dati al* 1930).

N. Società	REGIONE	Impianti N.	Potenza installata kW	Superficie bonificata ha	Energia erogata kWh
2	Lombardia	13	755	13080	718000
9	Veneto	178	21 647	469109 (7)	14937174 (7)
3	Emilia	10	9 079	166428	1096607
4	Toscana	21	1 001 (3)	408907	2481 (2)
2	Lazio	10	1 389	15000	4383745
3	Campania, Puglie, Basilicata	6	1 200	40000	1586880
2	Sicilia, Sardegn	13	421	1850	249014
25	TOTALI ..	251	35 492 (24)	1114374 (22)	22973903 (20)

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

Esistono numerosi impianti del genere sparsi per tutta Italia, ma di assai minore importanza. Alcuni si trovano lungo il litorale Adriatico, in Calabria ed altrove.

Anche qui tuttavia il problema presenta numerose incognite, e non mancano circostanze accessorie che possono modificare le soluzioni. Non tutte le bonifiche presentano gli stessi bisogni e la stessa utilizzazione: ve ne sono alcune che richiedono energia, in varia misura, per quasi tutto l'anno, altre che l'esigono solo per qualche settimana. In massima però esse vanno annoverate fra le utenze a richiesta più irregolare, talvolta a sbalzi ed a richiami improvvisi, mentre il loro servizio è fra i più delicati ed esige la massima regolarità nella fornitura. Anzi in molti casi tale delicatezza di servizio impone che a fianco del motore elettrico ve ne sia uno termico di riserva: il che diminuisce la convenienza del motore elettrico. Avviene anche che le maggiori richieste che si manifestano sopratutto nelle epoche di pioggie persistenti, per forza di cose siano contemporanee, il che viene a peggiorare le condizioni della fornitura, accentuandone la irregolarità. A ciò si deve aggiungere che l'utilizzazione subisce in pieno tutte le accidentalità del clima.

Queste condizioni (richiesta irregolare, bassa e variabile utilizzazione oraria, sovrapposizione dei carichi), rendono questo genere di utenze assai gravoso per le Imprese elettriche.

L'aumento di valore del fondo conseguente alle opere di bonificazione è sempre grandissimo: talvolta un terreno privo di qualsiasi valore può assumerne uno assai elevato, come avviene nel caso di prosciugamento di stagni o di lagune. Di conseguenza anche in questo caso il gravame dell'impiego di minimo consumo non sembra nè ingiusto nè eccessivo: e si possono quindi ripetere per esso gli stessi ragionamenti e rilievi fatti per il sollevamento d'acqua per irrigazione.

L'elettrificazione degli impianti di bonifica ha avuto in molti casi, come quello d'irrigazione, il merito di aver stimolato l'impiego dell'energia elettrica anche per altri usi. Anzi queste due applicazioni possono dirsi le *pioniere* dell'elettrificazione rurale.

c) *Trebbiatura ed altre lavorazioni sull'aia.*

Questa categoria di applicazioni è caratterizzata da una brevissima durata di utilizzazione, e da una relativamente forte potenza richiesta. Infatti la trebbiatura non dura mai più di 10-15 giorni all'anno (120÷200 ore) ed in molti casi si limita a 2 o 3 giorni all'anno (25÷40 ore). Siccome poi sinora generalmente per i bisogni delle aie si ricorreva alla locomobile, e siccome il periodo dell'anno in cui tali bisogni si verificano è assai breve, è invalso il costume di impiegare macchinario di più forte potenza per aumentarne la resa: ond'è che da noi quasi ovunque il tipo del trebbiatoio in uso comporta una potenza di 18÷22 HP, mentre ad esempio in altri Paesi (Francia) si adoperano tipi da 6÷8 HP. Tale fatto costituisce un ostacolo assai grave all'adozione dell'energia elettrica per tali servizi, poichè per essa è necessario, come sempre, una linea di alimentazione ed una cabina, che acquistano notevole importanza, e che comportano un costo relativamente alto, in relazione alla potenza richiesta.

TABELLA C.

IMPIANTI PER TREBBIATURA E SGRANATURA.

(*Dati al* 1930)

N. Società	REGIONE	Impianti N.	Potenza installata kW	Energia erogata kWh	Frumento trebbiato o sgranato q
8	Piemonte	731	9776	2640515	1 884980 (6)
10	Lombardia	409	3732 (8)	729358	197433 (4)
10	Veneto	152	1 101	404413	55000 (1)
2	Emilia	201	120 (1)	276600	367700
1	Liguria	2	13	2235	1 220
1	Toscana	11	120	50000	—
6	Lazio, Marche, Umbria, Abr.	29	426	82374	40418 (3)
6	Campania, Puglie Basilicata, Cal.	23	480	68368	57550
2	Sardegna, Sicilia	9	121	36525	25000 (1)
46	TOTALI ..	1567	15889 (44)	4290338 (45)	2 629 301 (21)

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

Un altro ostacolo all'impiego dell'energia elettrica, è costituito dalle consuetudini locali invalse da decenni per l'uso delle locomobili: infatti per esse la prestazione della manovalanza, il trasporto dell'acqua, della locomobile stessa e della trebbiatrice, la fornitura del combustibile, generalmente legna o paglia, sono a carico dell'agricoltore, il quale in genere valuta poco o nulla l'onere relativo, mentre il conduttore della locomobile ne ha un grande vantaggio, che gli permette di ridurre notevolmente il costo ed il prezzo del suo servizio. Per l'estensione dell'energia elettrica alle applicazioni sulle aie occorrerebbe perciò che le lavorazioni fossero concentrate da parecchi agricoltori in una unica aia, posta più che sia possibile nelle vicinanze delle reti esistenti, e che per le ragioni stesse fosse usato macchinario di più modesta potenza con maggior durata di utilizzazione. Bisognerebbe in altre parole che esse potessero rientrare nelle applicazioni di cascina e di fattoria di cui diremo in appresso. Qualcosa si può fare coll'adozione di linee e di

cabine mobili, ma anche in questo caso le spese di trasporto e di rimozione di tali organi sono quasi sempre tali da soverchiare grandemente il costo dell'energia.

d) *Le lavorazioni pesanti sul terreno.*

Sono queste le applicazioni che potrebbero dare il maggior consumo di energia elettrica: infatti le operazioni di lavorazione del terreno richiedono una potenza abbastanza rilevante (in media 35 kW), e comportano una utilizzazione abbastanza notevole che può andare da 100 a 150 giorni all'anno (da 1000 a 1200 ore).

Per questa sua caratteristica l'aratura elettrica fu tra le prime applicazioni ad essere sperimentata. In Italia già alla fine del secolo scorso il Conte De Asarta a Fraforeano praticava l'aratura elettrica; altri esperimenti furono fatti nel primo decennio del secolo in Emilia e nel Basso Veneto. Pure all'estero la questione venne dovunque studiata: tuttavia ancora oggi l'applicazione ha dovunque un carattere sporadico e non si ritrova che in un limitato numero di casi, tanto da noi che all'estero. Eppure la meccanizzazione delle lavorazioni pesanti sul terreno ha incontrato gran favore, mediante la diffusione dei trattori a scoppio, specialmente dopo la guerra.

Le ragioni che hanno ostacolato e che ostacolano l'adozione dei vari sistemi elettrici sono parecchie. Anzitutto la configurazione della maggior parte dei nostri terreni, con confini frastagliati, con piantagioni arboree fitte e intersecanti il fondo, con numerosi canali di irrigazione o di scolo. In secondo luogo il costo di acquisto degli impianti elettromeccanici d'aratura, tale da non poter essere sopportato che da grandi proprietari o da Consorzi o Società apposite. Infatti una apparecchiatura completa per l'aratura elettrica può costare da un minimo di L. 100 000 ad un massimo di L. 300 000. Anche il costo d'esercizio, pur facendo astrazione dall'energia, è notevole per spese di manutenzione e di riparazione, e per spese di mano d'opera. In terzo luogo l'incertezza circa il sistema da usare. Varie Case costruttrici vi hanno dedicato la loro attività e così si sono avuti da noi il sistema Fowler, il sistema Casali, i sistemi Violati-Tescari, Amati-Chiavacci, ed ultimamente il sistema a trattrice elettrica alimentata da cavo, o giacente sul terreno, o sostenuto da un pallone frenato. Ciascuno di questi sistemi ha certamente dei pregi, ma anche degli inconvenienti abbastanza gravi. Per ultimo accenneremo alle difficoltà, che per vero sono comuni anche all'aratura meccanica con trattrici a scoppio, e che hanno la loro origine nell'economia stessa dei fondi, specialmente dove la proprietà è molto suddivisa, il terreno leggero e sciolto, il bestiame numeroso, e la mano d'opera pure abbondante. In molti casi l'agricoltore ha maggiore convenienza nel mantenere i sistemi antichi per i quali impiega, senza quasi spesa, il bestiame e la mano d'opera esistenti, in luogo di investire nuovi capitali nell'adozione dei mezzi meccanici.

Non si deve poi trascurare il fatto che il trattore a scoppio ha caratteristiche tali di mobilità, di adattabilità e di indipendenza, da poter essere usato non solo nelle lavorazioni del terreno, ma anche per altri svariati impieghi, trasporti, segatura, pompatura, ecc. Il trattore a scoppio, dopo la guerra, è divenuto di uso facile, per le grandi semplificazioni apportatevi specialmente dalle Case americane, e di uso anche economico per il fatto che il combustibile usato è il petrolio, per il quale lo Stato concede notevolissime facilitazioni di prezzo.

Dalle notizie fornite dalle principali Imprese elettriche alla UNFIEL si sono desunti, per l'aratura elettrica, i dati della seguente Tabella D.

Come si vede l'aratura elettrica in Italia ha ancora applicazione limitata. Essa potrebbe forse avere uno sviluppo maggiore ove gli agricoltori costituissero cooperative per l'acquisto e l'uso in comune degli apparecchi. Ammesso che un impianto di aratura elettrica serva per la lavorazione di circa 200 ettari all'anno, il che importa un periodo di uso di almeno 80 ÷ 150 giorni, a seconda della potenza dell'impianto, la spesa complessiva che esso importa sta fra le 280 e le 350 lire per ettaro: in tale spesa il costo dell'energia rappresenta circa l'8 ÷ 10 % Non è pertanto al prezzo dell'energia che può essere imputato lo scarso sviluppo di questa applicazione, ma bensì a tutte le circostanze contrarie che abbiamo più sopra enumerate.

TABELLA D.

IMPIANTI DI ARATURA.

(*Dati al* 1930)

N. Società	REGIONE	Impianti N.	Potenza installata kW	Energia erogata kWh	Superficie lavorata ha
4	Veneto	20	244	980 834	1 060(3)
1	Emilia	4	290	313 000	1 400
3	Toscana	5	85(2)	—	—
1	Umbria, Molise	6	—	—	810
1	Campania, Puglie Basilicata, Calabria	8	250	105 000	1 000
1	Sardegna	6	200	56 000	400
11	TOTALI	49	1069 (9)	1458 282 (8)	4 670 (7)

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

Un'applicazione speciale che potrebbe essere fatta, come avviene anche all'estero, specialmente nei Paesi in cui sinora la coltivazione ha carattere estensivo, è il dissodamento dei terreni molto duri: poichè in tal caso si richiede una potenza assai considerevole, che l'ordinario trattore a scoppio non può dare.

In ogni modo occorrerebbe che i fondi fossero gradatamente sistemati, nella disposizione e nella conformazione degli appezzamenti, affinchè fosse più agevole ed economico l'impianto sia dei sistemi funicolari, che di quelli delle necessarie condutture aeree ed in cavo per l'alimentazione dei trattori elettrici.

e) *Le applicazioni di fattoria e di cascina.*

Moltissimi sono gli usi pei quali può essere impiegata l'energia elettrica nelle fattorie e nelle cascine: anzitutto per l'illuminazione delle abitazioni, dei cortili, delle stalle, dei magazzini: in secondo luogo per la ventilazione delle stalle, per la pompatura dell'acqua, per la macinazione dei cereali, per le lavora-

TABELLA E.

IMPIANTO DI POMPE PER USO DI FATTORIA.

(*Dati al* 1930)

N. Società	REGIONE	Impianti N.	Potenza installata kW	Energia erogata kWh
7	Piemonte	592	236 (6)	85 260 (6)
6	Lombardia	1550	1763	1 140 126
3	Veneto	71	74	36 736
3	Emilia	550	297	129 272(2)
3	Liguria	62	339	54 961
1	Toscana	250	350	5 000
4	Lazio, Marche, Umbria, Abruzzi	84	169	147 684
1	Sicilia	193	160	8 070
28	TOTALI	3352	3388 (27)	1 607 089 (27)

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

TABELLA F.

MACCHINE PER TRINCIATURA PAGLIA E FORAGGI, PER INSACCAMENTO, PER PRESSE ED ELEVATORI.

(*Dati al* 1930)

N. Società	REGIONE	Impianti N.	Potenza installata kW	Energia erogata kWh
4	Piemonte	82	137 (3)	43 700 (3)
3	Lombardia	141	233	13 824
5	Veneto	552	630	138 453
2	Emilia	101	101	10 500
3	Liguria	125	197	42 321
3	Toscana	1136	578	54 500
7	Lazio, Marche, Umbria, Abruzzi	243	350	95 760
1	Sicilia	1	6	2 600
28	TOTALI	2381	2232 (27)	401 658 (27)

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

TABELLA G.

MACCHINARI PER MOLITURA E TRITATURA BECCHIME, OSSA, PATATE, ECC.; FRANTOI PER OLIVE E PANELLI, SFIBRATORI.

(*Dati al* 1930)

N. Società	REGIONE	Impianti N.	Potenza installata kW	Energia erogata kWh
3	Lombardia	73	153	43 089
4	Veneto	106	495	544 970
2	Emilia	19	55	8 896 (1)
3	Liguria	87	219	92 283
3	Toscana	821	3290	50 263 (1)
8	Lazio, Marche, Umbria, Abruzzi	547	2184	1 168 799
5	Campania, Puglie, Basilicata, Calabria	40	103 (4)	226 907 (4)
2	Sardegna, Sicilia	131	448	108 764
30	TOTALI	1824	6947 (29)	2 243 971 (27)

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

TABELLA H.

MACCHINE PER LA LAVORAZIONE DEL LATTE.

(*Dati al* 1930)

N. Società	REGIONE	Impianti N.	Potenza installata kW	Energia erogata kWh
6	Piemonte	259	197 (5)	448 350 (5)
5	Lombardia	320	567	532 363
8	Veneto	209	289	281 046
2	Emilia	551	902	1 350 500
2	Liguria	5	22	22 587
5	Lazio, Marche, Umbria, Abruzzi	15	35	37 735
1	Sardegna, Sicilia	5	10 (1)	13 197
29	TOTALI	1364	2052 (28)	2 685 778 (28)

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

zioni meccaniche aziendali, per la mungitura, per la lavorazione del latte, per gli apparecchi di trasporto e di sollevamento, per la triturazione dei tutoli, per la pressatura dei foraggi, per frigoriferi per la conservazione del latte, vino, ecc., (Tabelle E, F, G, H, I, L). Si tratta però in tutte queste applicazioni di consumi assai modesti e di potenze richieste pure assai modeste.

In Italia l'allacciamento delle fattorie ha proceduto in questi ultimi anni con un ritmo assai veloce, avendo quasi sempre gli agricoltori consentito a contribuire in misura notevole alle spese degli impianti di alimentazione.

TABELLA I.

FRIGORIFERI PER USO DOMESTICO, CONSERVAZIONE LATTE, VINO, ECC.

(*Dati al* 1930)

N. Società	REGIONE	Impianti N.	Potenza installata kW	Energia erogata kWh
1	Piemonte	78	205	519 000
3	Lombardia	39	33	46 549
2	Veneto	15	26	43 000
1	Emilia	30	25	28 000
2	Liguria	45	20	20 000 (1)
2	Toscana	5	42	10 200
1	Lazio, Marche, Umbria, Abruzzi	3	5	4 500
1	Sardegna	2	—	3 540
13	TOTALI	217	372 (12)	674 789 (12)

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

TABELLA L.

APPLICAZIONI TERMICHE VARIE (SERRE, INCUBATRICI, CALDAIE PER MANGIMI, ESSICCATOI BOZZOLI, SCALDA ACQUA, ECC.).

(*Dati al* 1930)

N. Società	REGIONE	Impianti N.	Potenza installata kW	Energia erogata kWh
3	Piemonte	112	783 (2)	1 114 898 (2)
3	Lombardia	126	450	166 531
1	Veneto	18	27	25 000
1	Emilia	15	10	4 000
2	Liguria	4	17	8 673
1	Lazio, Marche, Umbria, Abruzzi	2	4	3 399
11	TOTALI	277	1291 (10)	1 322 501 (10)

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

Il consumo medio di ognuna delle fattorie considerate nella Tabella M seguente risulterebbe di 1657 kWh nel 1928 e di 563 kWh nel 1930: bisogna però tener presente che la tabella stessa comprende solo le fattorie che usano di energia anche per forza motrice. In realtà le fattorie e case coloniche che hanno a loro disposizione energia elettrica sono in numero enormemente superiore a quello indicato dalla tabella; nella pianura Padana, nel Veneto, in Toscana ed in altre zone si può dire che quasi tutte le fattorie e case coloniche sono allacciate ed hanno almeno l'illuminazione elettrica. Naturalmente il consumo unitario di quelle che non hanno applicazioni di forza motrice è assai più basso, e la media generale è certamente di gran lunga inferiore a quella risultante dalla tabella. Ciò deriva dal tenore assai modesto di vita del nostro agricoltore, e dall'abbondanza della mano d'opera agricola esistente nel nostro Paese, che fa sì che non sia largamente sentita la necessità e la convenienza di sostituire ai sistemi manuali i sistemi meccanici.

FATTORIE ELETTRIFICATE. TABELLA M.

N. Società	REGIONE	N. fattorie nel			Energia erogata in kWh nel		Consumi medi in kWh per fattoria nel	
		1928	1929	1930	1928	1930	1928	1930
7	Piemonte	226 (5)	272 (5)	928 (7)	540 728 (5)	685 524 (7)	2 393 (5)	738 (7)
8	Lombardia	1 620 (8)	1 928 (8)	3 713 (8)	2 381 203 (7)	1 644 403 (4)	1 470 (7)	1 332 (4)
7	Veneto	53 (2)	54 (2)	178 (7)	981 373 (2)	1 481 233 (6)	18 515 (2)	12 560 (6)
4	Emilia	996 (2)	1 085 (2)	2 472 (4)	840 808 (2)	950 611 (4)	844 (2)	384 (4)
3	Liguria	45 (1)	57 (1)	585 (2)	46 870 (1)	58 658 (2)	1 041 (1)	690 (2)
5	Toscana	10 (1)	9 023 (2)	10 247 (5)	7 000 (1)	2 624 818 (2)	700 (1)	274 (2)
8	Marche, Umbria, Lazio, Abruzzi, Molise	72 (2)	93 (2)	6 036 (8)	150 900 (2)	162 032 (4)	2 096 (2)	372 (4)
10	Campania, Puglie, Basilicata, Calabria	10 (2)	34 (2)	1 698 (11)	76 210 (2)	187 936 (11)	7 621 (2)	110 (11)
2	Sicilia, Sardegna	—	—	3 014 (2)	—	1 517 319 (2)	—	505 (2)
54	TOTALI E MEDIE GENERALI	3 032 (23)	12 546 (24)	28 871 (54)	5 025 092 (23)	9 302 534 (41)	1 657 (23)	563 (41)

NB. - Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

Il problema delle tariffe agricole.

Da quanto si è detto è facile dedurre che lo stabilire il compenso che l'agricoltore deve pagare a chi gli fornisce l'energia non è cosa semplice nè facile. Da un lato l'industriale ha l'assoluta necessità di coprire gli oneri finanziari inderogabili, le spese generali, le imposte, ecc.; dall'altro l'agricoltore ha i suoi limiti di convenienza che non può anch'egli oltrepassare.

L'energia elettrica non è un prodotto materiale, ma una *prestazione*, che non trova il suo simile in nessun altro commercio o servizio. Abbiamo già detto che essa deve impiegarsi nello stesso momento in cui viene prodotta, e che non può essere conservata, come si fa dei prodotti agricoli ed industriali. Fra le sue caratteristiche vi è la necessità di un *trasporto*; e poichè il suo costo di produzione alle centrali varia già sensibilmente da caso a caso, a maggior ragione esso varia quando lo si valuta al domicilio dell'utente, per giungere al quale ha dovuto seguire linee ad alta e media tensione di varia lunghezza, più o meno intensamente cariche e quindi più o meno sfruttate, ed ha dovuto subire perdite di trasformazione e di trasporto assai diverse da caso a caso, impegnando in diversa misura gli impianti ed il capitale in essi investito.

Ciononostante abbiamo già visto come, nel caso di distribuzione in centri urbani o rurali, dove gli utenti serviti sono migliaia od anche centinaia, si è potuto dalle Aziende fornitrici stabilire tariffe che tengono conto del costo medio dell'energia fornita ad ogni categoria di utenti. Così per l'illuminazione si sono adottate tariffe a consumo libero ed a prezzo unico o scalare, e tariffe con minimo di consumo nei centri rurali; per la forza motrice tariffe a garanzia di minimo consumo, o tariffe binomie con una quota fissa proporzionale alla potenza, ed un prezzo unico o scalare proporzionale al consumo. Tali tipi di tariffficazione sono usati universalmente, e non solo in Italia; anzi all'estero, dove la varietà delle tariffe è ben più grande che da noi, la tendenza generale è per l'abolizione, anche per la luce, della tariffa a consumo libero, e per l'adozione anche in tal caso, della tariffa a quota fissa, che è più rispondente ai bisogni delle Aziende fornitrici e vale maggiormente a spingere il consumo, specialmente per gli impieghi più poveri.

E qui giova ricordare che non solo gli impianti elettrici in ogni momento consumano interessi ed ammortamenti sul capitale investito, ma attraverso linee e trasformatori consumano in perdita una non trascurabile percentuale di energia, anche quando i consumi degli utenti siano nulli.

Nel caso delle forniture all'agricoltura, la questione è ancora più complicata, poichè al costo generico di produzione, trasporto, distribuzione e vendita dell'energia che si ha nei centri abitati, si aggiunge il costo di quelle porzioni di impianto che sono necessarie per l'alimentazione specifica dell'utente agricolo. A maggior ragione perciò il compenso dovuto dall'utente agricolo al fornitore d'energia deve comprendere una parte notevole fissa e garantita.

Non sempre la mentalità dell'agricoltore riesce a comprendere il perchè del minimo o della costante. Ragionando nel modo che gli è familiare quando compra i prodotti e le merci che gli occorrono o vende le sue derrate, egli non sa comprendere perchè talvolta deve pagare «una cosa che non ha consumato». Eppure egli non si meraviglia se, ad esempio, non può più utilizzare un biglietto ferroviario di ritorno scaduto, o l'ingresso di uno spettacolo teatrale la sera successiva a quella per la quale era stato rilasciato; e sopratutto gli sembra naturale che se oggi egli lascia in ozio per tre ore un operaio pagato a giornata non potrà poi pretendere di farlo lavorare domani «gratis» per altrettanto tempo. Ma egli ha fisso in testa che il kWh è una *merce* come il grano o le patate, ed ha l'impressione di essere ingiustamente danneggiato, e talvolta ingannato, quando deve pagare dei minimi che non ha interamente goduto.

Così egli dimentica che anche l'affitto e le tasse sono un onere inderogabile; egli può lasciare incolto il terreno e non ricavarne un centesimo, ma non può esimersi dal pagare le sue spese fisse: non sarebbe anche questa in tal caso una somma pagata a vuoto? E non paga i canoni consorziali per l'irrigazione e per gli scoli anche se non si serve dell'acqua o se in un'annata asciutta i canali di scolo restano inattivi?

Così pure egli non si meraviglia se il macellaio che compra i buoi a *peso vivo* pagandoli quattro lire al chilogrammo venda poi le bistecche a venti lire, la pelle a L. 5÷6 al kg, le unghie e le corna a pochi centesimi; ma è assai probabile che farà i più alti lagni se viene a sapere che un grosso stabilimento industriale delle vicinanze paga il kWh molto meno che non lo paghi lui, senza considerare che l'industriale consuma notevoli quantità d'energia utilizzando le potenze messe a sua disposizione per tutto l'anno e in modo costante, mentre il consumo d'energia dell'agricoltore è infinitamente più modesto, e l'utilizzazione è stagionale e frammentaria, capitando forse anche proprio nelle epoche nelle quali nei corsi d'acqua questa è più scarsa, come avviene ad esempio nella maggior parte dell'Italia Peninsulare.

Per gli usi agricoli, pei quali occorre, come abbiamo già detto, un impianto apposito, è assai difficile parlare di *tariffe per l'utente* poichè al prezzo di *tariffa all'origine*, che può essere anche in qualche caso soggetto a facilitazioni speciali (come ad esempio per i consumi estivi in quelle zone in cui in estate si ha abbondanza d'acqua e perciò di energia), bisogna sempre sia aggiunta la quota di prezzo derivante dall'onere dell'impianto

specifico, e questa abbiamo visto che può variare entro limiti assai estesi, per rispetto alla lunghezza delle linee speciali, alla potenza richiesta, all'utilizzazione garantita.

Anche per questo non mancano esempi analoghi in altri servizi e commerci. Le acque minerali non costano nulla alle sorgenti, ma le spese per la loro distribuzione sono così elevate che una bottiglia non si può avere che a prezzi abbastanza alti.

I costi della distribuzione sono poi, in tutti i casi, tanto maggiori quanto più piccola è la quantità distribuita.

Da qui la grande molteplicità dei prezzi praticati dalle Aziende agli agricoltori, prezzi che debbono anche tener conto di circostanze speciali, come ad esempio del fatto che sia o meno stato corrisposto dall'utente o dallo Stato un concorso alla spesa d'impianto.

Vi sono dei casi, e non son pochi, nei quali l'applicazione dell'energia elettrica non potrà mai essere conveniente, e nessuna tariffa possibile: sono i casi nei quali il costo degli impianti occorrenti è sproporzionato agli effetti, o dove l'utilizzazione oraria è troppo breve. Per questi non v'è altro che la rinuncia: ma spesso avverrà che anche questa verrà attribuita alla « esosità delle tariffe ». È facile dimostrare che vi sono dei casi nei quali anche regalando l'energia il suo impiego non sarebbe conveniente e neppur lontanamente possibile.

Le lagnanze contro la « complicazione » delle tariffe sono ormai divenute un luogo comune: ma ben pochi comprendono che quasi sempre la complicazione è la diretta conseguenza dei bisogni o delle pretese dell'agricoltore, o delle circostanze locali. Gli agricoltori, si dice, non le comprendono: ma vi sono molte cose che nè essi nè il resto del pubblico capiscono con precisione, e che pure non sono per questo meno giuste e meno accettate, come le tariffe ferroviarie, il meccanismo di certe imposte e simili. In questo momento tuttavia le Imprese cercano di semplificarle ed unificarle il più possibile.

Non è tuttavia da credere che, specialmente per questo genere di applicazioni, le tariffe estere siano meno complicate delle nostre. Agli Stati Uniti, oltre ad un contributo per l'impianto della linea e del trasformatore, si esige una quota fissa mensile per HP installato, un tanto per kWh, generalmente scalare a scaglioni di 1000 kWh ciascuno, con una garanzia complessiva annua di minimo. In qualche altro caso (fattorie) si applica un minimo proporzionale al numero o alla superficie degli ambienti, in base a quote unitarie diverse per ogni tipo d'ambiente (1). Per il consumo effettuato in più del minimo si pratica uno sconto. Tariffe anche più complicate sono in uso in Svizzera, dove talvolta si applica la costante mensile per kW, più un prezzo per kWh variabile nei diversi periodi della giornata; il tutto con un minimo garantito. Ma il colmo della complicazione si ha in Danimarca, dove il servizio agricolo viene pagato con un tanto fisso per kW, un tanto per kWh, una quota per ettaro ed una quota per quintale di prodotto !

Il punto sul quale si impernia la questione è quello più volte accennato, della piccola importanza del costo dell'energia in confronto agli investimenti di capitale negli impianti. Quest'ultimo è il maggiore scoglio. L'agricoltore, che pur si adatta ad andare lui stesso a provvedere quanto gli occorre sui mercati, nelle città, alle stazioni ferroviarie, vorrebbe che l'energia gli fosse resa al suo fondo come avviene in città per gli impianti domestici. E non sa che in qualche caso l'investimento occorrente può essere dello stesso ordine del costo del suo fondo.

È qui opportuno rilevare come un altro scoglio sia costituito dalla saltuarietà dell'impiego dell'energia in agricoltura e dalla bassa utilizzazione oraria. Questo inconveniente potrebbe essere mitigato per opera degli stessi agricoltori quando si accordassero per disciplinare l'impiego stesso in modo da renderlo più uniforme. Ciò potrebbe essere fatto dai Consorzi e porterebbe certamente ad una riduzione automatica sul costo dell'energia, conseguente alla migliore utilizzazione. Ma accordi simili non sono purtroppo facilmente raggiungibili poichè ogni agricoltore vuol rimanere indipendente.

Il problema dei contributi.

Da quanto abbiamo visto si deduce che nella maggior parte dei casi l'agricoltore da solo non potrebbe anticipare le somme occorrenti agli impianti delle linee e delle cabine destinate a formare un complemento patrimoniale del suo proprio fondo.

Restano allora aperte all'agricoltore tre vie: o farsi prestare la somma occorrente da Istituti di credito agrario, fruendo dei tassi di favore disposti dal Decreto 20 maggio 1926; o chiedere il sussidio statale sia per le linee che per le cabine, e magari anche per la sistemazione del fondo (Decreto 29 luglio 1925, Legge sulla Bonifica Integrale); o infine chiedere il concorso dell'Impresa elettrica nella costruzione degli impianti destinati al suo caso.

Il primo espediente è il meno impiegato, nè può da solo risolvere anche soltanto una piccola parte del problema.

Le sovvenzioni statali, di varie specie, portano seco la necessità di lunghe pratiche, che talvolta hanno sconsigliato gli interessati dal servirsene. Nel loro complesso sono anche poco note alla maggioranza degli agricoltori. Ma purtroppo esse come sono attualmente congegnate e nella misura in cui sono attualmente contenute, pur rappresentando un onere non indifferente per il bilancio statale, non hanno in pratica un effetto molto sensibile.

Secondo un diligente resoconto del Gr. Uff. Carlo Petrocchi (*Giornale di Agricoltura*, dicembre 1930) i sussidi finora assegnati agli impianti elettroagricoli, comprese le linee, nel presente esercizio ed i fondi assegnati per le sovvenzioni previsti dal Decreto del 1919, raggiunsero L. 800 000, esauriti fin dal 30 settembre 1930, principalmente per la rateazione dei sussidi concessi negli anni precedenti, e in piccola parte per quelli concessi nell'anno testè spirato: e in tale somma sono comprese anche le L. 300 000 concesse in base alla Legge 24 dicembre 1928 (bonifica integrale).

In base a quest'ultima, tale sussidio supplementare salirà a L. 500 000 per l'esercizio 1931-32, a L. 1 000 000 pel 1932-33, a L. 1 500 000 per gli esercizi seguenti fino al 1958-59: le sovvenzioni sono trentennali.

Un semplice calcolo persuade subito del poco effetto di simili sovvenzioni. Esse non possono oggi essere scontate che con difficoltà ed a tasso gravoso (7,50%), cosicchè il ricavo in pratica raggiunge l'importo di sole dieci annualità. Nel futuro esercizio l'aumento di L. 200 000 di sovvenzione corrisponde perciò, capitalizzato, a circa due milioni; e poichè la sovvenzione non può eccedere il 40% del costo totale degli impianti, essa corrisponde a *cinque milioni* di capitale investito totale. Nei due esercizi seguenti si avrà disponibile un altro mezzo milione, in tutto pei tre primi esercizi *trenta milioni*, dei quali *dodici* forniti dalle sovvenzioni statali. Poi tutto lo stanziamento sarà coperto fino al 1959.

Se si considera che i calcoli più modesti fanno salire la spesa totale per l'elettrificazione *completa* delle campagne a L. 25 000 per kmq ciò vuol dire che l'incoraggiamento statale potrebbe *al massimo* condurre alla completa elettrificazione di soli 1200 kmq pari a 120 000 ettari: calcolando in 12 milioni di ettari la superficie totale coltivata del Regno, ciò corrisponderebbe ad *elettrificare un ettaro ogni cento coltivati*.

Questi dati confrontati con quelli della Francia, mostrano in che differenti proporzioni la nostra vicina sussidi l'elettrificazione agricola. Senza contare i prestiti di favore (al massimo 3% rimborsabili in non meno di 25 anni) concessi agli agricoltori, prestiti che da soli sono ormai dell'ordine dei miliardi, nel 1929 si erano già dati sussidi destinati ad aiutare la costruzione di linee rurali per 800 milioni di franchi.

(1) N.E.L.A. - Rapporti N. 033 e N. 026 del 1929 già citati.

Venendo al concorso delle Imprese elettriche, anch'esso non può essere illimitato, per ragioni evidenti. L'industria elettrica, per sua natura, ha bisogno continuo di nuovi capitali per soddisfare alle crescenti richieste dell'industria e delle reti a carattere urbano, e non può sempre anticipare denaro per impianti a carattere individuale come sono quelli della clientela agricola. Essa inoltre deve pagare il denaro a prezzo assai più elevato di quello che possano ottenere gli agricoltori. Ciononostante moltissime linee, specialmente in servizio di gruppi di utenti, e le relative cabine furono impiantate a spese delle Aziende elettriche con un semplice contributo da parte degli utenti. Ciò avvenne dove, essendo maggiore l'utilizzazione oraria, l'Impresa elettrica trovò la possibilità di rimunerare il capitale investito con una parte delle somme pagate dall'utente per il consumo. In generale si è adottato da noi il criterio americano: agli Stati Uniti, come in molti casi italiani, l'Impresa elettrica anticipa per l'impianto una somma corrispondente a due o due e mezzo annualità di incasso, il resto rimanendo a carico dell'utente.

Ma anche cumulando le tre fonti di aiuto finanziario spesso avviene che non si raggiunga la somma occorrente. E allora non v'è altro rimedio che la rinuncia.

D'altronde le distribuzioni di energia elettrica negli abitati hanno impiegato cinquant'anni a svilupparsi, e le reti sono sorte dapprima nei grandi centri, poi nei minori, infine nei villaggi più modesti man mano che si concretavano le loro ragioni di esistenza: si può dire che esse si accrescevano per propagine, allungando lentamente i loro tentacoli man mano che si manifestavano le domande. E trattavasi di un genere di applicazioni di ben più sicuro successo. Le applicazioni elettroagricole subiranno certamente lo stesso processo d'evoluzione: e ciò che in pochi anni già si è potuto fare, dà affidamento che il problema possa venire risolto, almeno per ciò che sta nei limiti delle pratiche possibilità, in un tempo non lontano.

Si insiste da molti sulla necessità della *propaganda* e di una *riduzione delle tariffe*. Per ciò che riguarda la propaganda, essa potrà certo avere un effetto se applicata dove e quando il bisogno già comincia a manifestarsi, non in modo generale. Un ottimo organo di propaganda, che dove entrò in azione diede eccellenti risultati, è costituito dalle benemerite Cattedre Ambulanti di Agricoltura. Anche i Consorzi agrari potrebbero certamente portare un buon contributo. Si tratta di convincere una classe di persone che sa ben calcolare il pro ed il contro di ogni proposta, e che è oltremodo sospettosa quando si tratta di anticipar denari. In pratica abbiamo visto svilupparsi gli impianti di sollevamento d'acqua quasi da sè, ma essi sono sorti solo dove la loro convenienza era già di per sè evidente.

E qui è il caso di osservare che vi è bensì una propaganda che ha un effetto assai sensibile, ed è quella che demagogicamente si va agitando contro le Imprese elettriche per far credere agli agricoltori che le tariffe di vendita dell'energia sono troppo alte, le condizioni contrattuali gravose, ecc. ecc. Dato il carattere sospettoso degli agricoltori questa propaganda incessante ha contribuito a renderli titubanti, ed ha effettivamente rallentato l'incremento delle applicazioni agricole.

Abbiamo già dimostrato la modestissima influenza del prezzo dell'energia sul complesso problema. Ripetiamo che la difficoltà da superare non sta qui, ma nell'alto costo degli impianti e nel loro finanziamento.

Le conclusioni che si ricavano da queste considerazioni sono evidenti. Non è che manchino la propaganda, le accademie elettroagricole, gli incoraggiamenti, perchè non poco si è già fatto senza bisogno di stimoli e coi mezzi attuali; non bastano le parole nè a nulla servirebbe qualunque sacrificio dello Stato e delle Imprese elettriche a rendere possibili le applicazioni dove esse sono proibitive o dove, mancando i mezzi o lo spirito associativo o l'iniziativa individuale, esse sono finanziariamente irraggiungibili; non si può sperare in alcun sensibile effetto dalle attuali sovvenzioni governative, già assorbite per il prossimo trentennio dai primi trenta milioni d'investimento, ormai sorpassati, mentre per giungere al risultato generale che si va predicando, occorrerebbe qualche miliardo; non è che l'energia sia troppo cara, poichè essa rappresenta la minor parte della spesa totale, nel formare la quale prevalgono il servizio dei capitali impiegati, la mano d'opera, e le altre spese d'esercizio.

Non v'è che da ripetere: dovunque concorrono circostanze favorevoli l'elettrificazione rurale nasce da sè.

Conclusioni.

Da quanto si è detto si possono trarre diverse importanti conclusioni.

Prima fra tutte, un richiamo alla realtà delle cifre. Le applicazioni elettrorurali non sono adottabili ovunque. Esse costano assai più per l'impianto che per l'esercizio, e prima di adottarle l'agricoltore deve ben fare i suoi conti e vedere fin dove l'immobilizzo del suo denaro rappresenti un vero beneficio pel suo fondo. Qualcuno è arrivato a scrivere, non conoscendo bene il complesso problema, che l'elettrificazione delle campagne in Italia è una questione di vita o di morte per la nostra agricoltura: essa è, più semplicemente, una questione di convenienza che va studiata caso per caso, a scanso di dolorose disillusioni.

Se in molti casi l'elettro-agricoltura non è possibile, ciò non avviene per l'elevato prezzo dell'energia, che entra sempre per poco, talora per meno del decimo, nella spesa totale di esercizio, ma per un complesso di circostanze economiche che rende proibitivo l'impianto.

Le Imprese elettriche non possono assumersi oneri finanziari quali occorrerebbero per risolvere il problema dell'elettrificazione rurale. Gli agricoltori interessati potrebbero impiegare parte dei loro risparmi nel finanziamento di Cooperative o Consorzi agricoli specialmente dedicati alla creazione di reti rurali ed all'acquisto di macchinari, come ormai avviene presso altre Nazioni.

Si è affermato che in Italia le applicazioni rurali dell'energia elettrica sono per importanza inferiori a quelle raggiunte in altri Paesi. Ciò è inesatto. Per ciò che riguarda le bonifiche e le irrigazioni nessun Paese può vantare applicazioni più intense delle nostre: per l'aratura e le lavorazioni pesanti, ancora ovunque allo stadio di esperimento, si è fatto non meno della Francia e della Germania, sebbene le circostanze speciali dei terreni e delle coltivazioni e l'appoderamento più frazionato rendano queste applicazioni più difficili a praticarsi da noi che non altrove.

Quanto alle applicazioni di aia, di fattoria e di cascina molto si è già fatto. Le cifre date dalla Germania per le *fattorie elettrificate* comprendono evidentemente tutte le case coloniche allacciate anche se si servono dell'energia soltanto per illuminazione. A questa stregua anche in Italia il numero di fattorie allacciate è grandissimo, e in certe zone dell'Alta Italia e della Centrale quasi totalitario.

Se quindi nelle fattorie non si impiega l'energia anche per altri scopi, ciò non dipende da mancanza di disponibilità di questa, ma da altre cause: poca simpatia per le novità da parte dei coloni, propaganda negativa di chi predica contro le Imprese elettriche, poca disponibilità di capitale o renitenza ad investirlo, abbondanza di mano d'opera disponibile, speranza di nuovi chimerici aiuti dello Stato, ecc. ecc.

In conclusione finora dove concorsero circostanze atte a permettere l'elettrificazione rurale con convenienza per ambo le parti, Imprese ed agricoltori, essa è stata attuata. Le Imprese non cercano di meglio che vendere energia dovunque se ne manifesti la domanda: il lavoro fatto in trent'anni dall'industria elettrica lo dimostra. Ma la parte più grave del problema non può essere risolta solo da loro.

Infine, la questione della generalizzazione delle applicazioni rurali dell'elettricità non può risolversi con piani regolatori. Ogni singolo caso va esaminato a sè, nè è possibile stabilire regole o tariffe generali costanti. Il farlo riescirebbe più nocivo che utile, ed in pratica finirebbe col creare soltanto ostacoli.

Relazione della Commissione di studio del problema della diffusione dell'energia elettrica nelle campagne

1° – Compiti della commissione – Elementi a disposizione di essa.

Nella seduta del Comitato del 31 ottobre 1930, vennero nominate due Commissioni di studio per il problema della diffusione dell'energia elettrica nelle campagne.

Di esse la prima ebbe l'incarico di svolgere i seguenti compiti:

1°) raccolta e coordinamento dei dati sulle utilizzazioni elettroagricole nelle varie regioni d'Italia,

2°) esame delle condizioni in cui l'elettroagricoltura si svolge nelle singole regioni, delle facilitazioni ad essa concesse, dei risultati ottenuti; formulazione di proposte atte a promuovere una maggiore diffusione dell'uso dell'energia elettrica a scopi agricoli,

3°) raccolta e coordinamento dei dati sulle applicazioni dei motori termici all'agricoltura.

La Commissione ha rilevato anzitutto che, date le condizioni in cui si svolge oggi l'elettroagricoltura nel nostro Paese, il terzo dei compiti in precedenza elencati riveste pel suo carattere particolare minore urgenza rispetto agli altri due, ed ha pertanto deciso di limitare in un primo tempo a questi il proprio esame.

Per quanto riguarda la raccolta e il coordinamento dei dati sulle applicazioni elettroagricole in Italia, la Commissione ha tenuto presente anzitutto la prima inchiesta statistica dell'UNFIEL in tale campo, e le memorie pubblicate successivamente sullo stesso argomento sia ad opera dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, particolarmente nei Rendiconti della riunione annuale di Pescara della Associazione stessa (settembre 1929), sia da parte del periodico *L'Energia Elettrica*, sia infine da altre riviste tecniche.

Un sommario coordinamento di tutti questi dati era stato fatto ad opera della Segreteria del Comitato, in un riassunto presentato nella seduta del 30 ottobre 1930, in cui da parte del Comitato stesso ebbe inizio la trattazione dei problemi sulla elettroagricoltura.

A questi dati si sono aggiunti in seguito quelli contenuti nel rapporto sulle applicazioni dell'energia elettrica all'agricoltura in Italia, presentato alla seconda Conferenza Mondiale dell'Energia, ed infine quelli riportati nella memoria a stampa sull'elettrificazione agricola in Italia, che è stata presentata dalla UNFIEL al Comitato e distribuita ai membri poco prima della compilazione della presente relazione. Tali elementi costituiscono l'aggiornamento e il completamento di quelli rilevati a suo tempo nella prima inchiesta eseguita da parte della UNFIEL stessa di cui è già stata fatta parola.

Altri elementi a disposizione sono quelli della Confederazione Generale degli Agricoltori; ma pure non provenendo dalle stesse fonti di quelli della UNFIEL, nulla aggiungono a questi nei riguardi del compito della Commissione, cosicchè i dati dell'UNFIEL si possono considerare come al completo per l'argomento in esame, pure presentando essi stessi qualche lacuna che è doveroso far rilevare. Fra l'altro non sono comprese in essi molte utenze come mulini a grano, oleifici, essiccatori di bozzoli, etc., che sovente figurano nei registri delle Società quali utenze industriali, anzichè come utenze di carattere strettamente agricolo.

Inoltre, almeno per qualche Gruppo di Imprese (Adriatica per es.) non sono considerate le utenze al disotto dei 10 HP che pure sono numerose nella regione: così pure molti piccoli motori per l'alimentazione delle pompe di sollevamento d'acqua risultano invece compresi fra le utilizzazioni domestiche.

Ciononostante i dati offerti dalla memoria dell'UNFIEL, malgrado le lacune accennate, permettono di esaminare il problema nelle sue linee generali con sufficiente esattezza.

La trattazione del secondo punto affidato allo studio della Commissione è stata eseguita pertanto principalmente in base ai dati forniti dalla detta relazione che si intende qui allegata oltre che sugli elementi risultanti dalle altre fonti per quello che non era contenuto nella relazione stessa. La Commissione ha inoltre tenuto presenti (e si allegano qui ugualmente) alcuni appunti sulla situazione della distribuzione dell'energia elettrica per l'agricoltura in Italia e sui mezzi per agevolarne la diffusione, presentati dalla Confederazione Fascista degli Agricoltori, una circolare dell'UNFIEL alle sue Aziende associate sullo stesso argomento, nonchè alcuni reclami di utenti comunicati da S. E. il Ministro dell'Agricoltura e delle Foreste.

2° – Stato attuale dell'elettroagricoltura in Italia – Possibilità di sviluppo futuro.

È bene chiarire subito che cosa debba intendersi per problema delle applicazioni dell'elettricità alla agricoltura, e, come pure si dice, dell'elettrificazione rurale, termine questo che frequentemente è adoperato con significato diverso da noi e all'estero.

Parlando di elettrificazione di una fattoria, si intende a volta il semplice allacciamento alla rete di distribuzione esclusivamente per scopi di illuminazione: ciò avviene sovente all'estero, ad esempio in Francia, dove oggi ancora il 30% dei comuni rurali non gode i benefici della luce elettrica. Da noi, viceversa, questa fase è quasi completamente superata e l'elettrificazione rurale è già entrata in una fase ulteriore più complessa, quella delle vere e proprie applicazioni dell'energia elettrica alle varie lavorazioni agricole del terreno o dei suoi prodotti. Anzi in tale senso sono già state elettrificate da noi larghissimamente, se non nella totalità, tutta una serie di applicazioni direttamente connesse coll'economia agraria (piccoli molini di cereali a palmenti, frantoi per olive, etc.) anche se esse sovente non figurano nella statistica in quanto, da parte delle nostre Aziende elettriche, sono state considerate piuttosto come industrie che come applicazioni agricole.

Conviene pertanto intendere nel secondo senso il problema dell'elettrificazione rurale, rispetto alle applicazioni dell'energia elettrica alle lavorazioni agricole; e con tale criterio sono effettuate le nostre statistiche che perciò non sono confrontabili con quelle di altre nazioni, a parte anche il fatto, rilevato prima, che le nostre, iniziate relativamente da poco tempo, non hanno ancora raggiunto quello stato di inquadramento che permette di avere dati uniformi e comparabili.

Chiarito così il senso in cui deve essere inteso il problema di cui si occupa la Commissione, sulle basi dei dati raccolti si passa a dare uno sguardo alla situazione attuale delle applicazioni elettriche dell'agricoltura in Italia.

Nei riguardi della loro entità, le applicazioni agricole più diffuse in Italia sono quelle che riguardano le bonifiche e le irrigazioni: in misura minore, ed in senso decrescente, la trebbiatura e sgranatura, l'elettroaratura, la trinciatura e pressatura della paglia e dei foraggi, la lavorazione del latte, etc.

Le potenze installate ed i consumi annui per i rispettivi usi risultano approssimativamente, riferite al 1930:

USI	Potenza installata kW	Consumi kWh
Irrigazione	55.000	33.000.000
Bonifiche	35.000	23.000.000
Trebbiatura, ecc.	16.000	4.000.000
Aratura	1.000	1.500.000
Usi vari	16.000	9.000.000

Se si considerano i dati relativi alle varie regioni d'Italia, si riscontra la massima diffusione dell'elettroirrigazione nel Piemonte, nella Lombardia, nell'Emilia, nella Campania e nelle Puglie; seguono il Veneto, la Liguria, la Toscana, la Sicilia ed infine le altre regioni.

Per gli impianti di bonifica invece, le potenze installate ed i consumi corrispondenti sono specialmente importanti nel Veneto; seguono l'Emilia ed a distanza le altre regioni.

Per gli impianti di trebbiatura e sgranatura, la diffusione maggiore si riscontra nell'Italia Settentrionale e particolarmente nel Piemonte: lo stesso si rileva anche per l'aratura e per le altre applicazioni di minore importanza.

I dati numerici riportati, e quelli che più diffusamente si rilevano dalla memoria dell'UNFIEL, se danno un'idea abbastanza precisa dell'entità assoluta della potenza installata e dei consumi di energia nelle varie applicazioni, non mettono in luce sufficiente il loro valore relativo e cioè non dicono, nè fanno intravedere, quanto ancora si può fare nel campo delle singole applicazioni.

È perciò conveniente esaminarle singolarmente.

a) *Bonifiche.*

Dagli elementi contenuti nel rapporto già menzionato presentato alla seconda Conferenza Mondiale dell'Energia, si rileva, in aggiunta ai dati riportati in precedenza, che l'estensione del territorio soggetto a bonifica di prima categoria raggiunge nel Regno 2 385 000 ettari dei quali 1 227 000 sono già idraulicamente bonificati e circa i rimanenti risultano già approvati i progetti tecnici per altri 568 000 ettari.

I 35 000 kW di motori elettrici installati per le bonifiche sono ripartiti sulla superficie di 470 000 ettari. Il territorio rimanente consiste in bacini per la massima parte dei quali si è ottenuta la bonificazione per scolo naturale e nei quali havvi, per eventuale esaurimento qualche rara macchina termica.

La potenza media necessaria al funzionamento delle idrovore risulta compresa fra 0,07 e 0,10 HP per ettaro. La durata di funzionamento che nel 1930 è stata di 650 ore annue, non sorpassa quasi mai le 800 ore annue e sovente è sensibilmente minore di 400. In certi casi di grandi bonifiche prevalentemente a scolo naturale, nelle quali è necessario il funzionamento delle idrovore solo quando il livello dell'acqua nel canale di scolo sorpassa un certo limite, la durata del funzionamento può anche essere inferiore alle 200 ore. Il consumo di energia varia infine da 30 a 60 kWh per ettaro con una media generale di circa 40 kWh per ettaro.

Dati questi elementi di fatto orma rigorosamente acquisiti e per i quali l'Azienda elettrica deve tenere impegnato in media un HP di impianto (centrale di produzione, linea di trasporto e cabina di trasformazione) per ogni 10 ettari di territorio da bonificare e per la accennata utilizzazione oscillante tra 200 e 800 ore annue, il problema economico della elettrificazione delle bonifiche avrebbe dovuto essere assolutamente insolubile, poichè per quanto basso si voglia porre il costo di un HP di impianto, il prezzo del cavallo ora sarebbe riuscito proibitivo per l'agricoltura.

Viceversa si è trovato l'accordo fra la convenienza economica dello Stato, del Consorzio di Bonif. e dell'Azienda elettrica attraverso una serie di compromessi che si riassumono brevemente:

1°) le 800 ore massime di funzionamento dell'idrovora si sono scaglionate durante le ore notturne, quando cioè la rete generale di distribuzione presenta il minimo carico;

2°) si è permesso l'uso dell'energia durante le ore diurne quando la rete generale permetteva il sovraccarico; si è tuttavia escluso in modo assoluto il funzionamento durante le ore di punta per l'illuminazione;

3°) si è richiesta in ogni impianto idrovoro una adeguata riserva termica destinata al funzionamento notturno in caso di eventuali guasti nelle linee o nel macchinario elettrico, ma anche al funzionamento diurno, qualora la rete generale sia anche sovraccarica;

4°) si è addivenuti e si addiviene praticamente alla elettrificazione delle bonifiche per gradi, cosicchè la potenza impegnata dalla bonifica diventa una modesta percentuale della generale potenza dell'impianto elettrico e può essere considerata come un sovraccarico temporaneo che impegna per breve tempo le riserve della rete generale;

5°) lo Stato e la Provincia interessata sono intervenuti a favore della bonifica con sovvenzioni a fondo perduto che hanno raggiunto circa l'80% del costo dell'impianto elettrico e termico delle idrovore.

In tal modo ognuno degli enti impegnati finanziariamente ha potuto risentire sensibili benefici: il bonificatore per la tenue quota di spesa per energia elettrica (10÷20 lire annue per ettaro, sulla base media di cent. 20÷30 al kWh per l'energia notturna); lo Stato, per il plus-valore dei terreni bonificati e per l'aumento del gettito delle tasse; l'Azienda elettrica per l'utilizzazione dell'energia notturna di minor valore commerciale e per il maggior benessere generale raggiunto dalle regioni bonificate, che ha aumentato naturalmente il consumo di energia elettrica per altri usi a prezzo più redditizio (illuminazione, piccola e media industria, molini, etc.).

Si può così ritenere che l'elettrificazione della bonifica idraulica abbia raggiunto in genere una conveniente sistemazione sia nei territori già bonificati, sia in quelli dove la bonifica è in corso od in progetto, e ciò pei menzionati adattamenti e compromessi nel vantaggio dei singoli e dell'intera Nazione.

Su questi la Commissione si è soffermata in modo particolare perchè essa ritiene che le modalità con le quali si è avuta la soluzione del problema dell'elettrificazione delle bonifiche idrauliche, possano adottarsi, come si vedrà meglio in seguito, anche per le altre applicazioni dell'elettricità all'agricoltura.

Un'ultima considerazione che conviene fare sulle bonifiche, anche perchè essa può essere in parte riportata alle altre applicazioni elettroagricole, è quella riguardante l'impiego dei motori termici.

Nelle condizioni attuali, il funzionamento termico delle idrovore può risultare in qualche caso più economico di quello elettrico. Tuttavia questo continua ad avere la prominenza assoluta, malgrado l'aggravio che può derivare dalla necessità di una riserva termica, in quanto evita, all'agricoltura ed alla Nazione, l'alea dell'eventuale aumento dei prezzi dei combustibili e quella, ancora più grave, dell'eventuale loro mancanza, cosicchè tale aggravio può essere considerato come un'assicurazione contro le alee sopraindicate.

b) *Irrigazione.*

Il sollevamento di acque per irrigazione, come numero di impianti allacciati, come potenza impegnata e come energia consumata (N. 15 700; kW 55 000; kWh 33 milioni circa nel 1930; durata annua di utilizzazione circa 600 ore) appare, in valore assoluto, l'applicazione elettroagricola più importante in Italia, e gli incrementi che si sono verificati negli ultimi anni sono veramente confortanti.

L'elevato valore dei prodotti agricoli prima della crisi attuale, l'aumento di valore e di produzione del fondo irrigato rispetto a quello non irriguo, i notevoli sussidi governativi per gli impianti, la buona volontà degli agricoltori ed infine il favore con cui in genere le Aziende elettriche hanno visto questo nuovo sbocco del consumo di energia elettrica, hanno determinato il rapido e notevole sviluppo di questa applicazione.

Si ritiene qui opportuno porre in rilievo alcune caratteristiche fondamentali che possono illuminare circa le previsioni per gli incrementi futuri.

L'irrigazione per scorrimento e per imbibizione richiede all'incirca m³ 4000 ÷ 5000 per le culture foraggere, 6000 ÷ 8000 per quelle sarchiate, 8000 ÷ 10000 per quelle orticole; per l'irrigazione a pioggia, che presenta grandi vantaggi sopratutto per la possibilità di utilizzazione di portate minime, le quantità predette si riducono notevolmente.

La prevalenza totale oscilla, a seconda dei sistemi, fra 10÷20 metri e 60 ÷ 70 metri, i valori minimi valendo per l'irrigazione a scorrimento con acque quasi superficiali, ed i valori massimi per la polverizzazione a turbine con estrazione d'acqua dai pozzi sino a 20 metri di profondità. Valori ancora maggiori potrebbero aversi per sollevamenti da profondità notevoli ad irrigazione a pioggia.

In conseguenza della prevalenza molto variabile da caso a caso, il consumo dell'energia nella stagione irrigatoria da giugno a settembre può variare moltissimo da impianto a impianto (da 100 a 500 kWh per ettaro) e raggiungere a volta, in particolare, valori economicamente proibitivi per molte culture.

Per suo conto, la durata annua di utilizzazione generalmente limitata, può contribuire anch'essa ad accrescere le spese annue. Infine le caratteristiche dei pozzi possono elevare molto i costi di installazione.

Tutto ciò deve tenersi bene presente nella valutazione delle future possibilità di sviluppo dell'elettroirrigazione e dei provvedimenti da prendere per promuoverne l'incremento.

Se si considerano anzitutto le zone più acclivi, salvo casi eccezionali, l'irrigazione può essere fatta per scorrimento naturale.

Nelle zone pianeggianti invece può essere necessario sollevare l'acqua per l'irrigazione da fiumi, canali e rogge, qualora non si abbia disponibilità di derivazioni a gravità. In questi casi la prevalenza è in genere ancora piccola e l'acqua quasi sempre vicina al fondo da irrigare; senza voler entrare in dettagli di costo, l'impianto si presenta evidentemente ancora in condizioni economiche di convenienza.

I sussidi attualmente concessi per legge alle opere di irrigazione ed agli impianti elettrici relativi, sarebbero, nella più gran parte dei casi, sufficienti a determinare il punto di incontro della convenienza fra Azienda elettrica e Azienda agraria, e le installazioni potrebbero continuare nel loro cammino ascensionale.

Le cose invece sono diverse nelle zone di pianura degradanti al mare o prossime agli ultimi tronchi di grandi corsi d'acqua, ed in genere in tutte quelle zone ove occorre impiegare le acque delle falde freatiche captate a mezzo di pozzi e sollevate meccanicamente. È questa la parte che merita la più attenta considerazione.

Numerosi ed importanti impianti di sollevamento del genere si hanno in Piemonte, nel Basso Veronese, nella pianura Padana a destra del Po, nella Marca Trevigiana, nella Campania e nelle Puglie, impianti prevalentemente destinati alle culture orticole e ad eventuali irrigazioni di soccorso per culture sarchiate e foraggere. Gli impianti di questi tipi interessano particolarmente l'Italia Centrale e Meridionale, ove, dall'irrigazione di una estensione pur limitata del fondo, può attendersi un sensibile miglioramento della economia agricola.

In tutti questi casi la variabilità delle prevalenze da vincere delle portate, spesso minime ed aleatorie, ricavabili dai pozzi, la distanza di questi dalle reti di distribuzione, rendono diversissimi da caso a caso e spesso molto onerosi i costi di impianto e di esercizio.

È necessario di conseguenza commisurare gli impianti alle caratteristiche delle rispettive produzioni agricole, dato che impianti economicamente convenienti per colture ricche (fiori nella Liguria, agrumeti in Sicilia, orti nella Campania, etc.) potranno in altri casi riuscire invece insostenibili e causare non lievi disillusioni.

Occorre quindi procedere con estrema prudenza per impedire che possano venire eseguiti unicamente, perchè sussidiati dallo Stato, impianti economicamente non convenienti all'interesse generale. Eccedere, in questo caso, nelle percentuali dei sussidi sia nell'impianto che nell'esercizio potrebbe determinare appunto una corsa ad impianti eccessivamente costosi ed onerosi per lo Stato e per l'agricoltore, mentre le stesse somme possono essere più opportunamente distribuite così da estendere il beneficio dell'irrigazione a territori più vasti con maggior vantaggio per l'economia generale.

È necessario per contro che lo Stato metta effettivamente a disposizione degli agricoltori i mezzi anche se limitati che può fornire, semplificando la procedura per ottenerli e rendendo sopratutto più rapida la loro assegnazione.

D'altra parte, se la limitazione delle sovvenzioni ad una percentuale relativamente limitata, può far sì che in un primo tempo vengano costruiti solo gli impianti più convenienti, lo Stato stesso potrà rivedere ed aumentare l'entità delle sovvenzioni di mano in mano che ciò potrà sembrare opportuno in base ai risultati ottenuti.

c) *Aratura.*

Poche parole circa questa applicazione sulla quale da tempo sono state fondate tante speranze.

La potenza impegnata ed il consumo di energia sono veramente lievissimi, dell'ordine di 1000 kW con circa 1 500 000 kWh nel 1930.

Il problema dell'applicazione dell'energia elettrica ai lavori culturali del terreno in sostituzione della energia termica o animale, ha interessato da molti anni tecnici ed agricoltori italiani, determinando importanti esperimenti che hanno avuto carattere di vera e propria applicazione pratica.

Il vantaggio dell'aratura elettrica, che permette di provvedere alle lavorazioni profonde sino ad un metro, il lieve consumo di energia per ettaro che va da 40 ÷ 80 fino a 150 kWh per ettaro, a seconda della tenacità del terreno e della profondità del lavoro, la preesistenza di cabine di trasformazione e di linee sul fondo come nelle bonifiche, le facilitazioni offerte in molti casi dalle Aziende per le tariffe dell'energia, le sovvenzioni governative, etc., avrebbero lasciato sperare una più larga diffusione del sistema.

Però sono stati di ostacolo, caso per caso, i tipi di colture promiscue con filari di gelsi e viti, i frequenti fossati, i dislivelli nei terreni coltivati e sopratutto il sistema diffuso di appoderamento in unità colturali non estese.

Ma la concorrenza più forte alla diffusione dell'elettroaratura è stata data dal trattore a petrolio, sia per l'economia di spesa del primo impianto e di esercizio al prezzo attuale del combustibile, sia sopratutto per la elasticità del suo funzionamento in spazi ristretti e per la facilità di manovra anche in terreni ondulati.

Tuttavia, malgrado le difficoltà attualmente molto gravi alla generalizzazione del sistema, forse l'ultima parola non è stata ancora detta, sia per le possibilità di miglioramenti della tecnica, sia per un fatto economico che non possiamo trascurare.

L'argomento presenta aspetto di notevole rilievo: basti segnalare come, nel 1930, sono stati importati q 864 900 di petrolio agricolo per un valore di circa 67 milioni, e 2190 trattrici estere per un importo di circa 66 milioni di lire.

La Commissione quindi esprime il voto che mediante i possibili miglioramenti nella costruzione degli apparecchi di aratura elettrica, l'uso di questa possa maggiormente diffondersi nei casi di più specifica opportunità.

d) *Trebbiatura ed altre lavorazioni sull'aia – Piccole industrie connesse con l'agricoltura.*

Il numero di tali installazioni in Italia non è trascurabile; la potenza impegnata è di 16 000 kW circa ed il consumo per l'anno 1930 fu di 4 290 000 kWh; la durata annua di utilizzazione degli impianti raggiunge appena le 270 ore.

Il frumento trebbiato annualmente è poco più di due milioni e mezzo di quintali, ciò che rappresenta poco più del 4% della totale produzione italiana. Molto ancora si potrebbe quindi fare in questo campo e giustamente si osserva come gli ostacoli principali ad una maggiore generalizzazione del sistema siano la concorrenza delle vecchie locomobili ormai completamente ammortizzate e la potenza eccessiva richiesta dalle trebbiatrici normalmente usate. Con l'adozione di tipi di trebbiatrici appositamente studiati e di potenza particolarmente ridotta (in Francia è molto comune un tipo di trebbiatrice da 6÷8 cavalli) basterebbe, in gran parte delle fattorie provviste semplicemente di impianto di illuminazione elettrica, la tesatura di un terzo conduttore a bassa tensione ed eventualmente l'aumento della sezione dei due esistenti, per alimentare, oltre la trebbiatrice elettrica, le attrezzature per altre lavorazioni di analoga potenza.

Benchè non si possono prevedere incrementi di consumo molto notevoli, poichè, anche se si riuscisse a trebbiare elettricamente metà del frumento prodotto in Italia (e tale percentuale è già elevata), il consumo totale di energia per questa applicazione non sorpasserebbe i 50 milioni di kWh annui con la bassa utilizzazione che è già stata indicata; pur tuttavia, data la indubbia convenienza per l'Azienda agricola, merita che si cerchi di agevolare e favorire l'estensione e l'incremento di tale applicazione.

Ciò che si è detto per la trebbiatura, vale per le altre lavorazioni che si effettuano in generale sull'aia, e cioè: pressatura della paglia e dei foraggi, trinciatura dei foraggi in genere, sfibratura, etc.

Per tutte queste applicazioni, che si vanno diffondendo lentamente ma sicuramente, occorre soprattutto limitare al massimo le potenze impegnate, studiando convenientemente macchine motori, allo scopo di:

a) diminuire potenze e costo dell'impianto elettrico in generale (linee, trasformatore e motore);

b) diminuire il costo della stessa macchina operatrice;

c) aumentare la durata di utilizzazione dell'energia con conseguente automatico miglioramento della tariffa;

d) migliorare l'utilizzazione della mano d'opera impegnata nella lavorazione.

Diminuisce così la sovvenzione dello Stato al singolo impianto, cosicchè, a parità di somma stanziata, potrà essere aumentato il numero di impianti elettrificati e sovvenzionati, lasciando in misura opportuna l'aliquota della sovvenzione.

Ciò è tanto più da notarsi in quanto queste applicazioni, che richiedono potenze e consumi molto modesti, possono rappresentare un beneficio economico tutt'altro che trascurabile per l'agricoltore.

Una menzione particolare va fatta per certe applicazioni che assumono in parte carattere industriale, per quanto siano veramente attinenti all'economia agraria.

In primo luogo i piccoli molini a palmenti a bassa macinazione, ormai quasi tutti elettrificati, hanno portato all'economia rurale un vantaggio economico ed una comodità prima sconosciute, avendo eliminato, per la loro migliore e più comoda ubicazione, i lunghi trasporti e le lunghe soste a cui l'agricoltore era costretto per la macinazione negli antichi molini ad acqua.

Così pure per i trappeti e frantoi di olive, l'introduzione quasi generale del motore elettrico ha determinato non solo una grande comodità per il trasporto delle olive, ma anche spesso una trasformazione e una modernizzazione dell'impianto con enorme vantaggio dal punto di vista dell'economia e della bontà del prodotto.

Per la lavorazione del latte, le potenze ed i consumi di energia elettrica sono così irrilevanti e la spesa corrispondente così piccola rispetto al prezzo delle materie prime lavorate, che la rara mancata applicazione ad essa del motore elettrico deve attribuirsi esclusivamente a ragioni di carattere locale.

Ad ogni modo il numero degli stabilimenti e delle cascine già elettrificate in tal senso, è da ritenere raggiunga già una elevata percentuale di quelli esistenti.

Un maggior sviluppo sarebbe desiderabile invece per gli impianti frigoriferi per la conservazione delle derrate agricole facilmente deperibili (frutta, verdure, uova, etc.); ma queste rivestono piuttosto un carattere industriale o per lo meno centralizzatore e mal si adattano al frazionamento nella cascina.

Anche nella cantina per la pigiatura e torchiatura delle uve e per la pompatura nel travaso dei vini, il motore elettrico è frequentemente usato, ma solo nei grandi stabilimenti. Potenza, consumo ed utilizzazioni sono minime: ma d'altra parte esse non pesano direttamente sull'economia dell'Azienda.

3° – Caratteristiche principali delle applicazioni elettroagricole – Costi di installazione – Durate annue di utilizzazione.

Sulle cifre riportate in precedenza, come per quelle fornite dalle altre fonti citate, si possono fare alcune interessanti considerazioni nei riguardi delle caratteristiche delle varie applicazioni elettroagricole.

Anzitutto il confronto delle potenze impegnate con le aree rispettivamente servite, fa rilevare la relativa esiguità delle potenze da installarsi per ettaro servito, e dedurre quindi la necessità di costruire estesi sistemi di linee e di cabine elettriche senza la possibilità di sfruttarli convenientemente.

Il fatto che le varie utilizzazioni agricole non si sovrappongono nel tempo, realizzandosi singolarmente in diversi periodi dell'anno, può fare pensare a tutta prima alla possibilità di servirsi degli stessi impianti di distribuzione elettroagricola, per fornire l'energia ad esse singolarmente necessaria, riducendo in tal modo le spese di impianto, oltre che migliorando le durate annue di utilizzazione. Però se ciò vale per gli impianti primari, centrali di produzione e linee di trasmissione, non è quasi mai altrettanto per le reti secondarie, adibite propriamente per scopi agricoli, dato che in generale la distanza fra le località in cui devono eseguirsi le diverse lavorazioni esige impianti distinti.

In conseguenza il costo di installazione degli impianti elettrici agricoli riesce sempre elevato. Le cifre oggi generalmente accettate, quali possono risultare sia dai calcoli eseguiti dai singoli, sia dal confronto fra fonti diverse, ciò che garantisce la loro corrispondenza alle condizioni medie realizzate in pratica, accusano, per i soli impianti elettrici, linee e cabine, degli investimenti totali dell'ordine di L. 2000 per kW installato; l'onere annuo corrispondente, per spese di capitale ed esercizio, relative alle sole reti e cabine elettriche, non è inferiore quindi come cifra minima di orientamento alle L. 300 per kW installato e per anno, ciò che importa per il kWh distribuito, indipendentemente da quello che ne è il costo ai punti di alimentazione della rete elettroagricola, un onere annuo per spese inerenti soltanto a quest'ultima, rispettivamente di L. 0,45-0,50-1,10 per le durate annue di utilizzazione di 650, 600, 270 ore realizzate in media nel 1930 dalle utenze di irrigazione, di bonifica, di trebbiatura rispettivamente.

Queste cifre danno ragione dei prezzi relativamente elevati dell'energia elettrica, e mostrano la necessità di alleviare le spese relative.

A queste spese di installazione e a quelle annue corrispondenti, sono anche da aggiungere quelle dovute al macchinario, sia elettrico sia sopratutto agricolo, per il quale ultimo si sale sovente a cifre notevoli che ne impediscono in molti casi l'acquisto al piccolo coltivatore isolato e ne rendono spesso problematico l'uso, anche mediante affitto o attraverso forme diverse.

Le durate annue di utilizzazione sopra esposte risultano alquanto basse (appunto perciò sono stati citati in precedenza anche valori medi generalmente noti) e probabilmente riescono minori di quelle corrispondenti agli anni precedenti: per l'elettroirrigazione, ad esempio, nel 1928 e nel 1929 si ebbero rispettivamente 1000 e 800 ore annue di utilizzazione. La causa di tale diminuzione, a parte eventualmente la situazione determinatasi oggi per la nostra agricoltura, è da ricercare soprattutto nella variabilità delle esigenze delle varie colture da un anno all'altro. Comunque, se si considerano i valori, non molto discosti dai precedenti rilevati già negli anni scorsi, e in altri casi analoghi (fra l'altro all'estero), ed in particolare tutti i valori medi già citati a suo tempo, resta assodata in linea generale la brevità della durata annua di utilizzazione della gran parte delle applicazioni elettroagricole.

4° – Possibilità di ridurre le difficoltà dipendenti dalle spese di impianto – Agevolazioni statali.

Tutto quello che si è visto in precedenza autorizza a concludere che per agevolare lo sviluppo delle applicazioni elettroagricole si debbono principalmente tener presenti i seguenti punti:

a) alleviare per gli agricoltori le spese di installazione degli impianti e di acquisti del macchinario;

b) addivenire a quelle organizzazioni e studiare quegli accorgimenti che possano migliorare la deficiente durata annua di utilizzazione;

c) favorire gli studi e gli esperimenti per la migliore realizzazione degli apparecchi elettroagricoli.

Lasciando alle conclusioni di avvisare i mezzi più opportuni per la soluzione del punto *c*) la Commissione ritiene che per i punti *a*) e *b*) la soluzione del problema sia da ricercare principalmente nei contributi statali, e nel raggruppamento degli utenti.

I primi potranno consentire di affrontare l'esecuzione degli impianti e conseguentemente facilitare, fra Aziende agricole e Aziende elettriche, l'accordo nelle questioni economiche di esercizio riguardanti i contratti di fornitura e le tariffe dell'energia elettrica.

A riguardo degli impianti la Confederazione Fascista degli Agricoltori, nella relazione presentata alla Commissione, aveva istituito una classificazione delle zone agricole in tre categorie, rispettivamente secondo le difficoltà finanziarie minori o maggiori che si incontrerebbero presumibilmente in esse, per la estensione delle reti elettroagricole, destinate ad effettuare l'alimentazione delle Aziende agrarie non ancora servite. Là dove le reti già esistenti sono molto fitte, secondo la Confederazione, non sembrerebbero necessari grandi immobilizzi, per la loro estensione alle Aziende non elettrificate: le difficoltà finanziarie appaiono invece maggiori nelle zone in cui tali reti siano più rade o non esistano affatto. Agevolazioni finanziarie dirette a favorire l'estendersi delle reti elettroagricole dovrebbero quindi, se non limitarsi a quelle zone in cui le difficoltà sono maggiori, almeno essere commisurate alle rispettive esigenze.

Se in tali considerazioni è un fondamento di verità, non è peraltro da dimenticare che le differenze fra caso e caso non sono così notevoli come potrebbero apparire a prima vista, dato che le spese per impianto di cabine e di reti a bassa tensione possono essere paragonabili nei vari casi, e le diversità di costo sono dovute essenzialmente alla maggiore o minore lunghezza dei tronchi di linea ad alta tensione, destinati all'allacciamento con le reti esistenti. La classificazione importa quindi minori squilibri di quanto potrebbe sembrare a priori.

La questione del raggruppamento delle utenze è stato oggetto di particolare studio da parte della Commissione. Tale forma di organizzazione è suffragata da quanto è stato fatto in Svizzera, Germania, Francia, Svezia, dove Consorzi e Cooperative agricole sono molto più diffusi di quanto non siano fra noi, (in Germania esistono oggi circa 7000 Cooperative elettrorurali). Essa presenta notevoli vantaggi in quanto gli impianti consorziali possono spesso consentire una utilizzazione migliore di quanto non sia per il singolo impianto.

La Commissione ritiene tuttavia necessario di dovere segnalare le eccezioni e gli inconvenienti che possono derivare da tali forme associative, nonchè accennare ad alcune cautele applicative.

In primo luogo è senz'altro da scartare che queste forme associative debbano avere carattere coattivo.

In secondo luogo per la necessaria garanzia che i fondi impegnati dallo Stato siano effettivamente utilizzati ai fini voluti dal legislatore, nel senso che gli impianti relativi restino stabilmente ad aumentare il patrimonio fondiario della Nazione, la Commissione non può non far presente la necessità che i sussidi stabiliti vengano concessi a persone od Enti con preciso affidamento che le opere sussidiate restino stabilmente nel fondo.

In terzo luogo sarà da evitare che i Consorzi agricoli si trasformino in Enti di sub-distribuzione a terzi e per scopi non agricoli dell'energia acquistata; ove essi infatti esorbitassero dalle funzioni strettamente agricole assumendo veste ed attributi non di loro spettanza, ciò non potrebbe non tornare a danno dell'economia generale. I Consorzi agricoli dovranno pertanto in ogni caso provvedere all'acquisto ed alla distribuzione della sola energia necessaria ai propri consorziati per gli usi agricoli quali specificati in appresso, in relazione alle norme già contemplate nel R. Decreto 23 marzo 1922, n. 409:

a) Irrigazione, bonifiche, e sollevamento di acqua potabile destinata ad abitazioni agricole, mediante elettro-pompe.

b) Azionamento di macchine per la lavorazione del suolo o per il lavoro di raccolta o per la lavorazione o conservazione nell'Azienda agraria dei prodotti della medesima, mediante impianti fissi o mobili.

c) Illuminazione nelle Aziende agricole di locali e di abitazioni di agricoltori, stalle, magazzini, laboratori e lavorazioni inerenti a piccole industrie agricole strettamente connesse all'Azienda.

d) Riscaldamento e ventilazione dei locali agricoli per scopo zootecnico.

e) Azione fisiologica della corrente elettrica sul terreno o sulle culture.

Devesi intendere inoltre che la utilizzazione di un impianto è prevalentemente agricola, e come tale ha diritto ai sussidi, quando i 2/3 dell'utenza calcolata in base alla potenza installata (esclusa quella destinata all'azionamento delle grandi idrovore delle bonifiche di prima categoria per esaurimento meccanico) servono agli scopi precedentemente indicati. Inoltre per Azienda agraria, come sopra indicata, si intende non solo il complesso dei fabbricati e dei servizi inerenti ai singoli fondi, ma anche gli impianti a carattere cooperativo destinati alla raccolta, conservazione e prima lavorazione dei prodotti aziendali, semprechè tali impianti non presentino caratteristiche industriali.

Infine allo scopo di evitare ai Consorzi il peso di organizzazioni tecniche difficilmente idonee e comunque gravose, la Commissione ritiene che potrà convenire ad essi di appaltare alle stesse Società elettriche fornitrici, la costruzione e l'esercizio delle reti di distribuzione.

La Commissione, dopo le considerazioni di cui sopra, circa la efficacia e i criteri applicativi dei Consorzi, ha dovuto prospettarsi anche il caso dell'alleviamento della spesa d'impianto richiesto dall'agricoltore isolato ed eseguito dall'agricoltore stesso o da Enti o persone non proprietari o coltivatori di fondo.

Anche in tal caso è necessario un congruo contributo da parte dello Stato.

A questo contributo dello Stato per l'impianto di allacciamento è da prevedersi e sperare che si aggiungano da parte delle Aziende elettriche ulteriori facilitazioni, come da molte Società è già attualmente praticato sotto forma di concorso

nelle spese di impianto, per quanto esso debba essere commisurato al gettito annuo dell'impianto garantito dall'agricoltore.

Resterà co ì a carico dell'agricoltore la differenza fra la spesa effettiva dell'allacciamento e la somma della sovvenzione statale e del contributo dell'Azienda elettrica, differenza che riuscirà nulla o molto tenue in tutti quei casi in cui il nuovo impianto elettroagricolo sia abbastanza prossimo alle reti di distribuzione dell'Azienda.

Questa quota, specie se convenientemente rateata, non potrà quindi essere di soverchio aggravio all'agricoltore.

5° – La questione delle tariffe e dei prezzi dell'energia elettrica.

La questione degli investimenti, se pure fondamentale, non è la sola peraltro da tenere presente per la soluzione del problema come è dimostrato dalla difficoltà dell'estendersi dell'impiego dell'energia elettrica anche in quelle Aziende agricole i cui poderi siano prossimi o attraversati da linee elettroagricole, che renderebbero le spese di installazione relativamente modeste. In tali casi, possono influire le caratteristiche dei contratti di fornitura e i prezzi dell'energia, conseguenti alle brevi durate di utilizzazione.

In relazione a tale problema, la Confederazione Fascista degli Agricoltori, nella relazione presentata alla Commissione di studio, ha riassunto i principali inconvenienti che sono stati lamentati da parte degli agricoltori: variabilità dei prezzi fra singole Società o nell'ambito della stessa Società, esistenza di molte forme di tariffficazione, esistenza di molte clausole aggiuntive che complicano i contratti di fornitura e che ne possono aumentare il prezzo.

L'accennato memoriale della Confederazione Nazionale Fascista degli Agricoltori è stato preso in attento esame dalla Commissione per la discussione ed una eventuale disamina delle proposte da fare in merito.

Però durante i lavori della Commissione stessa i rappresentanti della Conf«derazione degli Agricoltori e quelli della UNFIEL hanno avuto occasione di prendere contatto per una cordiale collaborazione ed il primo risultato di questo si è avuto nella circolare diramata dal Presidente dell'UNFIEL a tutte le Aziende elettriche consociate (1).

In questa circolare si rileva anzitutto che la causa principale delle lagnanze degli agricoltori, è costituita sovente dalla forma dei contratti e del sistema delle tariffe, che sembrano agli agricoltori stessi troppo complicate ed involute così da rendere difficile di comprenderne il meccanismo. Viene quindi raccomandato di semplificare per quanto è possibile le tariffe, riducendole a pochi tipi (tariffa binomia e tariffa a minimo garantito oltre che i «forfait» per gli usi di brevissima durata con impegno giornaliero settimanale o mensile); di conglobare nel prezzo i compensi accessori, quali le maggiorazioni per basso fattore di potenza, la rivalsa canoni, il sovraprezzo termico, etc., ed infine di tenere distinte dagli importi relativi al consumo le cifre relative al noleggio degli impianti costruiti ed installati *specialmente* per l'utenze agricole o al rimborso parziale o totale del loro costo.

La circolare stessa è stata comunicata ufficialmente alla Commissione la quale ne ha preso atto con compiacimento e nella discussione avuta in merito i rappresentanti della Confederazione degli Agricoltori hanno mostrato la propria soddisfazione per le intese intervenute.

Ciò nonostante la Commissione si è preoccupata della eventualità che da parte di qualcuna delle Aziende elettriche non si tenesse il dovuto conto delle raccomandazioni della circolare stessa, ed ha osservato che a parte le difficoltà, nelle condizioni della legislazione attuale, di disposizioni coattive in questo campo, è da presumere che la odierna organizzazione sindacale sia già di per sè sola una garanzia sufficiente che l'eventualità, più sopra accennata, non debba verificarsi.

D'altra parte non si possono dimenticare in proposito sia gli accordi in materia di contratti e tariffe già intervenuti fra Aziende elettriche e Consorzi di bonifica in un campo così delicato come quello delle bonifiche, sia sopratutto i risultati che si sono ottenuti recentemente per analoghe raccomandazioni a favore delle industrie tessili e di quelle frigorifere.

In merito poi alla questione dei prezzi dell'energia elettrica, la Commissione rileva anzitutto che notevoli facilitazioni risulteranno indirettamente dai sussidi statali assegnati agli impianti elettrici a scopi agricoli da chiunque sieno costruiti, poichè verrà così eliminata dalle tariffe una notevole percentuale.

---

(1) Ecco il testo della circolare diramata dalla Presidenza della UNFIEL il 24 Marzo 1931:

« Spettabile Associata,

« Non è da oggi che gli ambienti agricoli affermano in ogni circostanza e in tutti i toni che le applicazioni elettroagricole non hanno preso in Italia quello sviluppo che sarebbe desiderabile per cause imputabili all'industria elettrica.

« Non abbiamo mancato di fare presente (anche recentemente in un Memoriale presentato al Comitato Consultivo per la Trasmissione e Scambio dell'Energia Elettrica) come il problema della elettrificazione rurale sia dei più complessi, e sopratutto che le maggiori difficoltà contrastanti alla sua soluzione integrale siano da ricercare nel grave peso degli immobilizzi occorrenti, tenuto conto delle condizioni particolari delle nostre campagne, sia dal lato fisico che da quello economico e tradizionale: mentre invece il consumo d'energia e l'onere corrispondente hanno in generale una incidenza così modesta sul costo dei prodotti agricoli, da escludere che essi possano costituire serio ostacolo alla elettrificazione del podere.

« Le nostre ragioni cominciano a trovare un terreno meno ostile: la comprensione del problema è diventata negli ultimi tempi più equa; e noi confidiamo essere ormai sulla buona strada per vedere riconosciuta, senza ire nè vituperi, anche nella compra-vendita di energia elettrica, come è riconosciuta per ogni sorta di contratti, una verità lapalissiana: che cioè se non avviene l'accordo tra fornitori e consumatori non è perchè il primo pretenda imporsi al secondo, bensì ed esclusivamente perchè fra i due non è possibile trovare *il punto di convenienza reciproca*. Il ritorno di una maggior serenità nel campo dei rapporti fra elettricisti ed agricoltori ha già permesso di individuare alcuni desiderata che meritano considerazione.

« Sembra infatti che le lagnanze degli agricoltori più che i *prezzi* abbiano per oggetto la *forma dei contratti e il sistema delle tariffe* che essi accusano di essere complicati ed involuti, sì da rendere difficile all'utente comprenderne il meccanismo.

« Sebbene si tratti di questioni che esorbitano dai compiti della UNFIEL, in quanto si riferiscono a rapporti fra Imprese e Utenti, pure riteniamo doveroso raccomandare alle nostre Associate di esaminare queste lagnanze con spirito di condiscendenza. Semplificare le tariffe; ridurle possibilmente a due o tre tipi (tariffa binomia, e tariffa a minimo garantito, salvo il «forfait» per gli usi di brevissima durata con impegno giornaliero, settimanale o mensile); conglobare nel prezzo i compensi accessori, quali le maggiorazioni per basso fattore di potenza, la rivalsa canoni, il sovraprezzo termico, ecc. e quant'altro possa rendere incerta agli utenti la valutazione preventiva del costo reale della prestazione, sono direttive di azione che, lungi dal contrastare, conferiscono agli interessi dei venditori e che perciò, ne siamo sicuri, saranno sempre più e sempre meglio applicate da tutti verso tutta la clientela ed in particolare verso gli utenti agricoli.

« Riteniamo inoltre consigliabile che le cifre rappresentanti il noleggio degli impianti costruiti e installati *specialmente* per l'utente (linee, trasformatori, apparecchi, ecc.) o il rimborso parziale o totale del loro costo, vengano tenute ben distinte dagli importi relativi al consumo.

« Per tener conto infine delle attuali condizioni della produzione agricola è raccomandabile, per le forniture stagionali, ridurre al minimo il periodo di impegno per l'uso dell'energia.

« In senso più generale sarebbe utile che le Imprese confinanti studiassero d'accordo il coordinamento delle rispettive condizioni contrattuali, al fine di eliminare quelle differenze che non siano reclamate da diversità nelle condizioni dei venditori.

« I suggerimenti che ci siamo permessi di dare non devono prendersi alla lettera; nella mente nostra, essi hanno il compito di servire principalmente di stimolo per le Associate e di esemplificazione dei modi come si potrebbe andare incontro ai desideri degli utenti agricoltori, i quali, pur rappresentando un consumo non superiore al due per cento del totale, meritano indubbiamente particolare attenzione per la forza politica che rappresentano.

« Con osservanza

Il Presidente
Giacinto Motta ».

Circa i prezzi dell'energia elettrica ai punti di allacciamento alle reti esistenti non si ritiene comunque possibile dalla Commissione l'adozione di misure generali, data l'estrema variabilità delle condizioni che si verificano nei singoli casi, sia per il costo degli impianti di produzione e di trasporto, sia per le maggiori o minori disponibilità di energia nelle singole zone in dipendenza del regime idraulico dei corsi d'acqua, sia per le condizioni locali del mercato dell'energia ed in particolare per il rapporto maggiore o minore fra i consumi per luce nei grandi centri abitati e per forza motrice, sia infine per le caratteristiche stesse delle singole applicazioni agricole.

In questo campo la Commissione pensa che le possibilità di accordo fra Aziende elettriche e Aziende agricole sono indubbiamente facilitate dalla sovrabbondanza odierna del mercato dell'energia elettrica. Ad ogni modo lo spirito di collaborazione che oggi si è meglio affermato con la recente circolare dell'UNFIEL, costituisce certamente una garanzia che, caso per caso, si troverà facilmente il punto di incontro fra la convenienza dell'Azienda agricola e quella dell'Azienda elettrica nel superiore e generale interesse.

Infine la Commissione ha rilevato come in diversi casi la presenza di sub-concessionari la cui attività sfugge a qualsiasi regola e responsabilità, abbia dato occasione a lagnanze talvolta giustificate e si augura quindi che la presenza di simili intermediari non necessari possa essere eliminata.

6° – CONCLUSIONI.

Da quanto precede la Commissione ritiene di poter dedurre le seguenti conclusioni:

1°) Rispetto alla possibilità di ulteriore sviluppo delle applicazioni elettroagricole:

a) L'elettrificazione delle bonifiche idrauliche per l'azionamento delle idrovore è da ritenere possa avere raggiunto uno sviluppo adeguato alle necessità sia in quelle ultimate che in quelle in corso o in progetto, nelle quali la bonifica elettrica è già prevista secondo le modalità corrispondenti ai provvedimenti legislativi vigenti.

b) L'elettroirrigazione ha avuto indubbiamente uno sviluppo notevole negli ultimi anni; ed è da presumere e da augurarsi che possa ancora largamente estendersi in futuro, data la trasformazione e il miglioramento che da essa consegue in generale all'economia delle Aziende agricole per l'aumento della produzione lorda del fondo. È quindi da favorire con ogni mezzo l'incremento dell'elettroirrigazione, pur senza dimenticare che la importanza degli impianti relativi, sia elettrici che idraulici, deve essere commisurata alle effettive necessità e al reddito delle culture, ad evitare gravi disillusioni economiche che potrebbero compromettere il futuro ulteriore sviluppo.

Non sarà da escludersi a priori in alcuni casi particolari l'adozione di motori termici, che potranno anche essere sostituiti da quelli elettrici in un secondo tempo.

c) L'aratura elettrica, presenta allo stato attuale della tecnica e per le notevoli agevolazioni concesse all'uso del petrolio agricolo, limitato sviluppo. Ma la Commissione è d'avviso che, sia per ragioni d'ordine agrario, sia per migliorare il diagramma dei carichi elettroagricoli, sia infine per non aggravare ulteriormente l'economia generale per gli oneri con l'estero in materia di trattori e di carburanti, tale applicazione merita maggiore interessamento e diffusione, e ciò anche se nelle condizioni attuali possa avere prevalentemente carattere transitorio nella trasformazione fondiaria dei terreni finchè cioè, eseguito l'appoderamento e le piantagioni arboree, essa non ceda il posto a sistemi di lavorazione più adatti.

d) La trebbiatura e le altre lavorazioni sull'aia è da augurarsi abbiano da acquistare in futuro diffusione maggiore specialmente se riducendosi le potenze e migliorandosi le utilizzazioni, oggi bassissime, le difficoltà finanziarie potranno notevolmente ridursi, particolarmente in tutte quelle fattorie, e sono ormai la maggioranza in Italia, che godono i benefici dell'illuminazione elettrica.

2°) Se in linea generale le applicazioni elettroagricole presentano le difficoltà più volte rilevate della bassa utilizzazione con impegni di potenze anche cospicui, l'elemento principale su cui a giudizio della Commissione conviene agire, nell'intento di facilitare il diffondersi delle applicazioni in questione, è costituito dalle spese per gli impianti e per l'acquisto del macchinario. Per questo, richiamandosi alle considerazioni già esposte, la Commissione ritiene che dovrebbe provvedersi mediante le seguenti agevolazioni:

a) Nei comprensori di trasformazione fondiaria, gli elettrodotti rurali e relative cabine di trasformazione saranno compresi tra le opere di trasformazione, e sussidiati dallo Stato in misura non inferiore al 60%.

b) Nelle campagne che non facciano parte dei suddetti comprensori gli elettrodotti per scopi agricoli e relative cabine di trasformazione saranno sussidiati in misura del 50% nel caso che essi servano ad alimentare un Consorzio, e nella misura del 40% nel caso di impianti singoli, siano essi eseguiti dal Consorzio o dal singolo utente o da terzi.

c) È da ritenersi opportuna l'abolizione delle sovvenzioni sull'energia per le lavorazioni di terreni e di raccolta di cui al R. D. L. 29 luglio 1925, n. 1315 anche per evidenti ragioni di difficoltà e di spese di accertamenti.

d) Per il macchinario elettrico degli impianti agricoli di utilizzazione dell'energia in ogni applicazione rurale (escluso il sollevamento di acque per irrigazione, cui provvede già il R. D. L. 20 maggio 1926 n. 1154) la Commissione ritiene opportuno che lo stato intervenga con le seguenti sovvenzioni:

A) per gli impianti consorziali 35%
B) per gli impianti eseguiti dai singoli 25%.

3°) Per quanto riguarda la tecnologia delle applicazioni elettroagricole la Commissione fa voto che il prossimo costituendo Istituto Centrale di Meccanica Agraria possa condurre a quello studio sistematico e approfondito di cui fino ad oggi si avverte la mancanza e la insufficienza e che può avere un'importanza decisiva ai fini dello sviluppo della elettrificazione rurale.

4°) La Commissione prende atto con vivo compiacimento dei contatti avvenuti durante i suoi lavori fra i rappresentanti degli Agricoltori e quelli delle Aziende elettriche e fa voti:

per quanto riguarda gli impianti, che ulteriori agevolazioni possano essere accordate dalle Società elettriche in modo che il costo complessivo per l'agricoltura sia ridotto al minimo;

per quanto riguarda i contratti, che le raccomandazioni contenute nella circolare della UNFIEL abbiano la loro piena efficacia;

per quanto riguarda le tariffe, pur constatando come non sia possibile, data la enorme diversità delle condizioni di costo da un punto all'altro del Paese, di stabilire delle misure in proposito, che lo spirito di collaborazione tra le due Confederazioni delle Imprese elettriche e degli Agricoltori conduca non solo ad un amichevole e soddisfacente accordo nei prezzi fra Aziende elettriche e Aziende agricole, ma anche a togliere quelle sperequazioni e anomalie che talvolta si verificano anche in zone contigue.

DIRITTO E GIURISPRUDENZA

Fornitura di energia elettrica - Tassa di registro.

MASSIMA

La convenzione per fornitura di energia elettrica, anche se stipulata dal fornitore dell'energia con una pubblica amministrazione, e nelle forme di atto pubblico, non riveste di per sè il carattere di contratto di appalto.

Conseguentemente per la registrazione di detta convenzione è dovuta la minore tassa del 2 per mille prevista dall'art. 46 della tariffa allegato D della legge di registro (T. U. 30-12-1923, N° 3269) e non la tassa del 2 per cento prevista dall'art. 52 della tariffa allegato A della legge stessa.

Cassazione del Regno, prima sezione, Pres. Petrone P., Est. Ricci, 7 marzo - 30 aprile 1931, in causa FINANZE DELLO STATO (Avvocatura Erariale) c. SOC. AN. ELETTRICITÀ ALTA ITALIA (Avv.ti Spataro, Nonnis e Vuillermin).

FATTO

Con atto 18 novembre 1924 rogato dal proprio Segretario il Comune d Settimo Torinesee, cedeva alla Soc. An. Elettricità Alta Italia, la sua azienda di distribuzione luce ed energia elettrica con i relativi impianti ad eccezione di quelli concernenti la illuminazione pubblica stradale e degli edifici municipali.

Con il par. 8° di detto rogito, la Soc. An. Elettricità Alta Italia si obbligava a fornire al Comune la energia occorrente per la illuminazione pubblica e delle scuole, ed a tale ultima convenzione veniva applicata la tassa stabilita dall'art. 46 della tariffa allegato D, annessa alla vigente legge del registro, nella aliquota del 2 per mille.

Successivamente l'Amm.ne delle Finanze, ritenendo, invece applicabile l'aliquota del 2 per cento, di cui all'art. 52 della tariffa all. A, annessa alla legge stessa, invitava, con avviso 1° aprile 1927, la Soc. An. Elettricità Alta Italia a pagare la tassa supplettiva di lire 200,50.

Contro tale tassazione proponeva reclamo la detta Soc. e l'Amm.ne delle Finanze, prima di decidere su tale ricorso, le faceva intimare, nel 5 dicembre 1928 ingiunzione di pagamento per la somma di L. 229,85 importo della tassa supplettiva di cui sopra e delle spese.

Proponeva opposizione la Soc. con atto di citazione 8 gennaio 1929, assumendo che la tassa supplettiva richiesta non fosse dovuta ed in pendenza del giudizio il reclamo amministrativo veniva respinto.

Il Tribunale di Torino, con sentenza 30 aprile - 13 maggio 1929 accoglieva l'opposizione dichiarando non dovuta la tassa supplettiva, e tale sentenza, su gravame dell'amm.ne delle Finanze, veniva pienamente confermata dalla Corte di Appello di Torino, con decisione 25 marzo - 15 aprile 1930.

Ricorre per cassazione l'Amm.ne delle Finanze e denuncia, con unico mezzo di annullamento, la violazione e falsa applicazione degli art. 1, 2, 4, 5, 80 della legge 30 dicembre 1923, n. 3269, 52 della tariffa all. A, 46 della tariffa D. annessa alla detta legge, 360, 361 e 517 C. P. C. per avere la Corte di merito, con motivazione non solo errata, ma anche difettosa, ritenuto applicabile l'art. 46 della tariffa all. D, per il solo fatto che si trattasse di somministrazione di energia elettrica, senza avvertire che l'aliquota di cui a detta disposizione non è applicabile alle somministrazioni che vengono fatte in forza di atti pubblici.

Resiste la Soc. An. Elettrica Alta Italia al ricorso.

Il Supremo Collegio ha considerato in

DIRITTO

Ad una esatta soluzione della questione che la ricorrente Amm.ne delle Finanze prospetta con l'unico mezzo del suo ricorso, occorre anzitutto ricordare quale sia stata la evoluzione delle disposizioni emanate dal legislatore in ordine al trattamento tributario dei contratti per fornitura e somministrazione di energia elettrica.

Ora, che a tali contratti, il legislatore abbia inteso fare un trattamento di favore, è cosa la quale non forma più ormai argomento di contestazione.

Anche prima dell'entrata in vigore della nuova legge di registro 30 dicembre 1923, n. 3269, i contratti di somministrazione o fornitura di energia elettrica furono sempre considerati, se interceduti fra privati, come contratti di vendita di prodotti industriali, cui si ritennero per ciò applicabili le agevolazioni contemplate negli art. 4 e 6 della legge 23 aprile 1911, n. 509.

Unico punto di divergenza era quello relativo al se tali contratti quando avessero per oggetto la somministrazione di energia elettrica a pubbliche amministrazioni, potessero fruire delle predette disposizioni di favore, e mentre, nelle decisioni della autorità giudiziaria ordinaria, prevalse la opinione negativa, essendosi ritenuto che la somministrazione di energia elettrica se fatta ad amm.ni pubbliche, fosse equiparabile all'appalto, le più recenti decisioni del Supremo Organo giurisdizionale amministrativo, andarono invece, in opinione contraria, ritenendo che le somministrazioni di energia elettrica, anche se fatte ad amm.ni pubbliche, dovessero condiderarsi, alla pari di quelle di acqua e gas, alla stessa stregua delle somministrazioni fatte a privati, cioè come vendite di prodotti industriali.

A troncare la divergenza, intervenne la legge del 30 dicembre 1923, la quale, come è detto testualmente nella relazione ministeriale che la precede in conformità alla opinione accolta dal consiglio di Stato ed allo scopo di definire il « trattamento tributario di questa importante categoria di contratti », volle che essi fossero considerati sempre come contratti di vendita di prodotti industriali da registrare con l'aliquota di favore di cent. 20 (comprensiva di ogni accessorio) per 100 lire di valore imponibile, ad eccezione del caso in cui la prestazione venisse stipulata per effetto di un vero e proprio appalto, come ad es. se avesse luogo per convenzione compresa nello stesso contratto di concessione del pubblico servizio, nel qual caso avrebbe dovuto applicarsi l'aliquota propria dei contratti di appalto.

È questo concetto, che l'agevolazione tributaria fosse cioè applicabile a tutti i contratti di fornitura di energia elettrica che non avessero la figura vera e propria dell'appalto, oltre ad essere espressamente ribadito nella nota all'art. 46 all. D della tariffa ebbe una ulteriore conferma nel R. D. L. 1° luglio 1926, n. 1157 col quale l'agevolazione fu estesa anche alle forniture che fossero incluse in contratti per concessione di distribuzione che anteriormente alla entrata in vigore del detto decreto potessero dar luogo ad ulteriore tassazione.

La legge, adunque, ha voluto che l'agevolazione tributaria sia applicabile a tutti i contratti per fornitura di energia elettrica ad eccezione soltanto del caso in cui assumano la figura vera e propria dell'appalto, in considerazione proprio della natura del contratto ed evidentemente per favorire lo sviluppo della produzione dell'energia elettrica.

Posto ciò, la tesi, che la ricorrente Amm.ne delle Finanze sostiene, trova un primo insormontabile ostacolo nella stessa *ratio legis* dalla quale l'agevolazione tributaria fu determinata e nelle finalità al cui conseguimento fu inspirata.

La tesi, è d'altronde, affidata ad argomenti che sono prevalentemente, se non esclusivamente desunti dalla formulazione letterale dell'art. 46 della tariffa all. D alla legge di registro del 30 dicembre 1923, n. 3269, e dalla collocazione delle disposizio-

ni sotto la rubrica della tariffa medesima riflettente gli atti esenti da registrazione, ma entrambi questi organi non hanno importanza decisiva nella questione.

Già ed innanzi tutto, se è vero che il precitato art. 46 parla di contratti risultanti da scrittura privata, o polizza o da domanda sottoscritta dallo utente o da un suo incaricato, « non è men vero che l'agevolazione tributaria viene sempre riferita ai contratti » e non al documento in cui essi sieno consacrati. Il che non è privo di importanza, quando si tenga presente la diversa formulazione usata nel precedente art. 45, nel quale la esenzione è tassativamente riferita alle « scritture private » che abbiano l'oggetto in detto articolo indicato e non al contratto, di cui le scritture medesime siano destinate a far prova. E, d'altro lato, se l'art. 46 della tariffa, con indubbio riferimento anche alle disposizioni della legge 23 aprile 1911 n. 509 ha voluto contemplare anche la ipotesi della esenzione, che è la più normale, ciò non significa affatto che abbia voluto escludere l'applicabilità dell'agevolazione tributaria, quanto all'aliquota di tassazione, qualora non ricorra la ipotesi della esenzione.

Per i contratti di fornitura di energia elettrica, acqua o gas, l'agevolazione tributaria è, in sostanza, duplice, in quanto dà luogo ad esenzione di qualsiasi tassa, se il contratto risulti da scrittura privata, da polizza di abbonamento o da domanda dell'utente, fino a quando non se ne faccia uso nei sensi dell'art. 2 della legge di registro, e rende applicabile l'aliquota di favore, quando, facendone uso, sorge l'obbligo della registrazione. Se il contratto, risulti invece, da un atto pubblico, si renderà manifestamente inapplicabile l'agevolazione riflettente la esenzione, perchè l'atto pubblico è sempre soggetto a registrazione in termine fisso, ma ciò non varrà certo a rendere inapplicabile l'agevolazione riflettente l'applicabilità della aliquota di favore, che è data in considerazione della natura e dell'oggetto del contratto.

Una indubbia riprova di ciò si ha nel fatto che la nota apposta al più volte citato art. 46 della tariffa all. D esclude l'applicabilità della agevolazione tributaria nel solo caso in cui il contratto assuma la vera e propria figura dell'appalto.

D'altro lato, se l'art. 52 della tariffa all. A contempla soltanto i contratti di appalto, è chiaro che, nella ipotesi di una fornitura di energia elettrica risultante da un atto pubblico, ma non integrante la figura vera e propria dell'appalto, si renderebbe applicabile non l'aliquota di cui al detto art. 52, ma l'aliquota del 4 ¼ stabilita per la vendita di beni mobili dall'art. 2 lett. *a*) dell'all. stesso. Sicchè ove si tengano presenti le disposizioni del R. D. L. 1° luglio 1926, n. 1157, che estese l'applicazione dell'aliquota di favore alle somministrazioni di energia elettrica *anche se incluse in qualsiasi atto* (e quindi anche in atti pubblici) avente per oggetto *concessioni di distribuzione di energia elettrica*, i soli contratti di fornitura che rimarrebbero anzi soggetti ad un trattamento più grave di quello applicabile nella ipotesi dell'appalto, sarebbero quelli che, pur essendo circoscritti alla vendita dell'energia elettrica, ed essendo perciò indubbiamente compresi, per il loro contenuto sostanziale, fra quelli che la legge ha voluto favorire, risultassero da atto pubblico. Non senza tacere che, quando la legge ha esteso l'applicazione dell'aliquota di favore anche ai contratti stipulati con pubbliche amministrazioni, che, di regola, stipulano per atto pubblico, ha evidentemente ritenuto applicabile la stessa aliquota di favore anche ai contratti risultanti da atti pubblici. Ed è vano opporre che la legge del 1911, da cui trae origine l'agevolazione tributaria di che trattasi, fu intesa, come è del resto reso palese dalla relazione che la precede, ad impedire le evasioni fiscali, perchè, nelle ipotesi in cui il contratto risulti da un atto pubblico, la evasione non solo è impossibile, ma l'applicazione della tassa, sia pure nella più mite aliquota del due per mille, viene ad essere attuata, indipendentemente dall'uso dell'atto. (*omissis*).

Fornitura di energia elettrica - Clausola di esclusività.

MASSIMA

È valida e legale la clausola contenuta in un contratto per fornitura di energia elettrica, mediante la quale la società fornitrice si riserva il diritto esclusivo per la fornitura di energia nei locali contemplati nel contratto.

Pretura di Parma, 29-30 gennaio 1931, in causa Soc. Emiliana di Esercizi Elettrici c. Brioni.

Fatto

Ritenuto in fatto, che con atto di citazione 1° agosto 1930 la Società Emiliana di Esercizi Elettrici (S.E.E.E.) An. per azioni corr. in Parma, premesso che il Sig. Brioni Emilio res. a Palidano di Gonzaga, con contratto 9 aprile 1929 aveva acquistato dalla Società richiedente una fornitura di energia elettrica per utilizzarla a scopo di forza motrice per azionare una elettropompa per uso fornace posta nel suo stabilimento industriale in Ronchi di Palidano di Gonzaga; che detto contratto era stato stipulato per la durata di cinque mesi dalla data del bollettino di accensione e cioè dal 10 aprile 1929 ed è quindi scaduto il 10 settembre 1929; che all'art. 10 del citato contratto di fornitura era però inserito l'impegno da parte dell'utente di usare esclusivamente per la durata dell'accordo dell'energia della S.E.E.E. e l'impegno di prelazione per un successivo quinquennio a parità di condizioni a favore della stessa società, dovendo in relazione a detto impegno comunicare mediante lettera raccomandata la proposta ed il costo dell'energia da altri pervenutagli; che il Sig. Brioni, invece, per quanto diffidato, dopo scaduto il contratto di fornitura, aveva senz'altro stipulato con diverso fornitore un contratto per l'acquisto dell'energia elettrica occorrentegli per l'azionamento della sua elettro-pompa; che inoltre il Sig. Brioni in data 8 marzo 1928 aveva stipulato con la Società richiedente un altro contratto di fornitura di energia elettrica per utilizzarla a scopo di illuminazione della propria fornace pure posta in Ronchi di Gonzaga attigua al locale dove è installata la elettro-pompa, contratto, questo, della durata di anni 9, oltre la frazione dell'anno in cui la fornitura ha avuto luogo e così scadente al 31 dicembre 1937; che all'art. 19 del Capitolato di contratto vigente presso la S.E.E.E., richiamato nel detto contratto di illuminazione, era scritto: « La Società ha il diritto esclusivo per la fornitura di corrente elettrica per qualsiasi uso nei locali indicati nel contratto »; che il Brioni aveva quindi violato anche le disposizioni del contratto di illuminazione acquistando, durante il corso del contratto di illuminazione, corrente elettrica a scopo di forza motrice per la propria fornace presso altro fornitore diverso dalla Società richiedente; che per tutte queste violazioni deve rispondere dei danni; ciò premesso lo conveniva davanti a questo Pretore perchè, con sentenza provvisoriamente esecutiva, fosse dichiarata la inadempienza del Brioni e di conseguenza condannato al risarcimento dei danni da liquidarsi in separata sede nel limiti della competenza del Pretore, con vittoria nelle spese. (*Omissis*).

Diritto

Che con la produzione dei contratti annuali in contesto la attrice ha provato la pattuizioni di cui lamenta le violazioni e più precisamente il patto di prelazione e di esclusiva — patti da ritenersi perfettamente leciti e vincolativi —;

Che dagli altri due documenti, la copia della lettera raccomandata tolta dal copialettere regolarmente tenuto a dal verbale di accertamento del notaio Luglio, posti in relazione al telegramma del Brioni ed al contegno processuale di costui, se non la prova diretta squisita, si traggono elementi sufficienti di prova congetturale che esso Brioni ha contravvenuto alla prodotta pattuizione, per cui è tenuto a rispondere dei danni cagionati all'attrice;

Che pertanto la domanda da quest'ultima spiegata può essere senz'altro accolta. (*omissis*).

Fornitura di energia elettrica - Clausola di prelazione.

MASSIMA

È valido ed efficace il patto contenuto in un contratto per fornitura di energia elettrica, in forza del quale l'utente si obbliga a dare la preferenza, alla scadenza del contratto, per il proprio fabbisogno di energia elettrica, alla società fornitrice, a parità di condizioni, per un tempo determinato.

È quindi tenuto al risarcimento dei danni l'utente che, in ispreto al contratto, avendo trasferito la propria residenza, si provvede della energia da un altro fornitore; e ciò anche se nel nuovo alloggio egli ricorra all'espediente di fare intestare il nuovo contratto di somministrazione di energia a persona famigliare con lui convivente.

Pretura di Parma, 29-30 gennaio 1931, in causa Soc. Emiliana di Esercizi Elettrici c. Fretta.

Fatto

Ritenuto in fatto che con atto 1° dicembre 1930 la Società Emiliana di Esercizi Elettrici (S. E.E.E.) Soc. An. con Sede in Parma, premesso che i sigg. Fretta Rosolino e Ghidini Umberto di Suzzara con contratto in data 22 maggio 1929 avevano acquistato dalla Società ricorrente una fornitura di energia elettrica allo scopo di illuminare locali da essi occupati ad uso

abitazione e laboratorio posti in una casa di proprietà Varini Lanciotto in Comune di Suzzara; che il Fretta ed il Ghidini si sono poi trasferiti in altri locali, ma nel mentre il Ghidini si è mantenuto utente di essa Società richiedente, il Fretta invece, nella sua nuova abitazione aveva stipulato un nuovo contratto con altro fornitore, *ricorrendo all'inutile espediente di farlo intestare ad una sorella secolui convivente;* che ciò costituiva violazione dei patti contrattuali stipulati dal Fretta con la Società richiedente, sia perchè il contratto aveva la durata di anni tre e scadrebbe quindi il 30 giugno 1932, sia perchè per patto espresso, il contratto in corso doveva intendersi senz'altro trasferito nella nuova residenza del Fretta; e sia infine perchè, per altro patto espresso, alla scadenza del contratto il Fretta aveva l'obbligo di dare la preferenza per il suo fabbisogno di energia elettrica, alla Società Emiliana, a parità di condizioni, per un successivo quinquennio, ciò premesso, conveniva il Fretta Rosolino davanti a questo Pretore perchè, con sentenza provvisoriamente esecutiva, fosse dichiarata la sua inadempienza ai patti contrattuali; fosse di conseguenza dichiarato risolto il contratto stesso e condannato il Fretta al risarcimento dei danni da liquidarsi in corso di giudizio o in separata sede, in una somma da contenersi nei limiti della competenza del Pretore, con vittoria nelle spese.

Che alla udienza non si costituiva il convenuto e l'attrice producendo contratto di fornitura, insisteva come in citazione e solo in subordine concludeva per l'ammissione della seguente prova per interrogatorio e testi: « 1° - Vero che col giorno 29 sett. 1930 il Sig. Fretta Rosolino ha abbandonato i locali che egli occupava in Suzzara, Piazza Castello, nella casa di proprietà di Varini Lanciotto e si è trasferito in altra casa, pure in Comune di Suzzara; 2° - Vero che la energia elettrica per la illuminazione dei locali nei quali il Fretta si è trasferito il 29 sett. 1930 viene fornita da altro ente che non è la Soc. Emiliana di Esercizi Elettrici; 3° - Vero che la Soc. Emiliana di Esercizi Elettrici esercisce da molti anni, come esercisce tutt'ora, la distribuzione sell'energia elettrica in Comune di Suzzara ». Produceva inoltre copiosa corrispondenza. (*omissis*).

DIRITTO

Che va dichiarata la contumacia del Fretta Rosolino il quale non ha costituito procuratore; che i fatti lamentati dalla attrice, fatti che concretano precise inadempienze contrattuali al patto di fornitura elettrica prodotti in causa, risultano sufficientemente provati dalla corrispondenza diversa, corrispondenza in parte proveniente dal convenuto ed in parte dall'attrice, ma che per questa ultima ugualmente prova perchè estratta dal libro commerciale regolarmente tenuto;

Che tali inadempienze danno diritto alla Soc. attrice, oltre che di vedere risolto il contratto di fornitura da fatto e colpa del convenuto Fretta e per la parte che lo riguarda, ad essere risarcita dei danni così e come viene chiesto;

Che non è a dubitarsi della legittimità e validità del patto di prelazione di cui al contratto di fornitura, come quello che nel mentre giova alla venditrice non pregiudica per nulla il compratore, nè di questo vincola la libertà contrattuale e pertanto anche per tale fatto deve ritenersi la colposa inadempienza del Fretta.

Che di conseguenza tutte le istanze attrici vanno senz'altro accolte. (*omissis*).

Elettrodotto - Azione possessoria.

MASSIMA

Nel giudizio possessorio promosso dal proprietario di una casa, che ritiene turbato il suo possesso dalla apposizione di mensole per il passaggio di un elettrodotto, bene può opporsi dal convenuto il titolo legittimo contrattuale in base al quale, per consenso dello stesso attore, le mensole furono apposte; nè la indagine sulla legittimità del titolo invocato ed opposto può essere rimandata al giudizio petitorio, in quanto il titolo stesso, anche in sede possessoria, vale ad escludere l'estremo della denunciata turbativa illegittima del possesso.

Pretura di Tivoli, 30 ottobre - 13 novembre 1930, in causa DEL GIUDICE c. SOCIETÀ ESERCIZI ELETTRICI LAZIO SABINA.

FATTO E DIRITTO

Con atto di citazione 7 novembre 1929 Del Giudice Giuseppe conveniva in giudizio avanti questa Pretura la Società Esercizi Elettrici Lazio-Sabina in persona del suo rappresentante, per sentirsi dichiarare spoliativo o turbativo del possesso del suo immobile l'operato di essa Società che aveva fatto murare sulla parete del detto fabbricato sito in Montecelio due mensole per tirarvi dei conduttori elettrici ad alto potenziale.

Nella udienza del 23 novembre 1929, in contumacia della convenuta, venne chiesta e disposta una prova testimoniale da eseguirsi sul posto.

Tale mezzo istruttorio venne espletato dall'Ufficio addì 17 gennaio 1930. Dopo numerosi rinvii la causa è stata assegnata a sentenza concludendo il Procuratore della parte attrice per l'accoglimento della domanda, e cioè che sia dichiarato spoliativa e turbativa l'opera della convenuta Società prefiggendole un breve e perentorio termine per rimuovere le mensole e autorizzare l'attore, trascorso il detto termine, a eseguire la remozione, per conto e a spese della convenuta, con condanna di questa alle spese ed onorari e sentenza provvisoriamente eseguibile, oltre i danni da liquidarsi in separata sede.

Ha concluso invece la convenuta per il rigetto della istanza attrice ed in via subordinata, per la nomina di un Perito, oltre spese di lite e di registrazione del contratto. Ritiene il giudicante che si può dire non esservi contestazione sugli estremi di fatto: cioè che la Società elettrica nei primi del mese di Novembre 1929 fece murare sul fabbricato del De Giudice due mensole con isolatori che servivano alla trasmissione della energia elettrica. I due testi Cerqua Mario e Pasquarelli Bernardino ci hanno anche detto che il Del Giudice protestò verso l'operaio ritenendo trattarsi di opera abusiva e per lui dannosa. Ci troveremmo dunque nel caso di una azione possessoria, avendo l'attore dato questo profilo nella causa, nella denuncia presentata nell'atto di citazione.

Ora ai sensi delle vigenti disposizioni non vi è dubbio che per la imposizione della servitù c. d. di elettrodotto occorra o il consenso del proprietario o un decreto prefettizio. Ma la Società convenuta ha esibito in atti un Contratto stipulato da essa col Del Giudice, addì 13 luglio 1929 e quindi in epoca precedente al presente Spoglio. In tale contratto vi è una clausola (Art. 4) in cui è detto: « Per il fatto stesso della fornitura di energia elettrica si intenderà già concesso dall'Utente o a cura di questi o di altri cui spettasse, il gratuito passaggio anche per servizio ai terzi, attraverso i fondi e sugli stabili di sua proprietà, delle condutture elettriche *alle quali è collegato l'impianto che riceve l'energia* » (di cui è oggetto il contratto).

Dunque ci troviamo di fronte a un preventivo consenso prestato dall'attore.

È vano opporre il fatto che il fabbricato non sia prospiciente sulla strada, che il Del Giudice ha firmato senza leggere l'atto, che è uno dei soliti moduli a stampa, che i contratti vanno eseguiti in buona fede. Vi è un contratto ed esso fa legge fra le parti. Il consenso vi è stato nè appare un vizio tale da renderlo invalido. La Società ha dato dei vantaggi sulla fornitura di energia elettrica ed ha voluto dei compensi. Do ut des. Il Del Giudice non può tornarvi su; egli ha concesso il passaggio della conduttura elettrica sugli stabili di sua proprietà ed ha rinunciato alla indennità. Ma — si oppone — egli fece delle rimostranze, mentre veniva eseguito il lavoro. Questa protesta verbale rivolta a un esecutore di ordine, quale l'operaio al servizio della Società, fa diventare illegale e quindi spoliativo ciò che era legale?

Questo è il punto più delicato della presente questione. Possessorio o petitorio devono restare distinti. Basta il contrasto di volontà e la violazione dell'altrui possesso per farsi luogo all'*actio spolii* anche se vi fosse un diritto o meglio un preteso diritto da parte della Società ? Ritiene il giudicante che la distinzione fra i giudizi, quello petitorio e quello possessorio non è così assoluta come l'attore crede. Oltre la utilità del titolo *ad colorandam possessionem*, esso va tenuto presente anche per stabilire se l'operato del convenuto sia illegittimo, costituisca violazione dell'altrui possesso. Perciò la Suprema Corte ha insegnato ripetutamente che il giudizio petitorio assorbe il possessorio, quando tra il fatto denunciato ed il diritto a compierlo esista tale inscindibile nesso che non sia possibile risolvere la questione possessoria senza pregiudicare quella petitoria (Cassazione 28 luglio 1930: Baldi c. Bartoletti). Ora un fatto legato al consenso del possessore, come risulta nel caso nostro in base al contratto, non può dirsi più spoliativo perchè costituisce esercizio di un diritto (così la Cassazione in tema di rapporti fra condomini addì 20 febbraio 1928: Palaggiani c. Lagostino).

Per forza l'indagine diventa di merito sull'effettivo diritto vantato dalla Società convenuta. E qui probabile dubbio sorge ed è bene eliminarlo con una perizia tecnica. L'impianto di cui gode il Del Giudice trovasi in dipendenza dei conduttori che egli vuole che siano rimossi?

Le mensole e i relativi fili vengono a trovarsi apposti a regola d'arte in modo che non vi sia pericolo per coloro che abitano la casa?

Sono dubbi che l'attore affaccia quando nella citazione parla di fili a breve distanza dalle finestre e nella comparsa del suo Procuratore, oppone che i conduttori attuali riguardano energia per forza motrice a scopo industriale, che nulla ha a che vedere col preesistente impianto per l'illuminazione di cui usufruisce il Del Giudice. (*omissis*).

PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazioni di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali etc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione e dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP. la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

157 – *Concessione idroelettrica integrativa di altra precedente - Motivo di concessibilità.*

Se l'opera di derivazione di acqua pubblica integra e completa un maggiore impianto sullo stesso corso d'acqua, quest'ultimo previsto da una precedente concessione allo stesso titolare, ciò è motivo di concessibilità, ove non ostino altre ragioni in ordine al buon regime dell'acqua e ai legittimi interessi dei terzi.

D. R. 26 settembre 1930. Concessione Ditta Marzotto. Derivazione dal torrente Astico in Comune di Folgaria (Trento). Parere Cons. Sup. LL. PP. 16 dicembre 1929, n. 3563. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, p. 675).

158 – *Concessione idroelettrica in zona di confine - Clausole nell'interesse della difesa militare.*

Per le opere di derivazione d'acqua pubblica da eseguirsi in zona di confine può essere introdotta nel disciplinare apposita clausola nell'interesse della difesa militare nel senso di vietare in modo assoluto al concessionario di introdurre varianti di qualsiasi natura e misura ai progetti per cui si fa la concessione, senza altra autorizzazione dell'Autorità militare.

(Come al numero precedente; *Boll. Min. LL. PP.* 1931, p.682).

159 – *Opere di derivazione di acqua pubblica - Modalità previste per la regolazione della portata.*

Per una concessione di derivazione di acqua pubblica può nel relativo disciplinare e in riguardo alla regolazione di portata essere introdotta apposita clausola che prescriva l'esecuzione di due opere l'una presso l'imbocco del canale di carico immediatamente a valle della presa e l'altra ulteriore e sottoposta immediatamente a monte dei meccanismi motori.

D. R. 20 novembre 1930. Concessione Soc. Italcementi. Derivazione dal fiume Meschio in Comune di Vittorio Veneto (Treviso). Parere Cons. Sup. LL. PP. del 16 novembre 1929, n. 3239. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, pag. 695).

160 – *Concessione idroelettrica - Modalità e clausole in relazione a piene prodotte da causa naturale o da eventuali scarichi di derivazioni superiori.*

Nel disciplinare di concessione di derivazione d'acqua può essere inserita clausola che imponga al titolare concessionario l'obbligo di regolare le paratoie di chiusa a valle in modo da non provocare rigurgiti — colla responsabilità inerente — nei casi di piena del fiume dovuta a cause naturali ovvero nei casi di eventuali scarichi straordinari effettuati in altra derivazione a monte.

(Come al num. precedente; *Boll. Min. LL. PP.* 1931, p. 702).

161 – *Concessione idroelettrica - Clausole nell'interesse della piscicoltura.*

Nel disciplinare di concessione di opere idroelettriche può essere introdotta apposita clausola che prescriva l'obbligo di applicare attraverso le bocche di presa un sistema di griglie di ferro a barre verticali di non oltre un centimetro di luce per il convogliamento dei pesci nel canale di derivazione.

(Come al num. precedente; *Boll. Min. LL. PP.* 1931, p. 702).

162 – *Esecuzione provvisoria dell'esercizio della derivazione di acqua pubblica - Clausola generica - Riserva di maggiori lavori rinviata al verbale di visita.*

Nel disciplinare di concessione di derivazione può essere introdotta una clausola di carattere generico che autorizzi l'esercizio della derivazione da parte dell'ufficio del Genio Civile dopo che sia intervenuto il decreto di concessione, e ciò « ove non vi siano eccezioni in contrario ».

In tal caso però è aggiunta la riserva che « ove l'ufficio riconosca la necessità di maggiori lavori o di modifiche a quelli eseguiti, dovrà prescrivere nel verbale di visita un termine per la loro esecuzione e stabilire altresì se, in pendenza della loro esecuzione, possa o meno esser mantenuta la derivazione ».

D. R. 17 ottobre 1930. Concessione Soc. An. Filatura Grignasco. Derivazione dal Sesia in Comune di Grignasco (Novara). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 851 del 29 marzo 1930. (*Boll. Min. LL. PP.* 1° giugno 1931, p. 1566).

163 – *Non autorizzata variazione di uso dell'acqua pubblica rispetto all'uso previsto dal decreto di concessione - Sanatoria.*

Può essere concessa sanatoria per la variazione d'uso non previamente autorizzata con apposito decreto di concession di derivazione d'acqua (nella specie la variazione si riferisc all'uso previsto da decreto Prefettizio scaduto e per cui eras tempestivamente richiesta la proroga e la rinnovazione) m ferma restando la quantità di acqua prevista dalla concession quando a ciò non ostino motivi tecnici e non sussistano reclam o decadenze.

D. R. 22 dicembre 1930. Concessione Manif. Lane di Borg sesia. Derivazione dal Sesia Comune di Borgosesia (Vercelli Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 1180 del 15 aprile 1930. (*Bol Min. LL. PP.* 1° giugno 1931, p. 1575).

164 – *Proroga e rinnovazione di scaduta concessione di deriv zione d'acqua pubblica - Modalità e immanenza delle ope di difesa idraulica.*

Anche nel caso di variazione d'uso di derivazione d'acq per la specie di proroga e rinnovazione di concessione, p essere autorizzato il concessionario a mantenere le opere difesa previste dalla concessione scaduta, anche per tutta durata della proroga o rinnovazione.

(Come al num. precedente; *Boll. Min. LL. PP.* 1931, p. 157

165 – *Opere di presa di derivazione d'acqua pubblica - Modal miste previste dal decreto di concessione.*

Le opere di presa di derivazione di acqua pubblica poss essere, nel disciplinare di concessione, autorizzate per l'eff tuazione mediante diga in parte stabile e in parte semistab

(Come al num. precedente; *Boll. Min. LL. PP.* 1931, p. 157

166 – *Concessioni idroelettriche a due Società che deliberano loro fusione - Intestazione delle concessioni al nuovo E*

Se due o più Società concessionarie di derivazioni idroelet che, in occasione alla rinnovazione di concessione, hanno d berato la loro fusione (nella specie assorbimento di una v l'altra o le altre), il nuovo Ente è legittimo titolare, media riconoscimento, delle concessioni stesse, anche in occasione d loro rinnovazione.

D. R. 23 ottobre 1930. Concessione alla Soc. Dinamo. Derivazione dal Torrente Ovesca e affluenti in Comune di Montescheno (Novara). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 580 del 1° marzo 1930. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, pag. 937).

167 – *Concessioni idroelettriche - Modo e tempo di determinazione della portata media fluente.*

Per determinare ad ogni effetto di concessione (fluenza e canone) la portata media del corso di acqua pubblica può, nel disciplinare essere introdotta una clausola che prescriva l'obbligo del concessionario di inviare regolarmente al Genio Civile, non appena completata, le zone descritte dall'idrometrografo, col diagramma dei deflussi regolarmente integrato, e ciò per il tempo di un sessennio. Dette zone saranno previamente contrassegnate dall'ufficio del Genio Civile e, alla fine del sessennio, a datare dal collaudo, in base alla portata di cui sopra, verrà determinata in modo invariabile, da prendersi a base per tutta la durata della concessione, la portata media sulla base delle medie della portata misurata.

(Come al num. precedente; *Boll. Min. LL. PP.* 1931, p. 944).

168 – *Personale addetto a concessione idroelettrica - Caratteri prescritti dal disciplinare.*

In un disciplinare di concessione idroelettrica, in zona di interesse militare, può essere inserito l'obbligo assoluto della Società concessionaria di impiegare esclusivamente operai, impiegati e personale dirigente regnicoli, graditi dall'Autorità militare e quindi muniti del permesso della medesima; di non consentire e di impedire sopraluoghi e visite se non a persone parimente regnicole, gradite e individualmente munite di permesso dell'Autorità militare.

(Come al num. precedente; *Boll. Min. LL. PP.*, 1931, p. 950).

169 – *Concessioni idroelettriche in zone di confine - Prescrizione al concessionario per la esecuzione di opere di interesse militare.*

Nel disciplinare di concessione idroelettrica in zona di confine può essere inserito l'obbligo di eseguire opere di interesse militare, nella specie manufatti da mina e rimboschimento, nelle zone adiacenti alle costruzioni delle opere di derivazione. Opere tutte da compiersi e collaudarsi non oltre la data di inizio del funzionamento dell'impianto.

D. R. 23 ottobre 1930. Concessione Soc. Idroelettrica Dolomiti. Derivazione dai torrenti Digon, Padola e altri in Comune di Comelico e S. Nicolò di Comelico (Belluno). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 1132 del 29 aprile 1927 (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, pag. 952).

170 – *Opposizioni a concessioni idroelettriche - Infondatezza di quelle per asserta turbativa del deflusso opposte da concessionari di serbatoi a valle.*

Sono da respingere le opposizioni in sede istruttoria della domanda di concessione di derivazione di acqua pubblica, presentata da titolari di concessioni di derivazione a valle che utilizzino le acque di molto più ampio bacino imbrifero e, inoltre, che debbano, in base al rispettivo titolo, provvedere alla costruzione di serbatoio di regolazione.

D. R. 11 dicembre 1930. Concessione Soc. Idroelettrica B. Toffoli. Derivazione dal torrente Vedesana in Comune di Calalzo (Belluno). Parere Cons. Sup. LL. PP. 13 febbraio 1930, n. 297. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, pag. 1215).

NOTE E RIASSUNTI

LE IRRIGAZIONI IN ITALIA (1)

In un paese come l'Italia, dove l'economia ha una base prevalentemente agricola, e dove la natura è stata assai parca di ogni materia prima, necessaria premessa per un deciso orientamento verso una attività sostanzialmente industriale, riesce assai proficua ogni indagine intesa a raccogliere dati e notizie altrimenti di assai difficile conoscenza e di ancor più difficile coordinamento, e che debbono essere presupposti noti per un'equa valutazione, nel presente e nell'avvenire, degli elementi di fatto interessanti il problema agricolo irrigatorio.

Il quadro d'assieme della meravigliosa tessitura irrigua italiana vale anche a mettere in evidenza possibilità di perfezionamenti, esistenza di lacune che le nostre generazioni potranno e dovranno, almeno in parte, colmare, e vale a fornire gli elementi base sui quali impostare un meno vago preventivo di quello che suole intendersi come *fabbisogno*.

Così è da accogliersi con grato animo questa nuova pubblicazione del servizio idrografico italiano, che, perseguendo nella sua instancabile opera informata ad un programma armonico entro una chiara e precisa inquadratura, mira a dare i precisi elementi e il sicuro bilancio delle nostre possibilità idriche per volgerle in frutti nei campi e in lavoro nelle officine.

Le *Irrigazioni in Italia* che raccolgono e coordinano tutti i dati e tutte le notizie relative ad un particolare ma preminente capitolo del problema agricolo, sono alla loro 2ª edizione; il favore con cui a suo tempo, nel 1925, ne venne accolta la 1ª edizione — esauritasi nel volgere di pochi anni — è la migliore comprova che l'opera, colmando una lacuna, risponde ad un bisogno.

Il volume che ora viene alla luce, pur mantenendo inalterati i concetti, le direttive e la tessitura iniziale, è il frutto di una indagine condotta *ex novo*, è il risultato di ricerche informate a più larghe e più minute visioni specie per le regioni dell'Italia centrale e meridionale, è una esposizione meglio aderente alla realtà dell'attività irrigua italiana, che da tradizioni gloriose vuol prendere lo slancio per nuovi ardimenti; la mole stessa dell'opera, che da 280 pagine della 1ª edizione è ora salita a 597 pagine, è indice significativo del nuovo e più vasto lavoro compiuto.

Mantenuti inalterati, come detto, i concetti e le direttive, la rassegna particolareggiata dei vari sistemi irrigui della penisola è preceduta, come allora, da uno studio sintetico comparativo dei fattori esterni influenti sulle irrigazioni medesime, vale a dire delle condizioni termiche, dei caratteri pluviometrici, del regime delle acque superficiali.

Le condizioni termiche sono qui illustrate in quanto interessano la irrigazione, e con riguardo quindi al bimestre aprile-maggio, e al quadrimestre giugno-settembre; per i mesi di tali periodi vengono segnalate le temperature medie, massime e minime dedotte da una serie venticinquennale di osservazioni riferite a quattordici località (di pianura) scelte in modo che le loro indicazioni possano essere ritenute estensibili ad una certa zona.

Le condizioni termiche della penisola risultano bene inquadrate in relazione alle « aree » agricole; dalle tabelle inserite nel testo è immediata la deduzione delle caratteristiche di differenziazione fra le regioni settentrionali e quelle meridionali sia nei riguardi delle medie mensili sia nei riflessi delle differenze fra i valori estremi (temperatura max. e temperatura minima), differenza ad es. che, mentre in settembre supera, a Foggia, gli 8° centigradi si mantiene inferiore, per Venezia, ai 4° centigradi. Ancor meglio possono individuarsi le caratteristiche delle singole regioni sulla scorta dell'esame della frequenza delle temperature più elevate, e precisamente del numero di giorni nei quali si raggiunsero temperature comprese fra 30° e 35°, o rispettivamente superiori ai 35°; così, mentre per Alessandria si ebbero nel venticinquennio 0.1 giorni, in settembre, con temperature oltre i 35°, per Foggia tale frequenza sale a 3.3 (30 volte maggiore).

(1) Nota relativa alla pubblicazione n. 8 del Servizio Idrografico Italiano. (Seconda edizione - 1931).

Se dall'esame delle condizioni termiche si passa a quello delle condizioni pluviometriche, la differenziazione fra le singole parti d'Italia appare ancora più manifesta; questo esame, d'altra parte, è di capitale importanza per una razionale determinazione del quantitativo d'acqua da fornire alle culture; è indispensabile la conoscenza del contributo che naturalmente perviene attraverso le precipitazioni meteoriche e che rappresenta la base da integrare a mezzo dell'irrigazione onde costituire la totale dotazione rispondente alle necessità del ciclo vegetativo. È ovvio come questo elemento debba essere esaminato non solo riguardo alla sua entità (globale nell'anno o nel semestre irriguo od anche per singoli mesi), ma eziandio in relazione alla sua distribuzione entro uno stesso mese, risultando evidentemente ben diverso, a parità di altezza totale di pioggia caduta, l'effetto di un singolo scroscio temporalesco rispetto a quello di due o tre pioggie che fossero distribuite nel mese. Ancora: la scarsità di pioggia — rispetto a quello che potrebbe essere il fabbisogno di una data coltivazione avuto riguardo alla natura del terreno e alle condizioni termiche della località — può avere significato assai diverso, nella previsione delle necessità e dei rendimenti futuri e nell'impostazione di un progetto di irrigazione, a seconda delle frequenze di tali pioggie minime. Entra anche qui il concetto, come in altri campi dell'idrotecnica applicata (serbatoi montani, bonifiche, fognature), dell'evento critico e quindi dell'esame e della retta interpretazione delle possibilità climatiche di una regione.

Ne può discendere una previsione — meglio motivata — dei fabbisogni ai quali commisurare — con criterio pratico-economico — un progetto di irrigazione, da ritenersi in ultima analisi un piano di integrazione, secondo il principio che il quantitativo d'acqua sia da stabilirsi in modo che le opere irrigue abbiano a coprire sicuramente il fabbisogno per la grande maggioranza degli anni del periodo « così che solo per un piccolo « numero di casi le culture stesse debbano risentire deficienze « senza però che siano compromessi i raccolti ».

Nello studio delle caratteristiche pluviometriche delle varie regioni d'Italia venne quindi giustamente preso in esame anche l'elemento *durata delle precipitazioni* pur senza scendere a specificazioni di troppo dettaglio, d'altronde qui neppure opportune, dato che lo studio medesimo è destinato, come doveva esserlo, a fornire un quadro d'insieme e a mettere in evidenza da un lato i differenti caratteri e la diversa importanza che nelle varie regioni presenta l'irrigazione e dall'altro alcuni criteri d'orientamento per l'eventuale sviluppo di ricerche speciali.

Per ognuno dei periodi interessanti il problema irriguo (bimestre aprile-maggio, in relazione alla coltura del prato, trimestre giugno-agosto siccome periodo riconosciuto più asciutto per tutte le regioni italiane a limitata altitudine, e, globalmente, semestre aprile-settembre) venne presa in considerazione sia la distribuzione geografica delle precipitazioni totali, (medie di un certo numero di anni), sia la distribuzione nell'anno medio dei vari totali mensili.

Così, sulla scorta delle osservazioni di 470 stazioni pluviometriche per il trentacinquennio 1886-1920 vennero tracciate le isoiete per tutta la penisola, ottenendosi una rappresentazione grafica atta ad individuare o ad isolare quelle località per le quali sono da attendersi — in media — più scarse precipitazioni, e a mettere in evidenza l'influenza dell'orografia e della latitudine sull'entità delle precipitazioni stesse. Soffermandosi qui soltanto a qualche rilievo circa la distribuzione geografica delle precipitazioni nell'anno medio per il semestre aprile-settembre, basterà ricordare come da 400 mm nella valle del Po si scenda a valori inferiori a 300 mm in Toscana e nel Lazio, a poco meno di 200 mm in Capitanata e Puglia, 150 in Sardegna e 100 nella Sicilia orientale e meridionale.

Per quanto riguarda la distribuzione delle precipitazioni nell'anno può valere la tabella A che riassume i dati di un cinquantennio di osservazioni per 15 stazioni scelte col criterio che la loro posizione geografica abbia a rispecchiare le condizioni pluviometriche di ampie zone.

TABELLA A

PRECIPITAZIONI METEORICHE MENSILI E ANNUE PER ALCUNE STAZIONI CARATTERISTICHE

VALORI MEDI NEL CINQUANTENNIO 1871-1920
(in mm d'altezza d'acqua e in % del rispettivo valore medio mensile del cinquantennio)

STAZIONI		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	ANNUE
Novara	mm	59	57	86	116	121	91	77	77	82	127	85	61	1039
	% val. med.	68	65	99	133	139	105	89	89	94	146	98	70	1200
Parma	mm	59	52	66	86	76	66	40	44	64	106	94	63	806
	% val. med.	88	78	99	128	113	99	60	66	96	158	125	94	1200
Venezia	mm	42	38	55	63	70	82	58	57	67	88	62	50	732
	% val. med.	69	62	90	103	115	134	95	93	110	144	101	82	1200
Chiavari	mm	87	91	118	98	82	68	33	48	108	152	160	120	1165
	% val. med.	89	94	122	101	85	70	34	49	111	157	165	124	1200
Firenze	mm	62	51	71	76	72	67	35	42	75	106	99	82	838
	% val. med.	90	74	103	110	104	97	51	61	109	154	145	119	1200
Pesaro	mm	57	39	43	53	55	52	33	46	73	104	81	55	691
	% val. med.	98	67	74	91	95	90	57	79	126	179	140	95	1200
Perugia	mm	63	56	84	93	84	85	47	50	78	128	117	77	962
	% val. med.	79	70	105	116	105	106	59	63	96	160	146	96	1200
Roma	mm	86	72	76	82	61	45	18	23	73	139	116	104	895
	% val. med.	116	96	101	109	81	60	24	31	97	185	155	139	1200
Caserta	mm	110	86	89	104	79	50	30	34	95	170	129	141	1117
	% val. med.	118	92	95	112	85	54	32	37	102	183	139	152	1200
Foggia	mm	47	33	34	45	43	30	18	33	39	51	58	42	473
	% val. med.	120	85	87	115	110	77	46	85	100	131	149	108	1200
Lecce	mm	65	57	48	53	38	26	15	21	51	86	82	86	628
	% val. med.	125	109	92	102	73	50	29	40	98	165	158	165	1200
Palermo	mm	100	77	62	57	32	13	6	12	46	93	104	111	713
	% val. med.	170	130	105	96	54	22	10	20	78	158	176	188	1200
Siracusa	mm	91	61	38	34	19	5	6	8	50	86	118	88	604
	% val. med.	182	122	76	68	38	10	12	16	100	172	236	176	1200
Corongiu	mm	87	67	74	69	43	25	4	5	26	59	78	98	635
	% val. med.	164	126	140	130	81	47	7	9	49	111	147	185	1200
Sassari	mm	63	48	56	58	46	22	7	10	40	85	94	71	600
	% val. med.	126	96	112	116	92	44	14	20	80	170	188	142	1200

I grafici che, sulla scorta di questa tabella, possono venire costruiti (e alcuni dei quali sono riprodotti nella pubblicazione qui recensita) mettono ben in evidenza per le singole regioni i vari caratteri che dal *tipo continentale* (precipitazioni dei mesi estivi maggiore di quelle dei mesi invernali), passano, attraverso il tipo *sub-litoraneo alpino* (con due massimi annuali primaverile ed autunnale dei quali maggiore il primo) a quello sub-litoraneo appenninico (due massimi annuali, maggiore l'autunnale), per arrivare nelle isole al tipo *marittimo*, (con un unico massimo invernale e un minimo estivo).

La memoria riassume altresì, in tre tabelle e corrispondenti grafici (limitati questi ultimi alle stazioni di Parma, Roma, Siracusa), la probabilità o frequenza del verificarsi di determinate precipitazioni totali nel bimestre, trimestre e semestre considerati, il che — specie attraverso i grafici — dà un'idea concreta circa la irregolarità più o meno forte dell'evento pluviometrico in una data località, e, di riflesso, circa il peso da darsi ad un dato evento critico nella successione delle probabilità per il futuro e nelle previsioni quindi dell'entità delle integrazioni *normali*. Si riporta come saggio di queste indagini laboriose, ma di significato pratico indubbiamente notevole, la tabella relativa al semestre aprile-settembre (vedi tabella B).

Ancor più significativi delle tabelle sono i diagrammi delle durate: è evidente il distacco fra l'andamento delle precipitazioni nell'Italia settentrionale e centrale, rispetto a quello dell'Italia insulare (Siracusa); così ad es. se pel trimestre giugno-agosto si intendesse fare riferimento ad un valore pari alla metà della media dell'anzidetto periodo, nel caso di Parma tale valore non risulterebbe raggiunto soltanto in 13 anni su 100, mentre per Siracusa il verificarsi di un evento meno favorevole raggiungerebbe l'alta cifra del 50 su 100.

Così ancora, l'elaborazione dei dati pluviometrici di un periodo di tempo sufficientemente lungo porta a riconoscere che passando da una località avente una determinata precipitazione media, ad una località a precipitazione media più bassa, aumenta corrispondentemente il campo di variabilità delle precipitazioni riferite alle rispettive medie.

Quale necessario complemento allo studio delle condizioni climatologiche, segue l'esame del regime delle acque superficiali, e, di conseguenza, delle disponibilità idriche nelle singole regioni, in rapporto alle rispettive necessità irrigue, esame condotto dall'Ing. Mario Simonetti del Servizio idrografico centrale sotto la direzione del Prof. De Marchi. Questa parte, in modo speciale, ha potuto essere rielaborata e ha potuto condurre a conclusioni più concrete di quello che non fosse stato possibile nel 1925, data la notevole copia di elementi idrologici che sono stati raccolti in questo frattempo dal servizio idrografico attraverso la sua cospicua rete di stazioni e di osservatori.

Le differenziazioni caratteristiche fra il regime dei corsi d'acqua dell'Italia settentrionale e quello dei corsi d'acqua dell'Italia meridionale o insulare, appare subito dall'esame delle tabelle e dei grafici di cui è corredato lo studio e che mettono in evidenza l'accentuarsi delle discordanze fra disponibilità

Tabella B

PRECIPITAZIONI METEORICHE DEL BIMESTRE APRILE-MAGGIO PER ALCUNE STAZIONI CARATTERISTICHE

Valori che possono essere raggiunti con determinate probabilità
(in mm d'altezza d'acqua e in % della rispettiva precipitazione media nel cinquantennio 1871-1920)

STAZIONI		Precipitazioni che su cento anni non sono superate per anni										
		2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Novara	mm	82	118	150	170	185	237	265	272	298	351	500
	% val. med.	35	50	63	72	78	100	112	115	126	148	211
Parma	mm	58	82	118	131	141	152	166	188	201	226	420
	% val. med.	36	51	72	81	87	94	102	116	124	139	259
Venezia	mm	34	72	86	100	108	118	132	142	163	189	384
	% val. med.	27	54	64	75	81	88	99	107	122	142	289
Chiavari	mm	16	94	129	139	170	176	193	210	228	248	409
	% val. med.	9	52	72	77	94	98	107	117	127	138	227
Firenze	mm	49	79	107	117	124	144	148	154	184	220	329
	% val. med.	33	54	72	79	84	97	100	104	125	148	222
Pesaro	mm	41	50	66	82	92	112	121	127	134	168	229
	% val. med.	38	47	61	76	85	104	112	117	124	156	212
Perugia	mm	76	103	119	138	153	161	180	212	233	259	397
	% val. med.	43	58	67	78	86	91	102	120	132	146	224
Roma	mm	44	81	96	109	115	129	142	156	182	212	332
	% val. med.	31	57	67	77	81	91	99	110	128	149	235
Caserta	mm	68	98	115	126	162	175	189	210	240	279	417
	% val. med.	37	54	63	69	89	96	103	115	131	153	228
Foggia	mm	35	40	58	66	71	77	84	114	122	136	188
	% val. med.	40	46	66	75	81	87	96	130	139	154	214
Lecce	mm	18	43	51	59	81	87	95	111	129	142	198
	% val. med.	20	47	56	65	89	96	105	122	142	156	217
Palermo	mm	4	25	42	56	73	87	97	111	127	150	204
	% val. med.	5	29	47	64	83	98	110	126	144	169	230
Siracusa	mm	2	10	26	29	38	46	60	66	79	88	166
	% val. med.	4	19	49	50	71	85	113	124	148	165	312
Corongiu	mm	13	33	48	59	65	87	96	130	143	234	557
	% val. med.	12	29	43	53	57	77	85	116	127	208	496
Sassari	mm	24	43	61	67	85	101	104	116	154	174	254
	% val. med.	23	41	58	59	82	97	100	111	148	167	243

irrigue e necessità idriche man mano che si procede verso le regioni meridionali, discordanze tanto più accentuate quanto più i bacini si presentano di carattere impermeabile; onde la conclusione che per i bacini dell'Appennino meridionale e delle isole devesi generalmente escludere la possibilità della diretta utilizzazione irrigua, e la necessità, per essi, della creazione di serbatoi; ne consegue altresì che il problema irriguo va diversamente impostato per l'Italia meridionale dove manca una tradizione irrigua locale, e dove, per la creazione di una coscienza irrigua, l'opera dei tecnici dovrebbe essere indirizzata, almeno in un primo tempo, verso la formazione di piccoli impianti: l'esempio dei grandi consorzi irrigui settentrionali non può qui avere valore di riferimento.

Sulla scorta dei dati idrologici del quinquennio 1924÷1928 appare infatti come, per il mese di agosto ad es., i contributi medi scendono dai 30, 40, 50 l/sec. km² dei grandi fiumi in sinistra di Po, a meno di mezzo litro/sec. km² per i fiumi delle isole.

È intenzione del servizio idrografico estendere alle acque sotterranee l'esame delle caratteristiche idrologiche delle varie regioni d'Italia: il compito appare vasto ed arduo non appena si pensi alla grande variabilità, da luogo a luogo, della natura fisica del terreno, alle assai diverse circostanze dalle quali può discendere l'alimentazione di una falda, alle interferenze di fattori molteplici, come la vicinanza di corsi d'acqua o canali con eventuali periodi di asciutta, l'irrigazione in atto (si intende qui parlare di falda freatica superficiale), gli attingimenti più o meno attivi, così che i rilievi freatimetrici vanno interpretati ed elaborati avendo presente tale complesso di fatti; il valore dei tecnici preposti a questo servizio dà affidamento — non appena vengano loro assicurati i mezzi necessari — di ottenere, anche in questo campo, risultati concreti.

Un primo saggio di questi studi appare già in questa seconda edizione delle *Irrigazioni in Italia*, e per quanto i dati raccolti non possano condurre (come del resto già avvertito dallo stesso Prof. De Marchi nelle premesse) a conclusioni concrete, pur tuttavia (sia pure con qualche riserva) essi possono avere carattere, quanto meno, qualitativo ed indicativo.

Premessa così l'illustrazione di quelli che possiamo chiamare i *dati di fatto* per una equa valutazione del problema irriguo e per il tracciamento di meno incerti criteri direttivi intesi ad una razionale individuazione dei *fabbisogni d'acqua*, viene esposto, in una successiva parte, un quadro sintetico dei risultati raccolti per le diverse regioni italiane.

Come nella 1ª edizione, questo studio di sintesi è condotto, con giusti e meditati richiami alla complessità del fatto che non permette conclusioni e confronti se non per taluni singoli punti dell'indagine, dal Prof. De Marchi, il quale, come capo dell'Ufficio centrale del servizio idrografico, ha altresì curato con la ben nota sua competenza e diligenza la preparazione di tutto il lavoro; conclusioni d'insieme poterono essere ricavate soltanto per quanto riguarda i quantitativi d'acqua realmente forniti e i prezzi praticati nelle diverse regioni, questi ultimi naturalmente come semplice espressione numerica, senza possi-

bilità di sicuro giudizio di raffronto in quanto, date le circostanze varie e svariate (punto di consegna dell'acqua, stato d'ammortamento dell'opera, natura e disponibilità dell'acqua, etc.) essi non possono essere riportati ad un unico denominatore.

Sfugge in questo quadro sintetico ogni possibilità di fissare quello che dovrebbe essere il *fabbisogno*, circa il quale le opinioni stesse degli agricoltori sono quanto mai vaghe e discordi, in quanto non derivano da osservazioni sperimentali razionali ma da constatazione *pura* e *semplice* della pratica agraria come attualmente effettuata. È noto d'altra parte come quello che correntemente passa sotto la denominazione di *fabbisogno* sia da riguardarsi più che altro come il quantitativo che effettivamente si usa consumare non solo in relazione a quelle che potrebbero essere le effettive necessità delle culture, ma ben sovente avuto riguardo a circostanze estrinseche, prima fra tutte quelle di una diversa disponibilità dell'acqua medesima.

Razionalmente e logicamente dovrebbe intendersi come fabbisogno quella dotazione d'acqua alla quale corrisponde il reddito netto massimo, dotazione quindi vincolata alle condizioni del luogo, alla coltura, al costo dell'acqua o meglio al costo del complesso di opere e di provvidenze necessarie per addurre l'acqua sul fondo da irrigare. A questo proposito sono riportate, nel quadro sintetico del prof. De Marchi, gli esperimenti condotti nella stazione sperimentale di Utah (Stati Uniti d'America) intesi a mettere in correlazione le dotazioni irrigue per ettaro e per anno coi corrispondenti prodotti agrari (lordi); si scorge, dai diagrammi riportati, come gli incrementi dei prodotti agrari segnano una legge decrescente coll'aumentare delle dotazioni irrigue mentre gli incrementi delle spese accennano — come ovvio e per il fatto che (a prescindere da ogni altro fattore) il governo di volumi d'acqua diventa tanto più oneroso quanto maggiore è il volume stesso in giuoco — ad una legge leggermente crescente.

La sintesi delle condizioni delle irrigazioni in Italia è resa evidente e ben fissata nelle sue linee generali e di massima, da opportune tabelle illustranti l'estensione delle aree irrigate (da circa il 33% della superficie agraria in Lombardia e circa il 28% in Piemonte, per scendere via via a percentuali sempre minori, sino al 0,3% per la Puglia e la Sardegna), i volumi d'acqua effettivamente forniti nelle varie regioni d'Italia per le colture irrigue di grande diffusione (*prato* siccome di massimo sviluppo nella pianura padana, nella regione veneta e in talune zone dell'Italia centrale, *colture ortive* siccome interessanti l'intera regione italiana e caratteristiche del Centro e del Mezzogiorno, *agrumi* per il mezzogiorno e le isole), nonchè i prezzi medi in lire dell'acqua di irrigazione per ogni ettaro rispettivamente per ogni mc. d'acqua fornito (vedi le tabelle C, D, E).

TABELLA C

ESTENSIONE DELLE AREE IRRIGATE
(Valori approssimativi)

REGIONI O GRUPPI DI REGIONI	Area della superficie ag. in migliaia di ha	Estensione delle zone irrigate		Colture irrigue più diffuse
		valore effettivo in migliaia di ha	in %	
Venezia Giulia ed Euganea	2 229	125,0	5,6	prato, risaia, marcita, seminativi varii
Venezia Tridentina	467	14,5	3,1	
Lombardia	1 464	481,8	32,9	
Piemonte	1 743	480,0	27,7	prato, risaia, marcita, seminativi varii
Emilia	714	64,8	7,4	
Romagna	872	12,0	1,6	prato, risaia, orti, seminativi varii
Marche	804	8,0	0,7	prato, seminativi varii
Liguria	225	12,5	5,5	prato, giardino, orto, frutteto, seminativi varii
Toscana	1 220	17,5	1,4	prato, orto, seminativi varii
Umbria e Lazio	1 806	30,0	1,7	prato, orto, seminativi varii
Campania	1 306	35,0	2,7	orto, seminativi varii
Abruzzo e Molise	1 104	14,0	1,3	prato, orto, vigneto, seminativi varii
Puglia	1 727	5,0	0,3	prato, orto, vigneto, agrumeto
Calabria e Basilicata	1 592	59,0	3,7	prato, orto, agrumeto, seminativi varii
Sicilia	2 264	74,0	3,3	orto, agrumeto, vigneto, seminativi varii
Sardegna	1 957	6,0	0,3	prato, orto, vigneto, seminativi varii
ITALIA	21 494	1 442,1	6,2	

TABELLA D

IRRIGAZIONE DEL PRATO

REGIONI	Periodo irriguo (durata media)	Acqua fornita per ha nella stagione irrigua		OSSERVAZIONI
		Volume totale	Portata media continua l/sec.ha	
Venezie:				
Venezia	aprile-settembre	12 000÷20 000	0,80÷2,50	
Venezia Tridentina	maggio-settembre	5 000÷25 000	0,50÷3,00	In alcune località la portata arriva al valore di 8 l/sec.ha
Pianura Padana:				
Versante Alpino	aprile-settembre	14 000÷28 000	1,00÷1,80	
Versante Appenninico	maggio-settembre	6 000÷14 000	0,60÷1,00	
Romagna	giugno-settembre	2 900÷13 000	0,20÷1,20	In queste due regioni la coltura pratense ha limitato sviluppo
Marche	giugno-settembre	12 000	1,20	
Liguria	giugno-settembre	6 000	0,60	Dato rilevato per la sola provincia di La Spezia
Toscana:				
Prov. di Massa e Lucca	giugno-settembre	6 000÷19 000	0,60÷1,90	Le portate maggiori spettano alla provincia di Lucca
Altre provincie	giugno-settembre	3 000÷5 000	0,30÷0,50	
Umbria e Lazio	giugno-settembre	5 000÷9 000	0,50÷1,00	Con l'irrigazione a pioggia il volume non supera i 300 mc/ha
Abruzzi e Molise	maggio-settembre	8 000÷12 000	0,80÷1,40	
Puglia	maggio-settembre	2 000÷5 000	0,20÷0,40	Talvolta il periodo irrigatorio si spinge dall'aprile all'ottobre
Calabria e Basilicata	giugno-settembre	6 000÷9 000	0,60÷0,90	
Sardegna	maggio-settembre	10 000÷13 000	0,90÷1,20	L'irrigazione avviene anche durante le così dette « secche » di gennaio.

TABELLA E

PREZZO ANNUO MEDIO DELL'ACQUA DI IRRIGAZIONE PER OGNI ETTARO, IN LIRE

REGIONI	IMPIANTI DI IRRIGAZIONE			Acqua sotterranea elevata meccanicamente
	demaniali	comunali	consorziali o da acquedotti	
Venezie	—	—	—	—
Lombardia	—	—	20÷250	—
Piemonte	47÷87	—	50÷150	—
Emilia	—	35÷250	—	600÷800
Romagna	—	70÷300	30÷100	300÷1 000
Marche	—	25÷100	30÷40	200÷1 000
Liguria	—	—	1 250÷5 000	300÷3 000
Toscana	225÷400	18÷270	—	450÷1 500
Umbria e Lazio	—	—	—	150÷300
Abruzzo	24÷48	150÷200	10÷150	—
Campania	140÷420	—	—	500÷2 000
Puglia	—	—	—	300÷1 500
Calabria	—	12÷550	—	500÷1 300
Sicilia	3 600÷5 400	60÷1 800	4 400	—
Sardegna	—	—	—	500÷1 500

Per quanto riguarda le dotazioni d'acqua si scorge — limitandosi qui all'esame delle irrigazioni del prato quale appare dalla tabella riportata — come esse varino fra limiti abbastanza estesi passando da meno di mezzo litro sino a 3 l/sec.ha, pur prescindendo in questo esame d'assieme da casi singoli di zone ristrette (specie lungo il versante alpino della pianura padana) dove l'anzidetto consumo di 3 l/sec.ha viene notevolmente superato. Come già avvertito, una delle precipue cause che possono giustificare simili alti consumi è da ricercarsi nelle facili ed abbondanti disponibilità d'acqua per cui può mancare lo stimolo ad una più rigida parsimonia.

Per quanto riguarda i prezzi, intesi riferiti all'ettaro irrigato, si scorge che a parità di sistema di raccolta d'acqua (procedendo cioè a raffronti separati rispettivamente per le acque superficiali e per le acque sotterranee con sollevamento) non si avvertono differenze molto marcate fra le varie regioni, pur con tendenza a lieve aumento nel passare dalla valle Padana al mezzogiorno ed alle isole. Le constatazioni cambiano quando si passi ad esaminare i prezzi praticati per mc d'acqua fornita, per i quali si riscontrano valori elevatissimi in Liguria e nel Mezzogiorno giustificati dalla poca disponibilità d'acqua, dalle colture speciali ad alto reddito, dal maggior incremento di prodotti che (attese le condizioni climatologiche) può aspettarsi da una determinata dotazione d'acqua.

L'esame di sintesi delle irrigazioni nelle varie regioni d'Italia porta a riconoscere, tenendo conto che nelle regioni meridionali le pioggie estive raggiungono dei quantitativi assai minori che nel settentrione, come i quantitativi complessivi d'acqua riconosciuti necessari per le varie colture nel Settentrione si presentano quasi doppi di quelli che vengono invece ritenuti sufficienti nel Mezzogiorno.

***

Le relazioni singole dei vari uffici e sezioni del servizio idrografico (regione Veneta-Valle Padana-Emilia e Marche-Liguria e Toscana-Umbria e Lazio-Campania-Abruzzo e Molise-Puglia Calabria e Basilicata-Sicilia-Sardegna) di mole presso che doppia (nel loro complesso) rispetto a quanto era contenuto nella prima edizione, presentano nel loro assieme un quadro e, si direbbe quasi, un inventario assai dettagliato del sistema irriguo italiano.

Il lavoro di indagine e di raccolta è veramente poderoso quando si pensi che, salvo le relazioni della Commissione Brioschi di idraulica agraria (1876) e della Commissione Reale (1910), l'opera delle quali però era più che altro intesa a studiare le possibilità di un aumento delle disponibilità d'acqua irrigua, e salvo la Carta idrografica d'Italia, rimasta purtroppo incompleta e riferentesi comunque ad uno stato di cose ormai largamente superato, mancava — specialmente per le regioni meridionali — un catasto qualsiasi delle acque di irrigazione, e quando si rifletta, d'altra parte, alla intricata rete di canali e derivazioni, al complesso di usi e di consuetudini e alle condizioni di ambiente così varie, che sono riflessi della varietà di condizioni climatologiche.

Per talune regioni la descrizione è suddivisa, con giusti criteri di individualità fisiche, in relazione alla provenienza delle acque impiegate; così ad es., per la valle Padana vengono trattate separatamente le acque dovute ai seguenti bacini: Mincio-Oglio-Adda-bacini compresi fra Adda e Ticino – Ticino – bacini compresi fra Ticino e Sesia – Sesia-Dora Baltea – irrigazioni dipendenti dalla Sesia e dalla Dora Baltea – bacini compresi fra la Dora Baltea e la sinistra del Po – bacini compresi fra Po e Tanaro – Tanaro Bormida – bacini compresi fra la Bormida ed il Taro – Taro-bacini compresi fra il Taro ed il Secchia – Secchia-Panaro.

Per ogni bacino si premettono molto opportunamente brevi cenni allo scopo di fissare le caratteristiche del clima, delle precipitazioni, dei deflussi, della natura dei terreni, per passare poi all'illustrazione della superficie irrigata e dei principali sistemi irrigui esistenti. In altre regioni la suddivisione, anzichè per bacini, è fatta per provincie, che talora ben aderiscono all'orografia e all'idrografia delle località, e i dati sono sovente accompagnati da note che assurgono quasi al significato di piccole monografie tecnico-agrarie con illustrazione delle modalità e dei sistemi di irrigazione, dei turni e dei periodi di irrigazione, delle coltivazioni più diffuse.

È una rassegna quanto mai interessante, un quadro grandioso di uno dei principali e, si può dire, fondamentali aspetti della nostra vita economica; esso si chiude con una visione stesa dal presidente della 3ª Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ing. Angelo Rampazzi, circa l'avvenire delle irrigazioni in Italia; nell'aridità delle cifre e nell'austero linguaggio tecnico l'elencazione dei progetti di nuove irrigazioni, talune di possibile, prossima attuazione, è un inno di gioiosa affermazione dell'indomita energia e della possente iniziativa di nostra gente, adusata alle fatiche dei campi ed alle vette dell'ardimento, e che, nell'asprezza del diuturno lavoro, vuol piegare alla sua fortuna, per il suo avvenire, ostilità d'uomini e avversità di natura. Non manca però, per il giusto equilibrio, la realistica visione delle cose che ammonisce — contro troppo facili se pure spiegabili entusiasmi — «circa la realtà nei riguardi dei calcoli di tornaconto, impostati spesso sulla previsione di colture ricche di dubbio smercio, o trascuranti difficoltà tecniche, o presupponenti errate valutazioni di situazioni idrologiche che più tardi potrebbero dare amare delusioni».

ING. F. BAY.

LA DIFFUSIONE DEGLI APPARECCHI ELETTRODOMESTICI AD AMSTERDAM

Elektrizitäts-Verwertung e *L'Électrique*, N. 11, febbraio 1931. – DOTT. M. L. LULOFS.

Il Dott. Lulofs, direttore della Centrale Elettrica di Amsterdam, in occasione del 4° Congresso Elettrotecnico dell'Associazione del Commercio e dell'Industria Elettrotecnica d'Olanda, ha parlato sulla diffusione degli apparecchi elettrodomestici nella capitale dei Paesi Bassi.

Già in precedenza l'A. aveva richiamato l'attenzione sul fatto che le Società di distribuzione, non direttamente ma indirettamente, hanno un interesse essenziale a che gli apparecchi elettrodomestici siano venduti nel maggior numero possibile; ora ha voluto chiarire l'importanza che ha preso la fornitura di energia per l'alimentazione di questi apparecchi in rapporto al consumo totale.

A tale scopo è stato ripartito il consumo di energia in alcuni gruppi principali, riportando le loro variazioni in diagrammi.

La figura 1 dà il consumo nel Comune di Amsterdam dall'ann 1907 al 1930; per quest'ultimo anno lo si è calcolato sulla medi dei primi cinque mesi. Dal diagramma si rileva il notevole svi luppo del consumo di energia per usi domestici che ha raggiunt i 78 000 000 di kWh, tanto che è da prevedersi che esso sorpas serà quello per forza motrice (80 000 000 kWh), nonostant che Amsterdam sia essenzialmente un centro industriale.

È da notare che le industrie non hanno quasi più produzioni propria di energia.

È dunque evidente il grande interesse che hanno le Societ elettriche per la diffusione e l'uso regolare degli apparecchi elet trodomestici.

TABELLA I.

Suddivisione del consumo totale di energia fornita con tariffe a prezzo fisso nel 1929.

Aumento del consumo per illuminazione (60÷÷70 % del consumo base)	18×10^6 kWh
Consumo delle stufe: potenza da 70 000 a 75 000 kW, e con un consumo normale annuo da 200 a 300 kWh per unità. Nel 1929 in seguito all'inverno rigoroso, il consumo annuo unitario è stato più elevato, circa 250 kWh. Quindi (70 000÷75 000) × 250 kWh	18×10^6 »
Consumo dei ferri da stiro: numero di apparecchi da 70÷75 000, con un consumo annuo per unità da 50 a 60 kWh, ossia in totale (70 000 ÷75 000) × (50÷60) kWh	4×10^6 »
Consumo degli aspirapolvere: numero 70 000÷÷ 75 000 con un consumo annuo per unità di 40÷50 kWh, ossia in totale (70 000÷75 000) × (40÷50) kWh	$3,3 \times 10^6$ »
Scalda-acqua ad accumulazione con fornitura di energia notturna: nel 1929 si è avuto un consumo di	$8,4 \times 10^6$ »
Scalda-acqua ad accumulazione con fornitura di energia diurna: in particolare apparecchi di 6 e 17 litri, rispettivamente con consumo annuo di 1100 e 2000 kWh, dei quali ne sono installati rispettivamente 3000 e 1000 unità: consumo totale circa 3000 × 1100 + 1000 × 2000 kWh	$5,3 \times 10^6$ »
Bollitori comuni e rapidi: circa 15 000 apparecchi con un consumo annuo di circa 100 kWh	$1,5 \times 10^6$ »
Fornelli: circa 6000 apparecchi con un consumo annuo per ciascuno di 140 kWh	$0,9 \times 10^6$ »
Forni per pasticcerie, panetterie e biscotterie: circa 75 forni per pasticcerie con un consumo annuo di 10 000 kWh; compresi i forni per panetterie e biscotterie, il totale è stato valutato a	$1,0 \times 10^6$ »
Diversi (scalda-acqua, tostapane, asciugacapelli, apparecchi medicali, apparecchi e motori per dentisti, macchine affettatrici per salumerie, macinini per caffè, macchine sbucciatrici, motori per mole e per macchine da cucire, forni domestici, saldatori, crogiuoli per fusioni, geysers, scalda-colla, rubinetti riscaldanti, incubatrici elettriche, ecc.)	$4,6 \times 10^6$ »
TOTALE	65×10^6 kWh

Nella tabella I è stato suddiviso il consumo totale di energia degli utenti che nel 1929 usufruirono delle tariffe per uso domestico, raggruppando gli apparecchi in classi distinte.

L'introduzione della tariffa a diritto fisso, il cui scopo era quello di rendere economicamente possibile l'uso degli apparecchi domestici in aggiunta al consumo normale dell'illuminazione, ha generato un maggior consumo di energia per luce, in seguito all'uso meno parsimonioso della illuminazione, e perchè si lasciano accese continuamente lampade nei corridoi, nelle scale e nelle camere.

Il consumo delle stufe è stato fatto in base a calcoli ed a valutazioni, ma evidentemente esso dipende sempre dalle condizioni atmosferiche dell'annata.

Per i ferri da stiro si è presupposto un consumo annuo di 50÷60 kWh, cifra che differisce da quelle indicate per altri Paesi, specialmente per la Germania; bisogna però tener conto che in quest'ultimo Paese vi sono altri fattori che danno un maggior consumo: per esempio i tedeschi fanno il bucato con maggior frequenza in casa.

Un aumento notevole si è avuto nel consumo di energia fornita di notte; infatti nel 1929 era di 8 400 000 kWh e nel 1930 può essere valutata a 18 000 000 di kWh, l'aumento è conseguenza della rapida diffusione degli scalda-acqua ad accumulazione di calore; infatti si installano circa 200 apparecchi per settimana, cioè circa 10 000 all'anno, numero che è in continuo aumento.

Riportiamo nella tabella II il consumo degli scalda-acqua, nei quali l'energia è fornita con una interruzione di 12÷14 ore, rilevato negli anni 1927 e 1929.

In particolar modo per lo scalda-acqua della capacità di 40 litri, il rapporto di utilizzazione, dato dalla quantità d'acqua calda fornita in percentuale della quantità massima che l'apparecchio può fornire, è molto conveniente e praticamente non è suscettibile di aumento.

TABELLA II.

Capacità dello scalda-acqua l	Consumo annuale di energia kWh		Rapporto di utilizzazione %	
	1927	1929	1927	1929
40	1000	1350÷1400	69	95
80	—	1700÷2000	—	58÷69
150	2300	2700÷2750	42	50
250	—	4400÷4450	—	49

Ciò non avviene per gli scalda-acqua di più grande capacità.

Notevole è anche il consumo dei piccoli scalda-acqua, della capacità di 6÷17 litri, che utilizzano la corrente di giorno, nonostante che il prezzo dell'energia fornita di giorno sia superiore

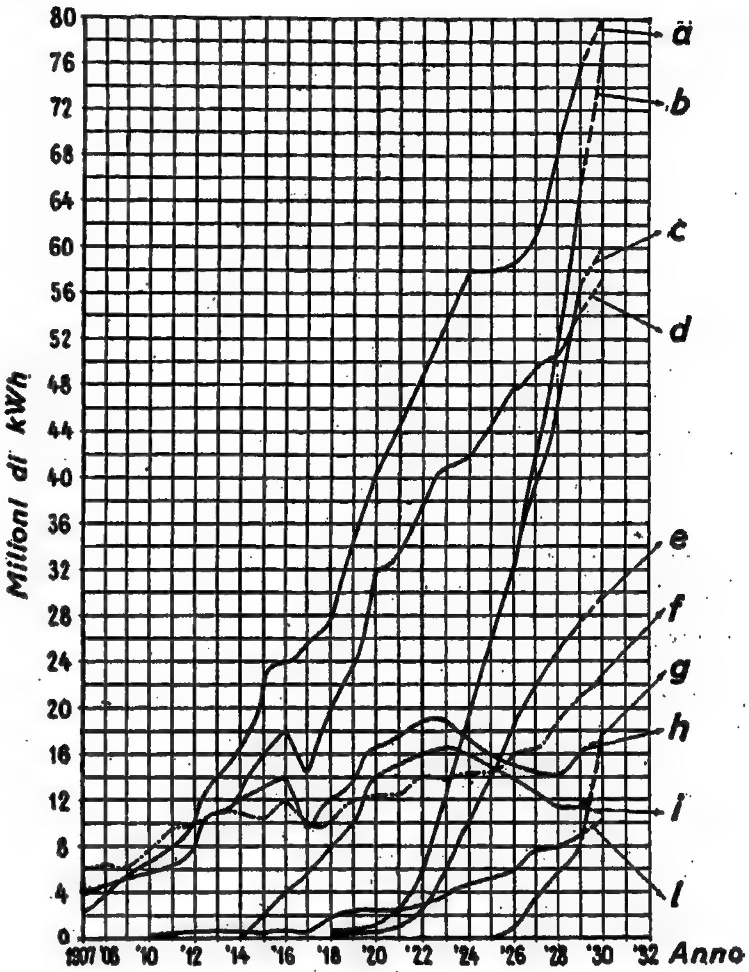


Fig. 1. - Consumo di energia elettrica nel Comune di Amsterdam durante gli anni 1907÷1930.

a - forza motrice, — *b* - consumo domestico compresa l'energia fornita di notte, — *c* - consumo domestico esclusa l'energia elettrica fornita di notte, — *d* - consumo per illuminazione non compresa quella pubblica, — *e* - consumo per illuminazione a tariffa per uso domestico, — *f* - tranvie, — *g* - energia erogata di notte, — *h* - energia luce misurata a contatore ordinario, — *i* - energia luce misurata a contatore automatico, — *l* - illuminazione pubblica.

a quella fornita di notte: questo riconferma il grande vantaggio che offre l'acqua riscaldata elettricamente, data l'alta temperatura che essa può raggiungere.

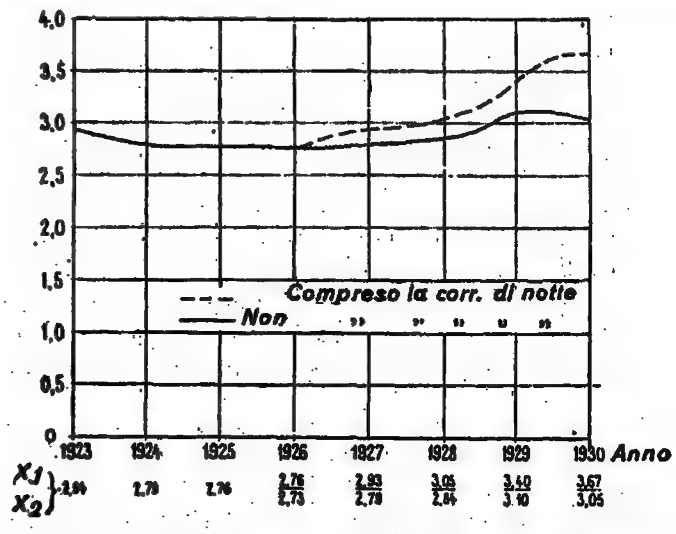


Fig. 2. - Diagramma del rapporto x fra il consumo totale effettivo ed il consumo normale per illuminazione.

In X_1 è compresa l'energia fornita di notte; in X_2 non è compresa l'energia fornita di notte.

Con l'introduzione della tariffa a prezzo fisso, che è basato su un consumo normale per la illuminazione, era interessante esaminare l'effetto di questa tariffa sul consumo dell'energia, facendo il rapporto fra il consumo totale effettivo e il consumo normale per l'illuminazione, posto a base della tariffa a prezzo fisso (fig. 2).

In principio il fattore x diminuì un poco, mantenendosi poi per qualche tempo sul valore 2,8; a partire dal 1928 si notò un certo aumento, indipendentemente dal consumo di energia notturna.

Inoltre un grande svantaggio attribuito alla tariffa a prezzo fisso era che il consumo degli apparecchi domestici, allora in massima parte stufe, accentuava la differenza fra il carico estivo e quello invernale della centrale; ma gradualmente tale

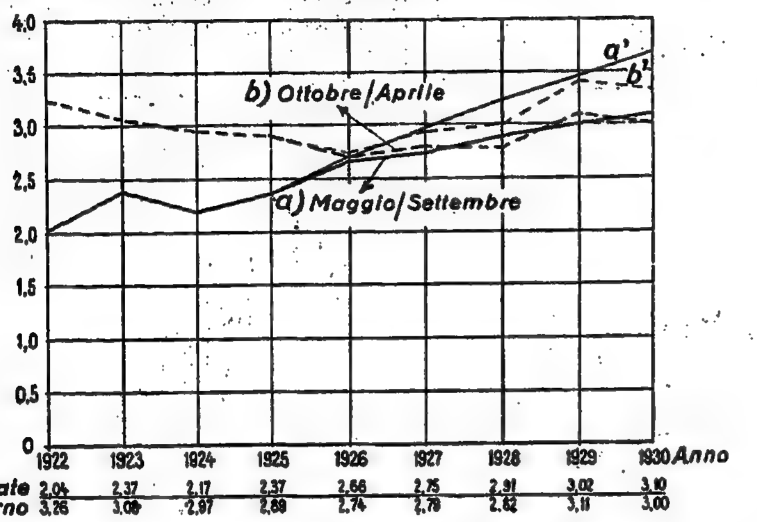


Fig. 3. - Valore del rapporto x nel quale:

a - si riferisce al periodo maggio ÷ settembre, e *b* al periodo ottobre ÷ aprile, non compresa l'energia fornita di notte; *a'* e *b'* si riferiscono rispettivamente agli stessi periodi, tenendo conto dell'energia fornita di notte.

differenza è diminuita (v. fig. 3), tanto che se si tien conto del consumo di energia notturna, si constata una vantaggiosa differenza.

Notevole è il fatto che il consumo di energia per riscaldamento non è proporzionale alla temperatura: invero nei periodi a temperatura moderata che precedono e seguono l'inverno, il consumo di energia per riscaldamento ausiliario è relativamente superiore a quello invernale.

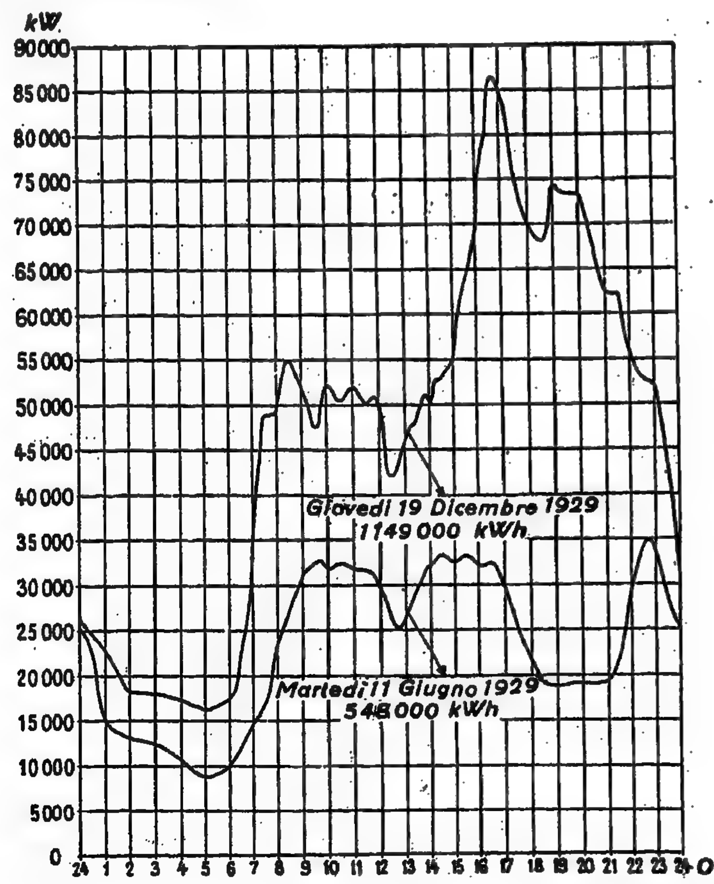


Fig. 4. - Carico della centrale elettrica di Amsterdam in un giorno di estate e in un giorno d'inverno.

Nel diagramma della fig. 4 sono riportate le curve della Centrale Elettrica di Amsterdam per un giorno d'inverno in cui essa funziona a carico massimo, e per uno d'estate a carico minimo, per mostrare fino a qual punto gli usi domestici dell'elettricità possono contribuire ad influenzare favorevolmente le caratteristiche di carico della centrale.

Risulta evidente che durante le ore notturne si potrebbe aumentare il carico in modo notevole, e si nota pure come d'estate gli impianti sono debolmente caricati.

È dunque di grande interesse una propaganda per l'uso domestico dell'elettricità durante i mesi estivi.

Gli utenti che usufruiscono della tariffa a prezzo fisso sono circa 115 000, ma l'A. ha limitato l'inchiesta sulla diffusione degli apparecchi elettrodomestici a 454 abbonati, presi nei diversi quartieri di Amsterdam.

Nella tabella III sono indicati per l'anno 1928 il numero totale di apparecchi e la percentuale del numero dei consumatori che sono stati raggruppati secondo il numero di anni durante i quali usufruiscono della tariffa a prezzo fisso; notasi come col perdurare della tariffa a prezzo fisso aumenta l'uso degli apparecchi elettrodomestici per utente, tanto che il numero di apparecchi dal 140 % è passato al 175 % dopo tre anni, mentre per le stufe dal 30 % si è raggiunto il 47,5 %.

TABELLA III.

APPARECCHIO	QUARTIERI POPOLARI					
	N. 101 utenti con 1 anno di tariffa a prezzo fisso		N. 75 utenti con 2 anni di tariffa a prezzo fisso		N. 74 utenti con 3 anni di tariffa a prezzo fisso	
	N.	%	N.	%	N.	%
Aspirapolvere......	66	65	55	73	57	77
Ferri da stiro.....	75	74	54	72	65	87,5
Teiere............	—	—	2	3	4	5
Tostapane..........	—	—	—	—	1	1
Fornelli	—	—	—	—	—	—
Bollitori	1	1	3	4	1	1
Scalda latte	—	—	—	—	—	0
Asciugacapelli.....	—	—	1	1	2	3
TOTALE		140		153		174,5
Stufe da ½ kW....	6	6	2	3	5	7
1	15	15	15	20	18	24,5
1½	6	6	11	14,5	8	11
2	3	3	4	5	4	5
2½	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—
TOTALE		30		42,5		47,5

Apparecchi installati: numero totale e in percentuale del numero di consumatori i quali sono stati raggruppati a seconda del numero di anni durante i quali essi hanno avuto la tariffa a prezzo fisso. Dati relativi all'anno 1928.

Gli aspirapolvere ed i ferri da stiro predominano sia presso coloro che da pochissimo tempo hanno la tariffa a prezzo fisso, sia presso coloro che l'avevano già da tre anni; gli altri apparecchi seguono con cifre molto più esigue anche per gli abbonati da più di tre anni.

Pertanto in Amsterdam, sopratutto nei quartieri popolari vi è molto da lavorare per la propaganda degli apparechi elettrodomestici.

Oltre che in base al numero d'anni durante i quali gli abbonati usufruiscono della tariffa a prezzo fisso, anche le condizioni sociali degli utenti hanno permesso ricerche statistiche, tenendo conto della « base di illuminazione », cioè del numero di kWh consumati normalmente per luce, che, come si sa, è a base della tariffa a prezzo fisso.

Pertanto i consumatori furono divisi in cinque gruppi, tenendo conto delle loro condizioni sociali, e cioè con:

Consumo di energia da 0 a 140 kWh per anno
» » » » 140 » 200 » » »
» » » » 200 » 300 » » »
» » » » 300 » 500 » » »
» » » » 500 e oltre » » »

L'inchiesta relativa a questi 5 gruppi è stata fatta rispettivamente su 112, 141, 79, 89 e 33 utenti.

Nella tabella IV riportiamo in valore assoluto e in percentuale il numero dei diversi apparecchi installati; risulta che in generale il numero di apparecchi installati aumenta proporzionalmente all'agiatezza degli utenti, ma sembra che per consumi annui di energia da 300 a 500 kWh, si abbia una certa saturazione, poichè l'aumento del gruppo successivo è nullo o quasi.

TABELLA IV.

APPARECCHIO	BASE DI ILLUMINAZIONE										Totale per i 454 utenti (dati riferiti agli anni 1927 e 1928)		Totale per tutti gli utenti di Amsterdam che hanno tariffa a prezzo fisso	
	0 ÷ 140 kWh consumo annuo		140 ÷ 200 kWh consumo annuo		200 ÷ 300 kWh consumo annuo		300 ÷ 500 kWh consumo annuo		Oltre 500 kWh consumo annuo				Valutazione	
	112 utenti		141 utenti		79 utenti		89 utenti		33 utenti				per eccesso	per difetto
	N.	%	N.	%	N.	%	N.	%	N.	%	N.	%	%	%
Aspirapolvere	85	76	110	78	64	81	71	80	24	72,5	354	78	77,5	77,5
Ferri da stiro	86	76,5	110	78	67	85	76	85,5	27	82	366	81	79	79
Teiere	1	1	9	6,5	5	6,5	5	5,5	—	—	20	4,5	3,5	3,5
Tostapane	—	—	6	4,5	4	5	9	10	6	18	25	5,5	3	7
Fornelli	2	2	2	1,5	6	7,5	2	2,5	—	—	12	2,5	2,5	11,5
Bollitori	1	1	6	4,5	21	26,5	18	20,5	12	36,5	58	13	7,5	8,5
Scalda-acqua	—	—	2	1,5	2	2,5	3	3,5	3	9	10	2	1	1,5
Asciuga-capelli	—	—	3	2	5	6	1	1	2	6	11	2,5	2	9,5
TOTALE	175	156,5	248	176,5	174	220	185	208,5	74	224	856	189	176	198
Stufe da ½ kW	3	2,5	10	7	10	12,5	9	10	2	2	34	7,5	6	6
» » 1 »	25	22,5	36	25,5	36	45,5	52	58,5	10	30,5	159	35	28,5	28,5
» » 1½ »	8	7	22	15,5	21	26,5	30	34	20	60,5	101	22,5	15,5	15,5
» » 2 »	5	4,5	13	9	10	12,5	24	27	8	24	60	13	9	9
» » 2½ »	1	1	—	—	—	—	—	—	1	3	2	0,5	0,5	0,5
» » 3 »	—	—	—	—	5	6,5	11	12,5	—	—	16	3,5	1,5	1,5
TOTALE	42	37,5	81	57	82	103,5	126	142	41	124	372	82	60,5	60,5
Potenza delle stufe per utente	0,46		0,71		1,36		2,05		1,8		1,11		0,78	0,78

Numero totale apparecchi installati, percentuale rispetto al numero dei consumatori, e potenza media delle stufe in kW per utente, nelle abitazioni con tariffa a prezzo fisso.
Gli utenti sono stati suddivisi a seconda del consumo di energia per illuminazione; i dati si riferiscono agli anni 1927 e 1928.

TABELLA V.

	Numero totale		GRANDEZZA DEL CONSUMO				
			0 ÷ 140 kWh	140 ÷ 200 kWh	200 ÷ 300 kWh	300 ÷ 500 kWh	> 500 kWh
Statistica riferita a 454 utenti con tariffa a prezzo fisso.	454 (100%)	Numero utenti	112	141	79	89	33
		%	25	31	17	20	7
		Consumo medio in kWh	121	163	237	381	717
Statistica riferita a tutti gli utenti con tariffa a prezzo fisso, durante l'anno 1928	52 598 (100%)	Numero utenti	23 264	18 214	6 663	3 055	1 402
		%	44	34	13	6	6
		Consumo medio in kWh	123	159	244	379	892

TABELLA VI.

APPARECCHI	NUMERO DELLE VENDITE ANNUALI									Totale apparecchi venduti fino a metà anno 1928		Totale a metà anno 1928, desunto dalla statistica degli apparecchi
	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	N.	kW	
Aspirapolvere	1 265	1 460	1 319	5 563	9 094	9 539	6 664	6 566	3 492	38 167	6 000	62 000
Ferri da stiro	3 183	2 574	1 888	2 489	3 530	3 999	4 223	4 143	2 799	23 957	9 000	64 000
Teiere	—	—	154	165	—	446	474	600	533	1 539	170	2 800
Tostapane	151	224	292	358	459	510	457	569	519	2 735	1 100	2 400
Fornelli	537	693	700	711	614	542	573	598	526	4 669	3 300	2 000
Bollitori e scalda-latte	1.088	1 070	952	945	1 076	1 151	1 157	1 295	1 160	8 087	3 900	6 000
Scalda-latte	—	—	—	—	—	684	—	—	—	—	—	800
Asciuga-capelli	313	396	400	559	567	—	565	552	548	3 760	1 900	1.600
Stufe	2 489	3 718	4 583	4 150	4 952	5 599	6 444	4 277	3 882	34 073	47 841	39 000

Numero degli apparecchi elettrodomestici venduti dal Magazzino Comunale di Amsterdam dall'anno 1921 al 1929.

Le due ultime colonne permettono di farsi un'idea sul numero di apparecchi che sono installati ad Amsterdam; la prima confronta il risultato delle ricerche su 545 abitazioni con quello del totale delle abitazioni della città (tab. V). Questa tabella rappresenta il consumo medio normale per l'illuminazione di ciascuno dei gruppi, ed il rapporto fra il numero di ciascun gruppo alla totalità del numero dei consumatori.

Le cifre della colonna seconda sono state ottenute in tutt'altro modo, e cioè partendo dal consumo specifico dei diversi apparecchi indicati nella tabella I, dalla proporzione del nu-

mero di apparecchi venduti dal Magazzino Comunale di Amsterdam. Forse queste cifre saranno un po' elevate perchè non si è tenuto conto degli apparecchi che per usura od altre cause sono stati messi fuori uso, nè degli apparecchi acquistati ad Amsterdam, ma inviati in provincia.

Si constata che i ferri da stiro, gli aspirapolvere e le stufe sono sempre gli apparecchi più diffusi.

Nelle tabelle VI e VII è riportato il numero di apparecchi venduti negli ultimi anni dal Magazzino Comunale di Amsterdam. Il numero di aspirapolvere venduti, che in principio ha avuto un rapido aumento, è di molto diminuito nel 1929, ma ciò è dovuto al fatto che in tale anno è venuta a scadere una convenzione che la Centrale di Amsterdam aveva concluso con un fabbricante di aspiratori.

TABELLA VII.

APPARECCHIO	Numero	Prezzo medio di vendita in L.	TOTALE L.
Aspirapolvere	3482	1017	3 552 008
Ferri da stiro	2799	36	99 933
Teiere	533	59	31 503
Tostapane	519	83	43 223
Fornelli	526	65	34 383
Bollitori, scalda-latte	1160	64	73 757
Asciugacapelli	548	95	52 200
Stufe	3881	153	593 374

Numero degli apparecchi elettrodomestici venduti nell'anno 1929 dal Magazzino Comunale di Amsterdam.

Bisogna anche rilevare la grande attività del commercio privato, perché tardivamente gli installatori hanno cominciato a comprendere quale vasto campo commerciale è ancora riservato alle applicazioni elettrodomestiche.

E. de' B.

LA NUOVA TARIFFA MISTA PER ILLUMINAZIONE E USI ELETTRODOMESTICI DELLA "COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ".

Da *Le Génie Civil*, 18 aprile 1931. – CH. MALEGARIE, Ing. Capo «des Ponts et Chaussées», Dirett. Generale della C.P.D.E.

L'A. dopo aver prospettato le difficoltà di vario genere che un distributore incontra nella tariffìcazione dell'energia elettrica, esamina i diversi elementi che concorrono alla formazione del costo di produzione della medesima e illustra i vari tipi di tariffa che si possono adottare e che sono stati adottati dalla C.P.D.E.: tariffe basate sulla durata e sulla potenza impegnata, tariffe basate sul momento di utilizzazione (notte, giorno, punta) e tariffe miste. Riferendosi a queste ultime così descrive la nuova tariffa mista della C.P.D.E.: « La tariffa mista suddivide il consumo in tre parti: la prima è considerata come illuminazione e viene fatturata ai prezzi normali « luce »; la seconda è considerata come « usi diversi » e fatturata colla tariffa normale « usi diversi »; la terza è pure considerata come « usi diversi » ma inoltre la si presume effettuata in ore notturne e vien fatturata colla tariffa « usi diversi » con una forte riduzione (67%). Fino agli inizi di quest'anno, l'importanza delle due prime classi (assorbendo, ben inteso, la terza tutta l'eccedenza del consumo annuale) era determinata in ragione della potenza impegnata. Basata in realtà sulla suddivisione del consumo in « luce » e « usi diversi » (e sulla presunzione di un determinato momento di utilizzazione per una parte del consumo per « usi diversi »), questa tariffa dava pure l'impressione di avere la sua base sulla durata di utilizzazione. Incontrò quindi il favore degli utenti e sortì perfettamente al suo scopo finchè gli apparecchi elettrodomestici d'uso corrente furono di debole potenza; evitando il doppio impianto negli appartamenti, si facilitò l'impiego degli apparecchi elettrodomestici e di conseguenza un incremento nel consumo dell'energia elettrica. Le statistiche della C.P.D.E., mostrano infatti che attualmente il consumo medio di un utente privato a tariffa mista è press'a poco doppio di quello di un utente privato a tariffa « luce » normale.

« Ma col diffondersi dell'uso di apparecchi elettro-domestici di più forte potenza, quali lo scalda-acqua, i forni, i bollitori, e sopratutto i radiatori, la tariffa mista si è rivelata inadatta allo scopo per il quale era stata creata. Essa si basava, com'è stato detto, per la valutazione delle due prime classi sulla potenza impegnata. Un utente a tariffa mista che volesse aggiungere al suo impianto preesistente, impianto luce e forno di cucina per es., uno scalda-acqua o dei radiatori, si trovava costretto a raddoppiare la potenza impegnata e così a veder raddoppiata la prima parte: si sarebbero aggiunti alla sua bolletta dei kWh *luce*, mentre egli aggiungeva al suo consumo dei kWh di *usi diversi*.

« L'aspetto di tariffa basata sulla durata di utilizzazione prevaleva sulla effettiva suddivisione dell'impiego dell'energia.

« Ogni aumento di potenza incideva così sensibilmente sul prezzo medio dell'energia che l'utente si vedeva costretto a installare due impianti separati. Se egli indietreggiava davanti a questa spesa, s'egli rinunciava a far uso dello scaldaacqua o del radiatore sopra menzionato, lo sviluppo delle applicazioni domestiche si trovava compromesso. Ora noi sappiamo, per gli esempi che ci vengono da ogni parte, come sia desiderabile lo sviluppo delle applicazioni.

« La Compagnia è stata così indotta a cercare, per determinare l'importanza delle due prime parti della sua tariffa mista, un'altra base oltre alla potenza impegnata dall'utente, e ispirandosi ai diversi sistemi in vigore nelle varie città d'Europa e d'America essa ha scelto, come base, la grandezza dell'appartamento, la quale è certamente in relazione colla quantità di energia necessaria alla sua illuminazione normale. La grandezza dell'appartamento può essere presa come base sia consideran-

SUPERFICI, POTENZE, CONSUMI, ORARI D'UTILIZZAZIONE A TARIFFA NORMALE E A TARIFFA MISTA (in funzione del numero dei locali)

Numero locali per appartamento *	1		2		3		4		5		6		7		8	
Tariffa **:	(*a*)	(*b*)	(*a*)	(*b*)	(*a*)	(*b*)	(*a*)	(*b*)	(*a*)	(*b*)	(*a*)	(*b*)	(*a*)	(*b*)	(*a*)	(*b*)
Numero dei casi	1580	140	2740	50	8000	380	6080	580	2510	430	1430	380	820	260	500	180
Superficie m²	12	14	18	25	32	33	50	55	74	83	111	113	157	159	191	187
Potenza impegnata kW	0,37	0,45	0,35	0,39	0,35	0,48	0,39	0,54	0,50	0,75	0,75	0,93	1.15	1,27	1,60	2,13
Consumo annuale kWh	59	84	68	140	91	131	122	190	168	267	238	408	331	448	438	570
Utilizzazione annuale ore	159	187	194	237	260	273	313	352	336	356	317	439	288	353	274	268
Rapporti corrispondenti (*b*)/(*a*):																
Numero dei casi	0,09		0,02		0,05		0,10		0,17		0,26		0,32		0,36	
Potenza impegnata	1,22		1,69		1,37		1,38		1,50		1,24		1,10		1,33	
Consumo annuale	1,42		2,06		1,44		1,56		1,59		1,71		1,35		1,30	
Utilizzazione annuale	1,18		1,22		1,05		1,12		1,06		1,38		1,23		0,98	

* Si conta l'insieme dei servizi come un locale solo (cucina, anticamera, bagno, W. C. ecc.).
** (*a*) = Tariffa normale; (*b*) = tariffa mista.

done le superficie come considerando il numero dei locali: ed è a quest'ultimo criterio che la Compagnia ha dato la sua preferenza perchè esso si presta a minor discussioni colla clientela. La nuova tariffa mista che la C.P.D.E. sostituisce alla vecchia osserva ancora il principio della suddivisione in tre parti del consumo annuale colla relativa applicazione di differenti prezzi, ma valuta l'importanza di ciascuna delle due prime classi in funzione non più della potenza impegnata, ma del numero dei locali di cui l'appartamento si compone.

« Per procedere in modo razionale a questa nuova valutazione si rese necessario uno studio preparatorio.

« Tale studio si svolse su circa 27000 casi ciascuno dei quali venne elencato su una scheda perforata. La classificazione e l'elaborazione di queste schede, effettuatasi con macchine *ad hoc*, permise di ricavare tutti gli insegnamenti richiesti dallo studio intrapreso; i risultati di questo studio sono riassunti nella tabella allegata. Conosciuta, mediante questo studio, la potenza media impegnata in funzione del numero dei locali, fu facile adattarvi la tariffa mista del 1923 basata sulla potenza. Essendo poi noto il consumo medio attuale in funzione del numero dei locali, tanto degli utenti a tariffa normale come di quelli beneficianti della tariffa mista del 1923, fu possibile determinare l'importanza di ciascuna delle due prime classi della nuova tariffa mista cosicchè la perdita di incassi dovuta a questa tariffa diventa tollerabile finchè il consumo si mantiene al livello attuale: ben presto così si verificò il previsto aumento del consumo.

« L'importanza delle due prime classi della nuova tariffa mista risulta chiaramente dal seguente specchietto:

N. dei locali	Importanza in kWh della I classe	Importanza in kWh della II classe
1	70	35
2	100	50
3	130	65
4	160	80
5	200	100
6	240	120
7	300	150
più di 7	aggiungere 80 kWh per locale	aggiungere 40 kWh per locale

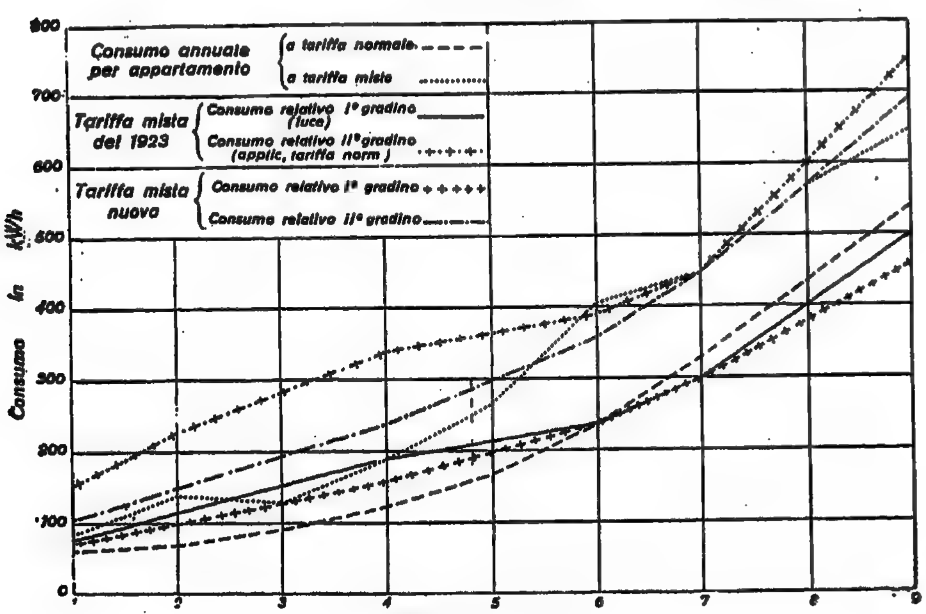


Fig. 1.

« Sul grafico (fig. 1) si troverà poi in rapporto al numero dei locali:

a) Il consumo medio annuale effettivo tanto degli utenti a tariffa normale come di quelli a tariffa mista 1923.

b) Il consumo corrispondente a ciascuna delle due prime classi della tariffa mista del 1923.

c) Il consumo corrispondente a ciascuna delle due prime classi della nuova tariffa mista.

« La potenza richiesta dall'utente nei momenti *di punta* dei distributori incide pesantemente sulle sue spese: nessuna tariffa razionale può trascurare questa considerazione e la C.P.D.E. ne ha fatto base di una delle sue tariffe, dove l'energia erogata per usi diversi dall'illuminazione è misurata da un contatore a 3 quadranti e venduta a 3 prezzi differenti secondo il momento della giornata nel quale essa è utilizzata: l'utente è così spinto a restringere il suo consumo di *punta* (pel quale il prezzo è quintuplo di quello delle ore notturne). La tariffa mista del 1923, benchè non agendo direttamente nello stesso modo, era tuttavia poco stimolatrice degli aumenti di potenza: era nello stesso tempo uno stimolo all'incremento del consumo, e una garanzia contro aumenti della potenza di punta. Nella nuova tariffa mista le due prime classi definite in funzione del numero dei locali sono indipendenti dalla potenza e l'utente può aumentarla senza che si verifichi alcuna ripercussione sul suo prezzo: donde il pericolo della richiesta di forti potenze nelle ore di punta. Questo pericolo è però praticamente annullato dal fatto che la maggior parte degli apparecchi elettrodomestici si impiega normalmente in ore morte; il pericolo effettivo di un fabbisogno di potenza per « usi diversi » che non siano « luce » nelle ore di punta (verso le 17) esiste solo nel caso del riscaldamento di appartamenti per mezzo di stufe non ad accumulazione. Per ovviare a questo rischio la Compagnia ha introdotto nella sua nuova tariffa mista una potenza limite fissata in relazione al numero dei locali, capace d'assicurare l'alimentazione dello scalda-acqua e degli apparecchi da cucina ma insufficente per permettere il riscaldamento dell'appartamento. All'utente poi che ha bisogno di una potenza superiore a questo limite la C.P.D.E. offre, senza obbligarlo alle più forti spese dell'installazione di un doppio impianto, una variante alla tariffa mista: impianto unico per « luce » e « usi diversi » ma comandato da un contatore a triplo quadrante; il consumo in questo caso viene fatturato come se la corrente fosse utilizzata per « usi diversi » e a 3 prezzi differenti secondo le ore di utilizzazione (notte o ore morte, giorno, punta) il prezzo alto delle ore di punta garantisce contro le richieste eccessive in questi momenti: la quantità d'energia usata per l'illuminazione valutata a forfait secondo il numero dei locali dà poi luogo ad un contributo complementare, rappresentante la differenza tra la tariffa luce e la parte di essa già fatturata.

« Questa è la nuova tariffa mista che reca il vantaggio, come quella del 1923, di riunire sullo stesso impianto lampade e apparecchi elettrodomestici, ed inoltre consente la facilità di aumentare la potenza necessaria pel funzionamento di questi apparecchi senza che questo influisca sul prezzo medio dell'energia. L'esempio di parecchie città e specialmente di Amsterdam, dove una tariffa analoga è stata introdotta nel 1918, autorizza a credere che questa nuova tariffa contribuirà grandemente allo sviluppo delle vendite d'energia per apparecchi elettrodomestici ».

E. C.

NOTA. – Abbiamo pubblicato, prendendolo dal *Génie Civil* queste notizie sulla nuova tariffa adottata dalla « Compagnie Parisienne » anche per mettere in rilievo come ormai vadano ovunque prendendo piede concetti nuovi sulla tariffazione per uso domestico. Merita particolare menzione il criterio del riferimento della tariffa al numero di ambienti, che va prendendo grandissima diffusione.

Purtroppo i congegni tariffari di questo genere sarebbero ostacolati in Italia dal sistema fiscale: il quale dovrà pure un giorno o l'altro essere modificato, se non vogliamo far la figura d'essere fra i primi nella produzione dell'energia e gli ultimi nelle sue applicazioni ai bisogni della vita. Il concetto che forma la base della nostra tassazione (governativa e comunale) è evidentemente quello che l'illuminazione elettrica sia un oggetto di lusso: concetto che poteva sì e no essere accettato nel 1885! L'energia elettrica misurata dagli ordinari contatori domestici in Italia paga un complesso di tasse che rappresenta in media il 63% del suo prezzo di vendita: è in questo, fra i prodotti d'uso comune, superata soltanto dai generi di privativa, dallo zucchero e dai fiammiferi. Con la differenza che se è possibile vivere senza fumare o non consumando dolciumi, soltanto i gatti possono rinunciare alla illuminazione.

L'E. E.

RASSEGNA TECNICA

a) UN NUOVO TIPO DI TRAVERSA MOBILE

Science et Industrie, ottobre 1930. – ING. M. AUBERT.

È stato recentemente costruito, sulla Senna, un tipo di traversa mobile ad elementi indipendenti che, non richiedendo l'appoggio di pile intermedie, sembra particolarmente indicato per lo sbarramento di larghi corsi d'acqua, specialmente a scopo di navigazione.

Questo tipo di diga mobile non presenta caratteri sostanziali di novità; esso costituisce bensì un perfezionamento di un tipo di traversa assai più vecchio che fu già adottato per il medesimo fiume durante il secolo scorso e che funziona anche attualmente in alcuni impianti idroelettrici. La primitiva traversa, anche da noi conosciuta sotto il nome di « Chanoine », è formata da vari elementi affiancati ognuno dei quali è costituito da un grosso tavolone di legno che porta imperniato a circa metà della sua altezza una trave reticolare metallica di sostegno, ben visibile in fig. 1, e un puntello d'arresto che, al termine del sollevamento, va a contrastare contro un apposito rilievo in ghisa.

Il sollevamento dei singoli elementi della traversa vien fatto a mano ed è stato quindi studiato in modo da richiedere il minimo sforzo.

Esso avviene in due tempi: prima mediante una trazione, esercitata sulla parte posteriore del tavolone, si alza il sostegno fino a che la parte inferiore del puntello venga a contrastare contro il tallone d'arresto; raggiunta questa posizione basta premere contro la parte del tavolone che deve abbassarsi perchè questo, appena olrepassata la posizione orizzontale, sia portato nella sua posizione definitiva dalla pressione dell'acqua.

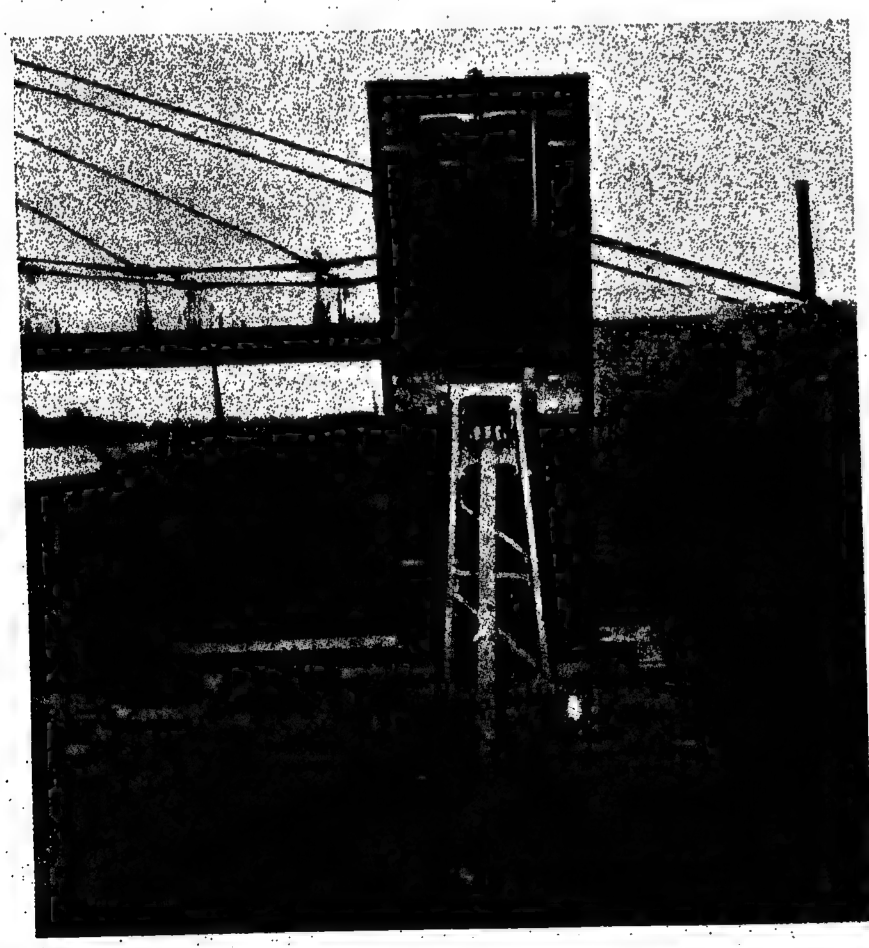


Fig. 1.

L'abbattimento simultaneo di tutti gli elementi avviene mediante lo spostamento di una lunga sbarra munita di appositi rilievi contrastanti contro la partei nferiore dei puntelli, la quale ha lo scopo di spostare i puntelli stessi dalla posizione d'appoggio. I principali svantaggi presentati da questo tipo di sbarramento si devono imputare specialmente alla manovra di sollevamento troppo laboriosa che, dovendo venire effettuata con rapidità, prima cioè che si sia creato un sensibile dislivello tra il pelo d'acqua a monte e quello a valle, richiede l'opera contemporanea di varie persone.

A Mellun, per esempio, occorrevano due squadre di sei uomini lavoranti contemporaneamente.

Alcune irregolarità di funzionamento si debbono imputare alla sbarra di abbattimento della traversa, il cui funzionamento può venir ostacolato dalle ghiaie.

Nel sistema moderno si cercò di rendere più semplice la manovra della traversa; si cercò anzi di ottenere tanto l'alzamento quanto l'abbattimento mediante una semplice trazione sempre diretta da valle verso monte.

A questa soluzione si pervenne apportando due modificazioni ad ogni elemento della traversa. Si allungò la parte inferiore di ciascun tavolone in modo da farlo appoggiare permanentemente, anche a traversa abbattuta, contro la soglia opportunamente arrotondata. Questa semplice modifica rende possibile il sollevamento in un tempo solo; nel vecchio tipo, il sollevamento diretto del tavolone era ostacolato dal tavolone stesso che veniva a contrastare contro la soglia.

L'abbattimento del tipo modificato si ottiene pure raddrizzando il tavolone fino a che il puntello, dopo esser passato sui denti d'arresto, giunga ad un ultimo dente conformato in modo da far scivolare il puntello da un lato in un'apposita guida di « scappamento » e permettere così l'abbattimento del tavolone.

Queste due varianti al primitivo tipo permisero di risolvere con facilità il problema del sollevamento meccanico.

Allo sbarramento di Varennes, nel quale l'antico tipo Chanoine è stato per metà sostituito dal tipo modificato, ad ogni tavolone è connessa una catena che viene attaccata di volta in volta alla fune dell'argano. Le catene possono essere raggiunte mediante catenelle che le uniscono una all'altra.

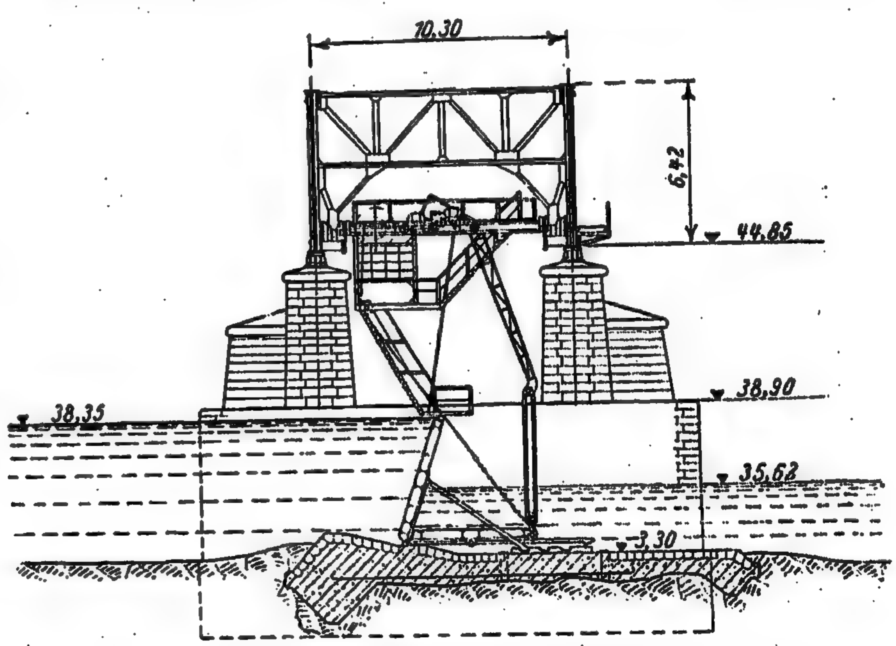


Fig. 2.

Il carrello porta argano è sospeso a due rotaie alle quali è sovrapposta una passerella, e porta una specie di ponticello a sbalzo sul quale prende posto una delle due persone occorrenti per la manovra.

Allo sbarramento di Vives-Eaux (fig. 2), la manovra è più semplice e può venire effettuata da un'unica persona con un ordine qualunque, dato che ogni tavolone è indipendente da quelli vicini.

Il sistema di sollevamento è qui costituito da un vero braccio metallico terminante ad uncino; il movimento della parte superiore avviene a mezzo di un settore dentato, la parte inferiore viene invece manovrata mediante la fune di un verricello.

I tavoloni sono del tipo descritto più sopra e i denti d'arresti del puntello sono tre e permettono quindi tre posizioni diverse di ogni elemento (fig. 3).

Ogni elemento porta poi lateralmente dei dispositivi di ritenuta in lamierino che hanno dato buoni risultati.

In caso di guasto gli elementi sono facilmente asportabili poichè sono connessi al fondo con due soli bulloni.

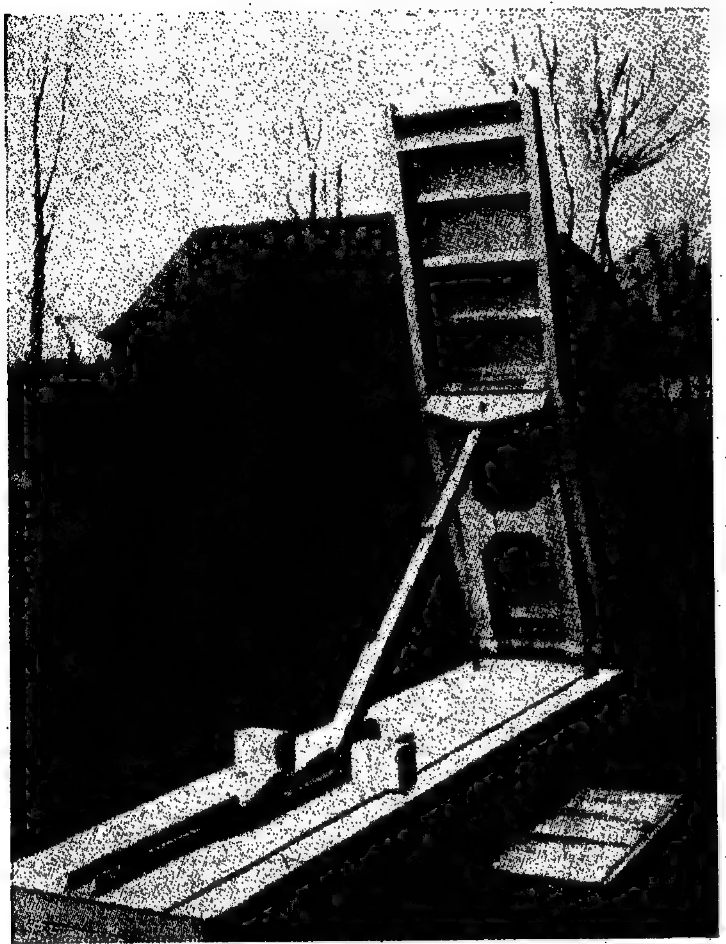


Fig. 3.

Il rischio dell'urto di ghiacci o d'altri galleggianti è molto ridotto poichè ogni tavolone può ruotare intorno al proprio perno. Se l'urto non è considerevole il tavolone ritorna a posto

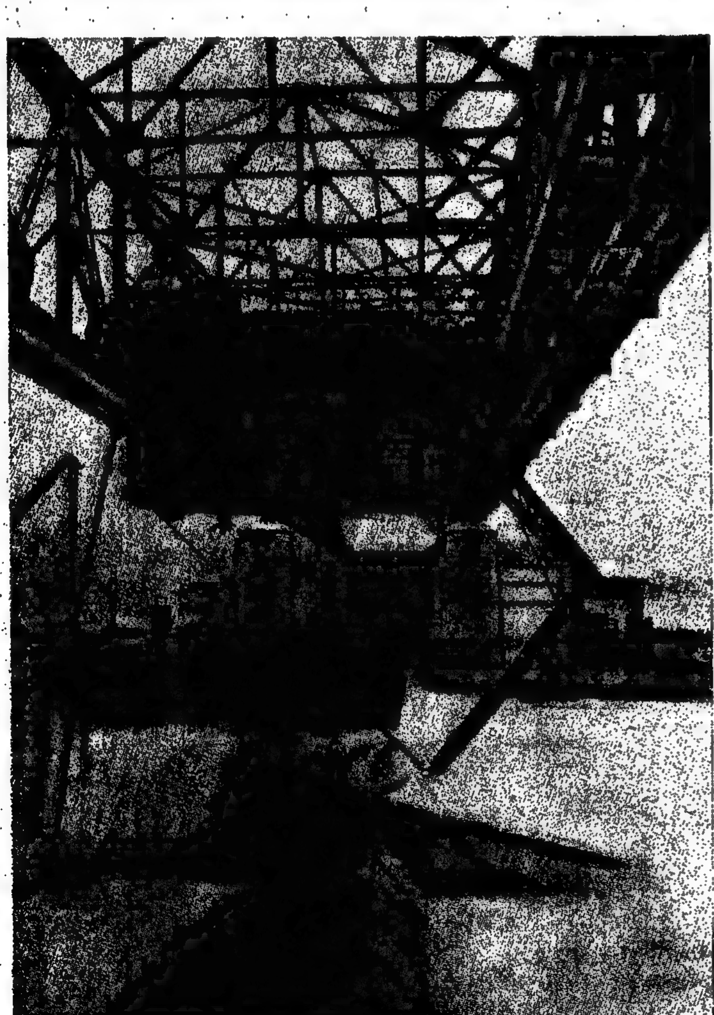


Fig. 4

automaticamente, se invece è sufficiente da fargli assumere la posizione orizzontale occorre intervenire per rimetterlo in giusta posizione.

L'esperienza ha mostrato che un battello carico di diverse centinaia di tonnellate può attraversare una traversa del tipo descritto senza provocare che la rotazione di alcuni elementi. I risultati ottenuti sono stati soddisfacenti, tanto che sono stati progettati sul medesimo fiume altri analoghi impianti. In uno di questi i tavoloni avranno l'altezza totale di m 7,60; in un altro, senza pile, la luce tra le due spalle sarà di 110 m. Si ritiene che anche per queste dimensioni questo tipo di traversa sarà più economico di tutti gli altri tipi moderni.

C. Ma.

REGOLAZIONE AUTOMATICA DI UNA CENTRALE DI 60 000 HP (b

Electrical World, 18 aprile 1931. - A. C. CLOGHER e E. N. PETERSON.

Nell'impianto idroelettrico di Morony, posto sul fiume Missouri, circa 29 km a valle di Great Falls nello Stato di Montana, la Montana Power Cy ha realizzato una applicazione brillante dell'automatismo per la regolazione della frequenza di tutta la propria rete elettrica, per la ripartizione del carico tra i gruppi generatori e la variazione di funzionamento degli alternatori a condensatori sincroni.

Il problema della regolazione della frequenza per la Montana-Power Cy presentava particolari difficoltà per la speciale natura degli utenti costituiti per la maggior parte da industrie elettrometallurgiche, da ferrovie elettrificate a corrente continua, e da miniere aventi grandi e potenti elevatori. La regolazione automatica della frequenza ha ridotto moltissimo le variazioni della frequenza stessa e si può affermare che la frequenza media oraria e giornaliera è stata attualmente regolata sui 60 periodi al secondo.

Collegato alla regolazione della frequenza vi è un regolatore differenziale di carico che divide egualmente il medesimo tra i due gruppi della centrale di Morony nonostante le violenti e continue variazioni che si verificano in qualsiasi istante.

Dato che il carico assorbito dall'impianto subisce continue variazioni e spesso si riduce in modo che risulta più conveniente farlo assorbire ad un solo gruppo, è stato studiato un apparecchio che varia automaticamente il funzionamento di una delle unità da generatore a condensatore sincrono chiudendo perfettamente la paratoia della turbina, la quale durante questo funzionamento gira a vuoto.

Nelle attuali condizioni di esercizio nelle 24 ore tale variazione di funzionamento elettrico si verifica dalle 5 alle 20 volte. Per esempio durante una giornata tipica una unità fece undici variazioni e lavorò come sincrono per 11 ore e mezza e come generatore per le restanti 12 ore e mezza.

Il rendimento dei gruppi venne scrupolosamente determinato nel marzo 1930.

Per la misura dell'acqua si ricorse al metodo Gibson.

I risultati ottenuti nel gruppo N. 2 furono i seguenti:

	Un mezzo del carico contrattuale	Carico corrispondente al rendimento massimo	Pieno carico contrattuale
$\cos \varphi = 1$			
kW teorici	13.563	21.043	26.355
Perdite complessive in kW	2.313	2.043	3.855
Energia erogata in kW	11.250	19.000	22.500
Rendimento idraulico in %	83,0	90,0	85,4
$\cos \varphi = 0,90$			
kW teorici	13.607	21.197	26.462
Perdite complessive in kW	2.357	2.197	3.962
Energia erogata in kW	11.250	19.000	22.500
Rendimento idraulico in %	82,5	89,7	85,0

Le condotte forzate, completamente orizzontali e del diametro di 7 m, presentano all'inizio un brevissimo tratto rastremato della lunghezza di cm 60 e del diametro variabile da metri 7,65 a m 7 che costituisce l'opera di presa.

Durante le prove vennero determinate con grande cura le perdite di carico e si trovò che per tale tipo di presa le perdite sono ridotte al 13 % rispetto a quelle dovute ad altri sistemi di presa. La perdita di carico dovuta alla presa rappresenta il 0,25 % delle perdite totali quando il gruppo lavora con il massimo rendimento.

Prima di prescegliere tale tipo vennero eseguite diverse prove su modelli ottenendo i risultati confermati poi all'atto pratico.

La pressione esercitata sul contorno delle bocche di presa venne misurata a mezzo di nove manometri e si riscontrò che la perdita massima, a pieno carico, è di cm 75.

Il tipo di presa prescelto presenta i seguenti vantaggi: la simmetria evita vortici e risucchi nell'acqua; è necessaria una sola paratoia di poco più larga della sezione della condotta forzata posta a ridosso della presa e di facilissima posa in opera; semplificazione dei lavori murari senza necessità di spessori sottili e di cementi armati.

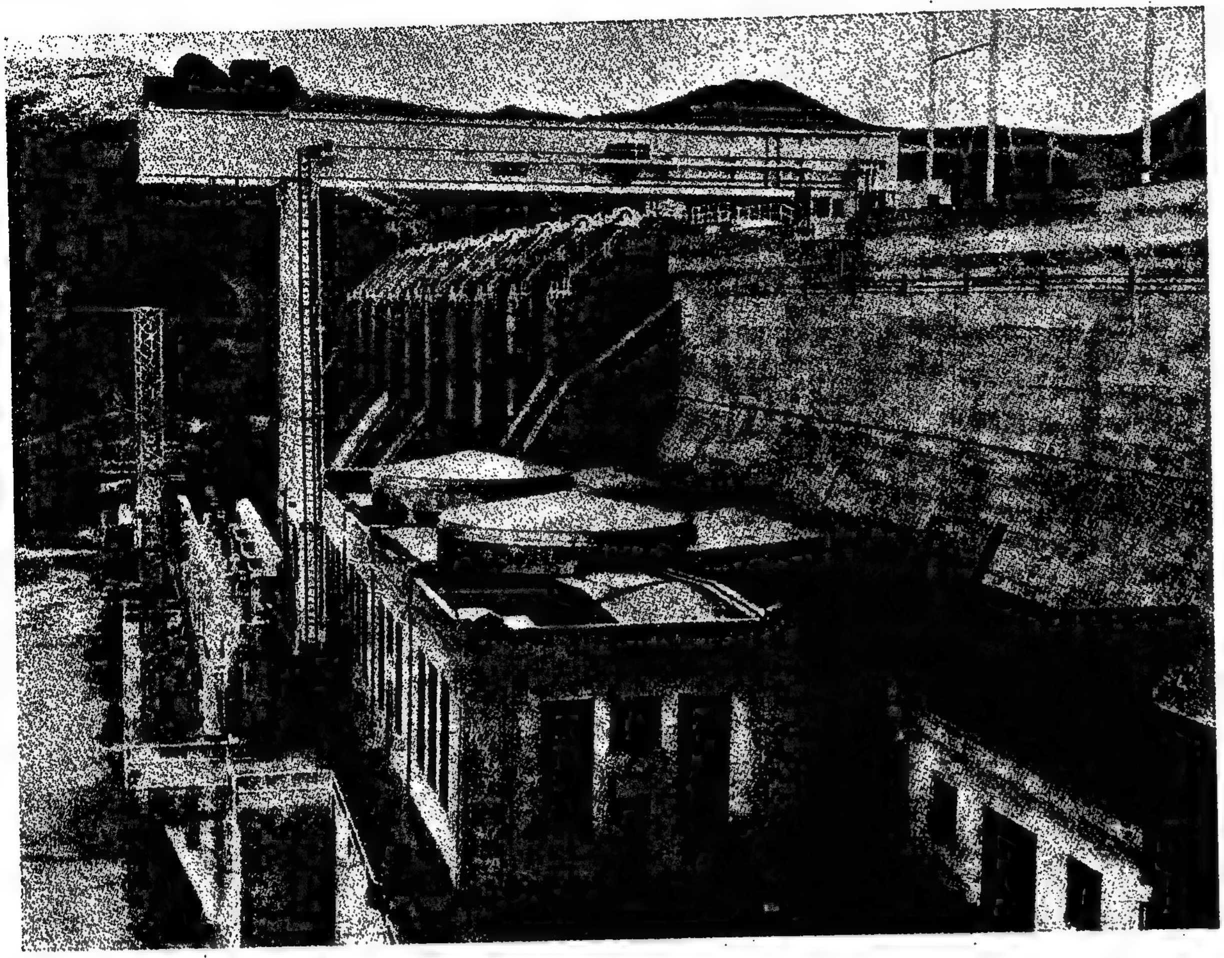


Fig. 1.

La struttura di sostegno delle griglie è completamente in acciaio ed è addossata al paramento a monte dello sbarramento. Essa è a sezione semicilindrica ad asse verticale e trasmette la pressione idrostatica alla diga. La costruzione di tale struttura è molto semplice e conveniente rispetto alle normali strutture in montanti e mensole di cemento armato che vanno soggette a gravi danni e degradazioni a causa dei geli.

Il bacino può venire facilmente abbassato ogni anno per eseguire la verifica e la manutenzione di tale struttura soggetta a qualche corrosione per l'azione di bagnoasciuga dovuta alle variazioni del livello dell'acqua.

I trasformatori sono posti sul limite a valle della centrale ed occupano uno spazio limitatissimo in grazia della gigantesca gru a ponte posta all'esterno, gru che permette il sollevamento verticale dei trasformatori stessi (fig. 1), senza che occorrano le ordinarie manovre di trasbordo con carrelli.

Un estremo della gru scorre sul coronamento della diga e l'altro sulla soprastruttura della centrale e precisamente subito a valle della camera delle turbine.

I tubi di ventilazione dei gruppi sono posti attorno agli alternatori immediatamente sotto il coperto della centrale, lo spazio esistente nelle fondazioni tra la turbina e l'alternatore non viene utilizzato per la ventilazione.

L'aria fredda viene presa, dopo essere filtrata o no, dall'esterno a mezzo di una apertura fatta lateralmente al tetto (figura 2); dopo aver attraversato la parte superiore del rotore viene restituita all'esterno dopo essere passata per una camera a gomito.

Per il riscaldamento del fabbricato sono state praticate delle aperture in modo che una parte dell'aria calda dello statore può passare nella sala per poi essere restituita, attraverso il coperto, al rotore. In tal modo si può far circolare nell'interno una parte o tutta l'aria utilizzata dall'alternatore e portare così alla temperatura voluta l'interno della centrale.

Non si è ricorso ad altro sistema di riscaldamento salvo poche stufe elettriche poste in alcuni speciali ambienti.

Le principali caratteristiche dell'impianto sono le seguenti (fig. 3): la diga è lunga 283 metri di cui ca 130 sono occupati dallo sfioratore di superficie; la sua altezza sul letto del fiume è di 31 m, il paramento a monte è verticale, lo spessore in cresta è di m 6,65; essa è munita di una galleria e di pozzi distanziati tra loro di 5 m, lo sfioratore di superficie ha nove aperture larghe m 11,30 e divise da pile della larghezza di m 2,30 munite di nove paratoie alte m 8, con manovra locale ed a distanza, e con capacità massima di scarico di 4250 m^3 al secondo; lo sfioratore è sormontato per tutta la sua lunghezza da una passerella larga m 3,30; la diga è munita anche di apertura pel passaggio dei materiali natanti, della larghezza di m 4,25 ed alta m 3,05, munita di un dispositivo meccanico per lo scarico di materiali, per una capacità max di 30 tonn; l'opera di presa è costituita da due strutture metalliche semicircolari con in sommità griglie, ciascuna della superficie netta di mq 297; velocità media dell'acqua m 0,345 al secondo con una portata di 106 mc al secondo. Uno speciale dispositivo ad aria compressa serve a rimuovere i galleggianti ed i ghiacci.

Le paratoie poste all'imbocco delle condotte forzate sono del tipo Stoney e ciascuna pesa 90 tonn.

Le turbine, del tipo Morris (fig. 4), sono ad asse verticale, ciascuna da 31000 HP, 81,8 giri al minuto, diametro m 7, girante in un sol pezzo di acciaio fuso, munite di regolatori a pressione d'olio tipo Morris, chiusura a pieno carico in 2 secondi; la tur-

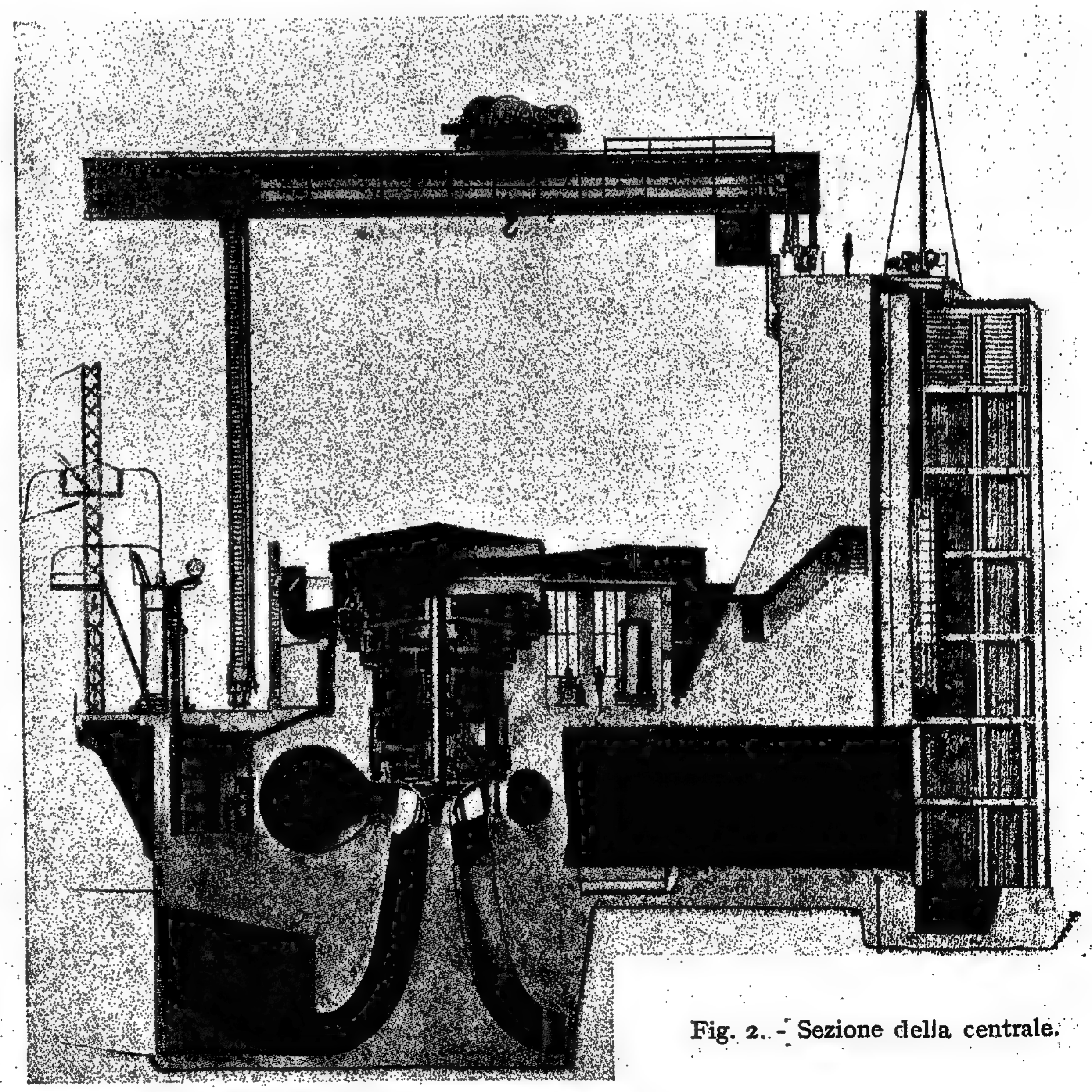


Fig. 2. - Sezione della centrale.

bina del gruppo d'eccitazione è da 600 HP, 600 giri al minuto, ad asse verticale. Alternatori trifasi Westinghouse del tipo ad ombrello, ciascuno da 25 000 kVA, cos φ = 0,90, 13,8 kV, 60 periodi, 81,8 giri al minuto.

Eccitazione effettuata a mezzo di un gruppo costituito da una turbina e da due dinamo da 215 kW, ciascuna capace di eccitare un alternatore.

Trasformatori del tipo all'aperto in numero di quattro (uno di riserva), con raffreddamento ad acqua, della potenza di 16 667 kVA, frequenza 60 periodi, rapporto di trasformazione 13,2/115 kV, connessione a stella.

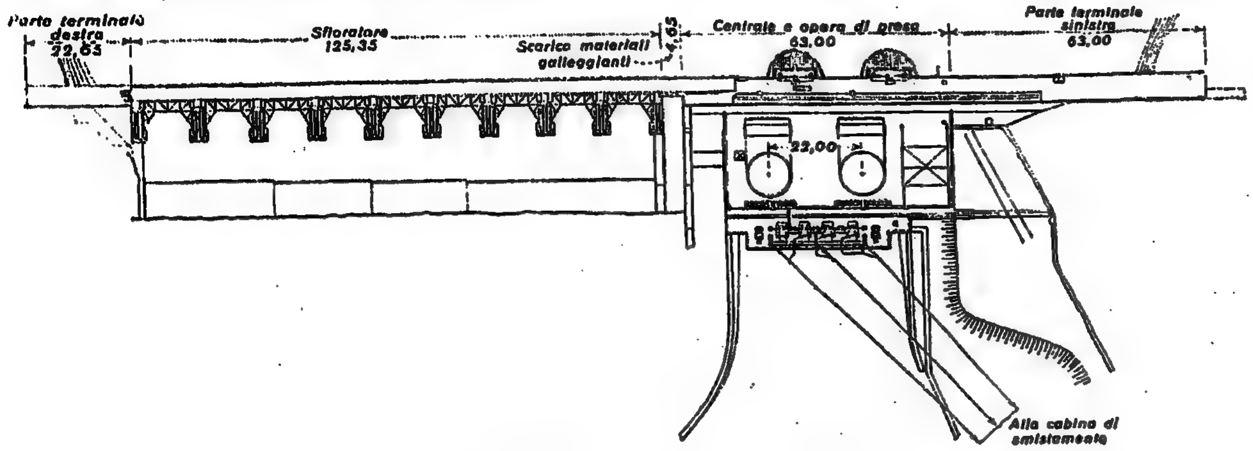


Fig. 3. - Pianta generale della diga e della centrale.

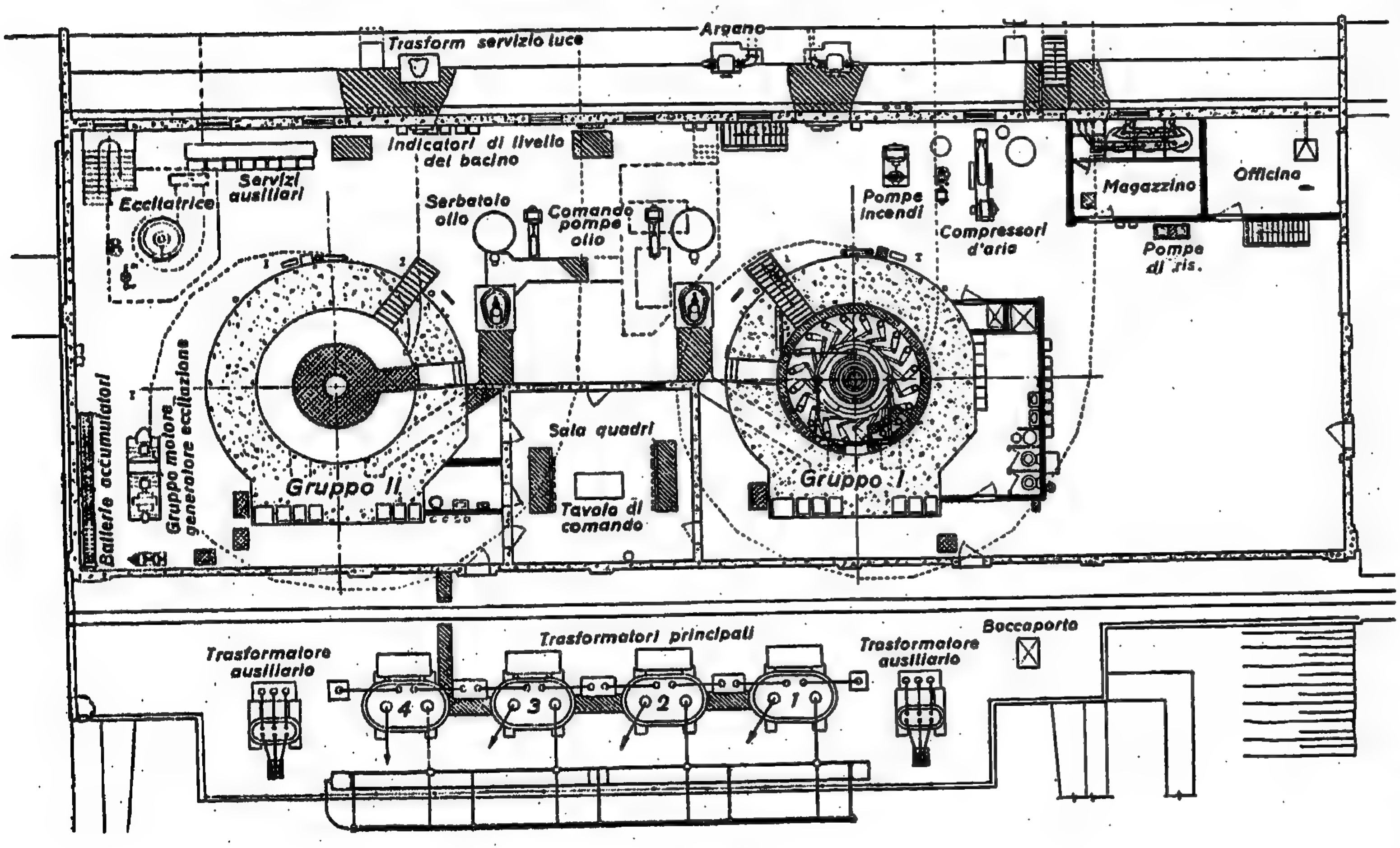


Fig. 4.

Trasformatori per i servizi ausiliari: due da 450 kVA del tipo all'aperto, trifasi, con raffreddamento naturale, 60 periodi, rapporto 13 200/440; tre da 150 kVA posti nell'interno della centrale, monofasi, 60 periodi, con raffreddamento ad acqua, rapporto 6600/440 per la fornitura di energia nel caso che la centrale vada completamente fuori servizio.

Ciascun alternatore è connesso, attraverso un interruttore in olio posto nell'interno della centrale, alle sbarre omnibus a 13,2 kV alimentanti i trasformatori. La linea a 115 kV è munita di sezionatori in aria e va ad alimentare la cabina di smistamento di Rainbow posta a circa 13 km a monte dell'impianto.

La gru installata è per 150 tonn, con gancio ausiliario da 25 tonn. Essa è stata studiata per l'installazione di un elevatore da 110 tonn ed un telaio per lo smontaggio delle paratoie dell'opera di presa.

La centrale è in cemento poggiata su una grande piattaforma (lunga m 55, larga m 30, spessa m 6,30) in cemento intelaiata da travi in ferro.

Il coperto dei gruppi e del locale per l'esecuzione delle riparazioni si può rimuovere.

La sala quadro, di sezione quadrata, con lato di m 7,65, è posta tra i due gruppi ed è stata costruita in modo da risultare sorda ai rumori del macchinario.

LA REGOLAZIONE DELLA QUANTITA' D'ACQUA IMMESSA NELLE CALDAIE ALIMENTATE CON ELETTROPOMPE O TURBOPOMPE

V. D. I., N. 7, 14 febbraio 1931. – H. Kissinger.

L'A. descrive i procedimenti impiegati per regolare l'alimentazione delle caldaie e, più precisamente, delle caldaie di media potenza per le quali entrano in considerazione, come è noto, le pompe comandate da motori elettrici oppure da turbine a vapore. Le considerazioni non riguardano la regolazione dell'acqua immessa nelle caldaie dalle grosse turbopompe, regolazione ottenuta agendo sul servomotore dei distributori delle turbine mediante un regolatore centrifugo combinato con un regolatore differenziale di pressione che agisce in funzione del carico delle pompe.

Fondamentale per il problema della regolazione è la considerazione che le moderne caldaie sono caratterizzate da piccole capacità d'acqua e piccole sezioni delle condutture d'alimentazione. Queste due proprietà sono poi specialmente accentuate nelle caldaie ad alte pressioni. Il piccolo volume d'acqua comporta forti oscillazioni di carico nelle pompe perchè la caldaia non può intervenire efficacemente come organo compensatore agli effetti dell'alimentazione. Per evitare che le rapide variazioni di carico diano luogo ad inconvenienti, è necessario che le pompe siano tali da rispondere prontamente a tali oscillazioni ossia che la loro curva caratteristica Q, H — prevalenza in funzione della portata — sia utilizzabile in tutto l'intervallo da vuoto a carico. Questa condizione è soddisfatta soltanto quando la caratteristica è stabile, ossia quando essa sale senza discontinuità al diminuire della portata.

È da notare, inoltre, che, per ragioni di economia d'impianto, vengono scelte le condutture delle pompe con diametro relativamente piccolo: dimensionate, in generale, in base al carico normale. Ne segue che la resistenza di circolazione dell'acqua diventa, a pieno carico, relativamente elevata; mentre le pompe hanno potenze che superano di almeno il 50%, spesso del 100% quella corrispondente al consumo normale di vapore della caldaia.

Le norme tedesche relative agli impianti di alimentazione delle caldaie prescrivono che ogni caldaia oppure ogni gruppo di caldaie sia provvisto di almeno due complessi di alimentazione, a comandi indipendenti. Ogni complesso dev'essere dimensionato in modo da essere in grado di fornire alla caldaia una quantità d'acqua doppia di quella corrispondente alla sua produzione normale di vapore. Entrano quindi in considerazione due possibilità di esecuzione:

a) se D è la quantità di vapore prodotto dalle caldaie in t/h; le pompe devono fornire la quantità d'acqua

$$2 \times 2\ D\ t/h$$

si possono cioè installare due pompe, di cui una con comando elettrico e l'altra con comando a vapore, capace ciascuna di una portata doppia di quella corrispondente al consumo normale di vapore;

b) negli impianti più importanti, in base a considerazioni di rendimento, si preferisce suddividere la quantità d'acqua da fornire con

$$2 \times 1\ D\ t/h + 1 \times 2\ D\ t/h$$

ed installare, quindi, due pompe, con comando elettrico od a vapore, ciascuna capace di fornire una quantità d'acqua corrispondente al consumo normale di vapore ed una terza pompa, con comando a vapore od elettrico, capace di una portata doppia.

La prevalenza della pompa dev'esser scelta in modo che l'alimentazione delle caldaie sia pienamente assicurata anche quando la sua portata raggiunge il valore normale (pieno carico) (fig. 1). In corrispondenza di un carico parziale della pompa,

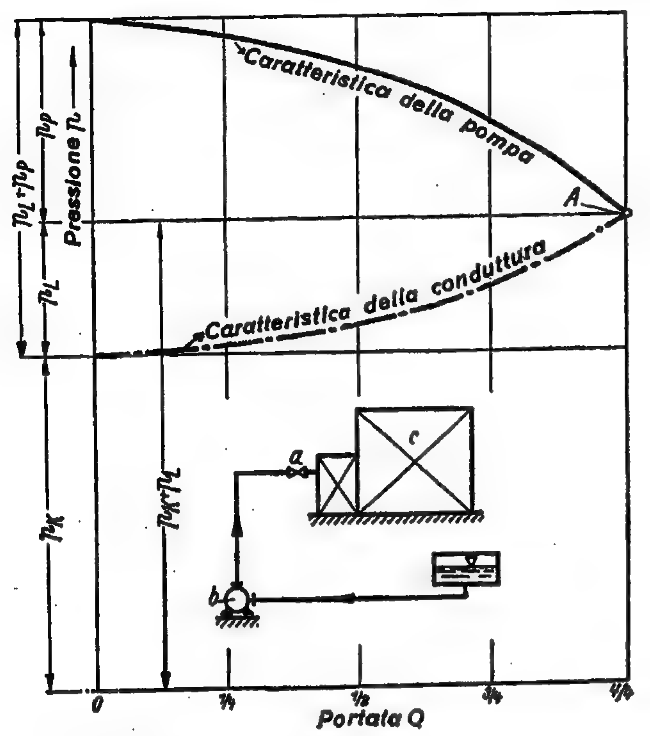


Fig. 1. - Curve caratteristiche di un impianto d'alimentazione per caldaie, con semplice regolatore di livello.

p_K - pressione assoluta in caldaia
p_L - resistenza della conduttura a pieno carico
p_P - pressione addizionale della pompa per carichi parziali
a - regolatore di livello
b - pompa
c - caldaia

diminuisce la perdita di carico nelle tubazioni e, quindi, la pressione necessaria per l'alimentazione, ed al tempo stesso cresce la prevalenza della pompa medesima. Aumenta, pertanto, la sovrapressione che dev'essere fortemente strozzata dal regolatore d'alimentazione, il quale lavora, con corsa piccolissima. Con regolatori di costruzione normale, l'acqua defluisce, per conseguenza con forte velocità tra cono e sede, consumando fortemente la superficie di quest'ultima e provocando irregolarità di funzionamento del regolatore di pressione e, talvolta, sregistrazione del regolatore di livello ed alimentazione irregolare della caldaia.

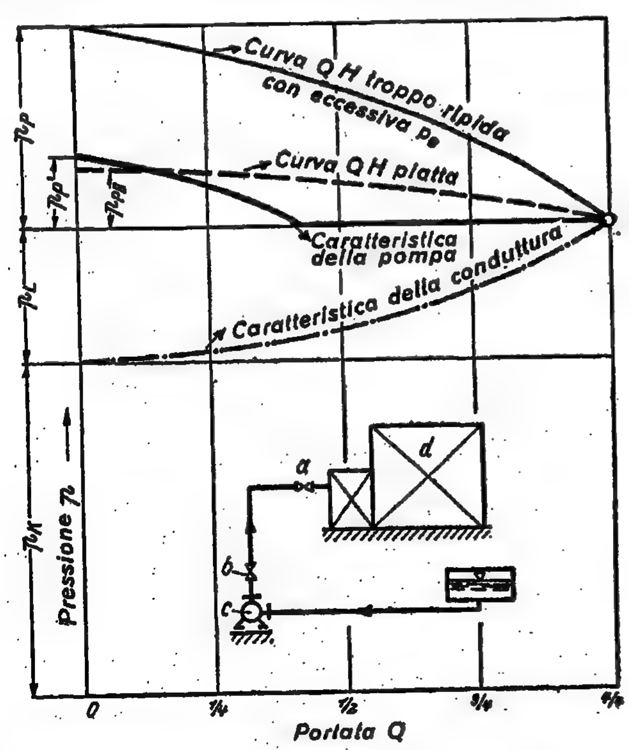


Fig. 2. - Curve caratteristiche di un impianto d'alimentazione per caldaie, con regolatore di livello e regolatore di pressione.

a - regolatore di livello
b - regolatore di pressione
c - pompa
d - caldaia

Quando è in servizio una sola pompa, il funzionamento del complesso di regolazione è tanto più stabile quanto più la curva caratteristica della pompa sale lentamente col diminuire della portata. È, anzi, opportuno che la soprapressione $p_D + p_L$ che dev'essere strozzata dal regolatore di livello non superi, con regolatori di costruzione normale, le 3 atmosfere. Una sovrapressione limitata comporta una maggior apertura della valvola di regolazione e, quindi, una regolazione più sicura.

Recentemente, allo scopo di evitare la sovraalimentazione della caldaia, scaricando alquanto il regolatore di livello, è stato aggiunto, nelle condotte di alimentazione, un regolatore di pressione. Quest'ultimo strozza la sovrapressione p_D e mantiene costantemente la sovrapressione p_L fra la conduttura di alimentazione e la caldaia, ossia fa sì che la pressione della pompa si mantenga costante ed eguale alla pressione della conduttura a pieno carico ($p_K + p_L$) (fig. 2). Poichè la membrana del regolatore ha una corsa limitata, se la curva caratteristica *QH* sale in modo troppo rapido, la sua azione non può intervenire appieno e la curva caratteristica della pompa invece di mantenersi parallela all'asse *Q*, sale in corrispondenza delle piccole portate. Il regolatore di livello deve quindi strozzare oltre che la sovrapressione p_L anche l'altra supplementare p'_P. Se questo non è consentito dal tipo del regolatore, l'alimentazione della caldaia diventa irregolare. È opportuno, pertanto, avere una curva *QH* con andamento non troppo ripido, affinchè il regolatore di pressione possa esplicare interamente la

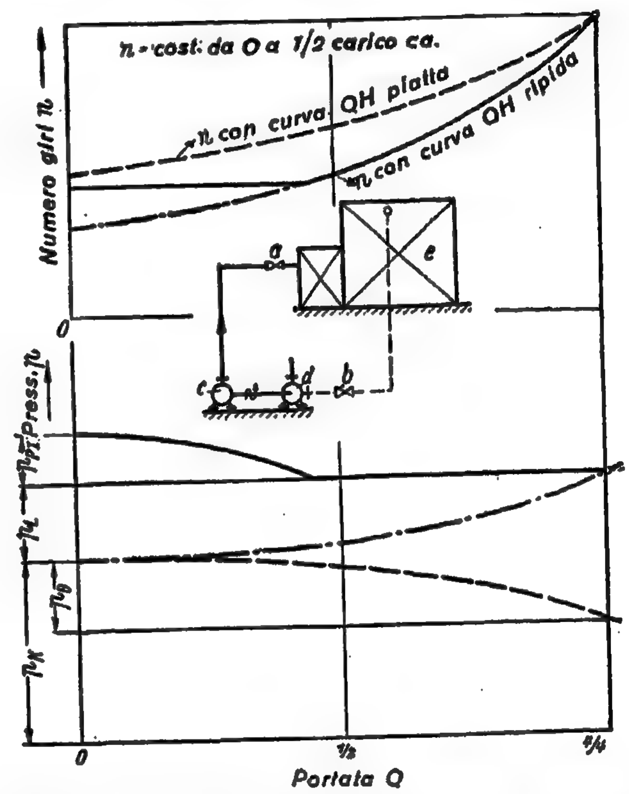


Fig. 3. - Curva caratteristica di un impianto d'alimentazione per caldaie con regolazione di pressione mediante variazione della velocità della pompa.

a - regolatore di livello
b - regolatore di pressione
c - pompa
d - turbina a vapore
e - caldaia

sua funzione, ed una curva siffatta anche per la resistenza delle condutture, affinchè la pressione da strozzare mediante il regolatore di livello non diventi eccessiva.

È possibile combinare il regolatore di pressione col regolatore di livello in modo da farli intervenire di conserva, col risultato di ristabilire ad ogni istante l'equilibrio che corrisponde alla regolare alimentazione della caldaia. Questo può essere ottenuto con opportuni collegamenti meccanici fra la valvola del regolatore di pressione ed il galleggiante del regolatore di livello.

Quanto è stato esposto sopra riguarda la regolazione dell'alimentazione con pompe comandate elettricamente, con le quali la variazione di pressione dell'acqua non può essere ottenuta che agendo sulla conduttura di introduzione. Con pompe comandate da turbina a vapore, si può intervenire anche agendo sul motore termico, variandone la velocità con la regolazione delle caratteristiche del vapore introdotto nella turbina. Al variare della portata della pompa, la sua prevalenza tende pure a variare: interviene allora il regolatore idraulico, che strozza più o meno il vapore alimentante la turbina in modo che la pompa assuma una pressione eguale a quella *t* imposta dal regolatore di livello (fig. 3). Viene meno perciò la pressione supplementare p_P: soltanto p_L deve essere strozzata dal regolatore di livello in corrispondenza dei carichi parziali. Poichè la pressione p_P viene meno, la pompa deve essere dimensionata sol-

tanto per la prevalenza p_L e le sue dimensioni sono più piccole di quelle della elettropompa che le corrisponderebbe. Si può verificare anche con la turbopompa l'inconveniente della sovraalimentazione della caldaia, già rilevato per la elettropompa. Questo dipende dal fatto che, avendo la membrana del regolatore idraulico una corsa limitata, lo stantuffo della valvola d'immissione del vapore nel distributore della turbina può arrestarsi a fine corsa della membrana e mantenere la valvola aperta più di quanto sarebbe richiesto per la regolazione della velocità della pompa e della sua prevalenza. Quest'ultima può quindi aumentare della pressione supplementare p_{PI} (fig. 3) che dev'essere poi strozzata dal regolatore di livello. Se la curva $Q\ H$ ha andamento piatto l'inconveniente non si verifica, la pressione supplementare viene meno e la regolazione dell'alimentazione avviene in modo normale.

Quanto è stato detto sopra, a proposito della regolazione con turbopompe, presuppone che la pressione del vapore in corrispondenza del regolatore di pressione sia ancora eguale alla pressione che regna in caldaia. Questo non avviene in realtà perchè sempre si verifica una perdita di pressione p_D nel passaggio del vapore della caldaia alla turbina. Ora, siccome il regolatore è calcolato per il salto di pressione $p_D + p_L$, ne avviene che in corrispondenza dei carichi parziali il funzionamento del sistema non corrisponda più alle condizioni ideali sopra accennate. È tuttavia possibile compensare, mediante regolatori speciali (Hannemann, Copes) la perdita di carico p_D

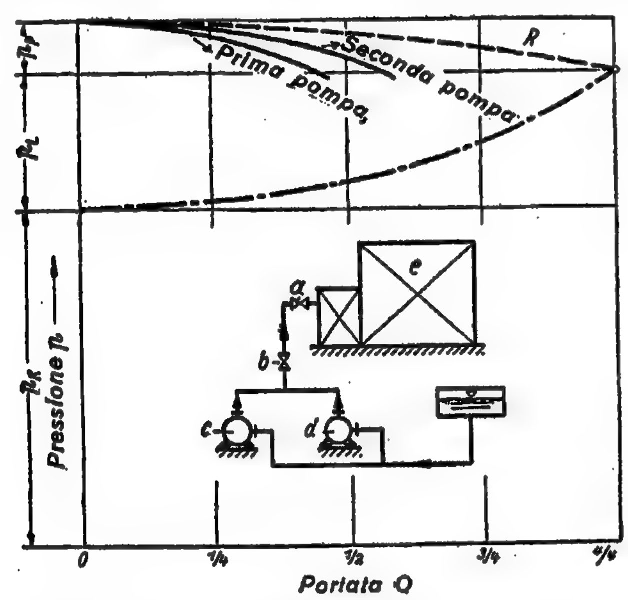


Fig. 4. - Curve caratteristiche di due pompe d'alimentazione, con origine comune. Regolatore di pressione unico.

a - regolatore di livello
b - regolatore di pressione
c - prima pompa (comando elettrico od a vapore)
d - seconda pompa (comando a vapore od elettrico)
e - caldaia

anzidetto, oppure, evitare l'inconveniente, alimentando, quando è possibile, la turbina mediante vapore prelevato da un'altra caldaia che lavora a pressione diversa.

A parità di prestazioni, la turbopompa può essere dimensionata, come si è visto dianzi, per una potenza inferiore a quella della pompa comandata elettricamente. Il guadagno di potenza è, tuttavia, tanto più piccolo quanto più la caratteristica $Q\ H$ ha andamento piatto ed, in circostanze particolari, specialmente quando si hanno parecchie pompe in azione, è conveniente rinunziare alla regolazione di velocità delle pompe comandate con turbine ed installare sulla conduttura comune di alimentazione un regolatore di pressione (fig. 4). Quest'ultimo può, anche in questo caso, essere combinato col regolatore di livello. In queste condizioni, è evidente che il funzionamento « in parallelo » delle pompe può avvenire soltanto se esse hanno la stessa caratteristica od, almeno, se le caratteristiche hanno la stessa origine. Per ottenere il funzionamento di tutte le pompe a velocità costante, le turbine vengono equipaggiate con regolatore a forza centrifuga che può essere tarato convenientemente.

L'impiego del regolatore di pressione comune non è più possibile quando le caratteristiche delle pompe non tagliano l'asse delle prevalenze H in corrispondenza dello stesso punto. È necessario, allora, munire ciascuna pompa o ciascun gruppo di pompe identiche del proprio regolatore di pressione (fig. 5). Si può impiegare o un regolatore atto a strozzare la sovrapressione idraulica p_P oppure un regolatore per strozzare la pressione del vapore della turbina e regolarne la velocità o pressione costante $p_K + p_L$ (fig. 3). Naturalmente, dev'essere possibile tarare i regolatori delle elettropompe e delle turbopompe in modo che essi possano, intervenendo di conserva, assicurare la regolazione dell'alimentazione in tutte le condizioni di carico. Può accadere che durante il servizio la membrana di un regolatore di pressione venga meno, sregistrando il funzionamento del complesso di pompe. Questo inconveniente viene, naturalmente, a mancare se le pompe hanno il regolatore comune ed hanno la loro caratteristica con andamento piano, identico e stabile. Se a queste proprietà della caratteristica $Q\ H$ delle pompe fa riscontro pure una caratteristica piatta per la resistenza della conduttura d'alimentazione, si hanno le migliori

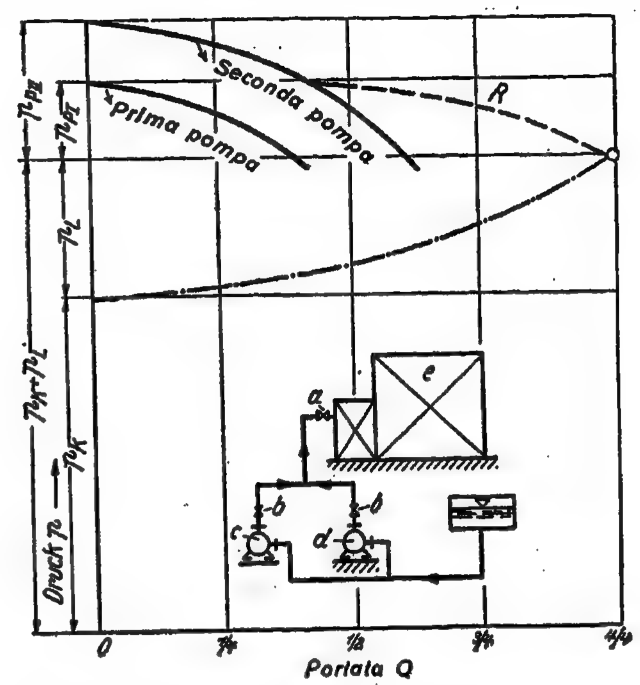


Fig. 5. - Curve caratteristiche di due pompe d'alimentazione, con origine diversa. Regolatori di pressione singoli.

condizioni agli effetti dell'economia di esercizio del complesso di alimentazione della caldaia. L'andamento piatto delle caratteristiche non dev'essere, tuttavia, spinto oltre un certo limite. È evidente, infatti, che la regolazione sarà tanto meno fine quanto più le curve tenderanno a confondersi con la orizzontale perchè ad una piccola corsa della valvola di regolazione corrisponderà un'ampia variazione della portata. Nel caso limite di una caratteristica orizzontale, la marcia in parallelo di un complesso di pompe diventa impossibile. Quando si tratta di due pompe che lavorano in parallelo, avendo le loro curve caratteristiche simili, ma spostate nella direzione delle ordinate H, la pompa che ha la caratteristica più bassa, a partire da un determinato carico parziale, non alimenta più la caldaia. È necessario, allora, prendere opportuni provvedimenti onde impedire che la disinserzione dal circuito di alimentazione possa

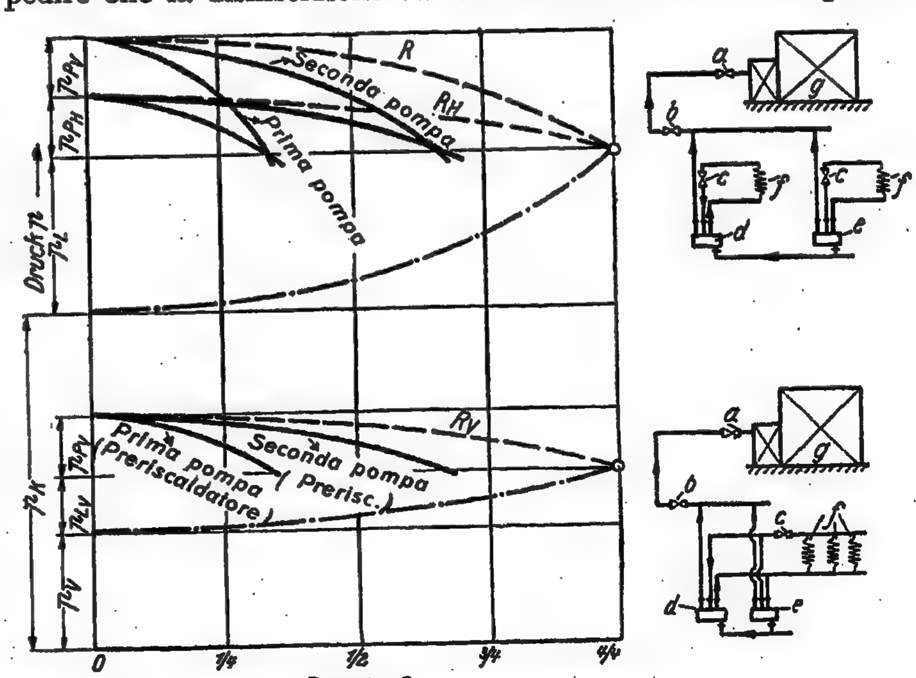


Fig. 6. - Curve caratteristiche di due pompe d'alimentazione in un impianto con preriscaldatori.

a - regolatore di livello
b - regolatore di pressione principale
c - regolatore di pressione per i preriscaldatori
d - prima pompa
e - seconda pompa
f - preriscaldatore
g - caldaia

essere causa di riscaldamenti dannosi alla pompa. È da notare, infine che una caratteristica $Q\ H$ ad andamento piatto porta con sè un rendimento basso della pompa, mentre un egual andamento della curva che esprime la resistenza alla circola-

zione dell'acqua nella conduttura di alimentazione, comporta sezioni abbondanti della conduttura stessa e, quindi, spese di impianto notevoli. Soltanto l'esperienza può dare un giusto criterio per la scelta conveniente delle caratteristiche del complesso di alimentazione.

Quando l'acqua d'alimentazione viene compressa entro preriscaldatori e le pompe d'alimentazione delle caldaie vengono utilizzate anche per il lavoro di circolazione nei preriscaldatori stessi, sussiste la possibilità di intervenire regolando, in parte, la pressione nelle condutture del preriscaldatore mediante apposito regolatore (*c*). Questo strozza (fig. 6) una parte p_{PV} della sovrapressione; un'altra parte p_{PH} viene strozzata dal regolatore (*b*) nella condotta principale e, l'altra parte infine p_L, dal regolatore di livello. Il mutuo funzionamento dei regolatori non va soggetto a perturbazioni giacchè ogni sistema di regolazione possiede un impulso proprio. La sistemazione dei regolatori può essere effettuata in modi vari, tenendo presente quanto è stato rilevato sopra e notando che è indifferente raggruppare i preriscaldatori oppure lasciare ad ogni pompa un preriscaldatore. Caso per caso occorre esaminare, in relazione alle esigenze dell'impianto, quale è la soluzione migliore che bisogna prendere in considerazione.

d. m.

d) EFFETTO DI BREVI TRATTI DI CAVO SULLE ONDE VIAGGIANTI DI SOVRATENSIONE

General Electric Review, n.º 11 del 1930. – K. B. Mc Eachron - J. G. Hemstreet - H. P. Seelye.

Vi sono state molte discussioni sull'azione esercitata dai cavi nel ridurre le sovratensioni dovute a onde viaggianti, e fino a poco tempo fa vi era stata molta incertezza circa la attuale pratica riguardante le protezioni sia dei cavi che delle macchine. Per giungere a qualche risultato positivo in questo campo la General Electric Company, la Consumers Power Co. e la Detroit Edison Co. hanno eseguito in comune alcune esperienze su di una linea di trasmissione, alla quale fu applicato un generatore di impulsi e colla quale furono collegati cavi della lunghezza di 300 m per 24 000 V.

Il generatore di impulsi era costituito da 40 batterie di condensatori, ciascuno della capacità di 0,5 μf, caricate in parallelo a 20 kV e scaricate in serie secondo lo schema di Marx. La linea di trasmissione era un tronco della linea $S = 19$ della Consumers Power Company: il cavo per le prove era stato collegato a una distanza da 8,2 a 8,5 km dal generatore di impulsi. L'oscillografo usato per misurare le forme d'onda era del tipo a catodo caldo. Il cavo usato nelle prove aveva una lunghezza di circa 300 metri, era del tipo con rivestimento esterno in piombo ad un solo conduttore ed era costituito da 17 trefoli di circa 10/10 mm con isolamento in carta di circa 17 mm. La capacità del cavo era di 0,03734 μf per 300 m. Fu impiegato un divisore per ridurre la tensione a un valore ammissibile nell'oscillografo. Le onde di impulso furono inviate a intervalli regolari cominciando con un'onda iniziale di 20 kV per poi inviare, dopo una breve pausa, l'impulso principale.

Furono fatte misure preliminari dell'impedenza d'impulso collegando un tubo d'acqua di resistenza variabile fra la linea e la terra e misurando la caduta $I\ R$ attraverso il tubo e la tensione della linea alla terra. In tal modo l'impedenza del conduttore di mezzo fu misurata da 595 a 685 ohm. L'impedenza di impulso del cavo fu determinata in varî modi e fu trovata, secondo certi metodi, pari a circa 100 ohm e con altri pari a 50 ohm. La discrepanza si ritiene dovuta non interamente a errori nel rilevare i dati, ma anche piuttosto a fattori che non si sono considerati.

I risultati delle prove sono riprodotti in una serie di oscillogrammi, che vengono analizzati successivamente dagli AA. Il primo gruppo di oscillogrammi riguarda la forma delle onde e l'effetto d'onde viaggianti libere sulla linea aerea. Il secondo gruppo di oscillogrammi riproduce l'effetto di un'onda viaggiante, alla quale viene fatto percorrere un cavo di 150 m. La tensione di cresta fu ridotta da 92 a 80 kV ossia del 12%. L'entità della riduzione dipende principalmente dalle forme della coda dell'onda incidente. Nel terzo gruppo sono considerati gli oscillogrammi di un'onda che percorre un cavo di 300 m. Qui si ebbe una riduzione della sovratensione del 24%. Se poi vi sono sbarre fra le diverse sezioni di cavo, come si vede dagli oscillogrammi del gruppo quarto, le condizioni di tensione alla giunzione delle due sezioni di cavo sono identiche alle condizioni alle estremità delle sezioni combinate. L'onda alla partenza del cavo è praticamente identica all'onda alla fine del cavo sia sulla sezione di 300 m che su quella di 150 m. Il gruppo quinto dà l'effetto delle condizioni dei terminali e gli oscillogrammi del gruppo sesto danno le condizioni dei terminali con un cavo di 300 metri. Infine nel gruppo settimo sono riprodotti gli oscillogrammi che danno l'effetto della terra sull'involucro del cavo. Gli AA. espongono poi il metodo teorico da essi usato per controllare i risultati degli oscillogrammi.

I risultati delle esperienze si possono riassumere come segue:

1º) Non si ebbero notevoli variazioni nelle forme d'onda colla distanza: le tensioni di cresta delle onde usate erano assai vicine alla tensione critica dell'effetto corona della linea.

2º) Sulla cresta dell'onda si ebbe un'attenuazione assai piccola. Nel percorrere circa 6 km un'onda a fronte ripido fu ridotta del 15,5% e un'onda media del 14,7%.

3º) Le oscillazioni ad alta frequenza, che si verificano sulla fronte di un'onda ripida, vengono smorzate man mano che l'onda procede lungo la linea.

4º) Un'onda con fronte breve, tenendo conto del tempo necessario perchè la tensione si generi nel cavo, diminuisce la sua ripidità dopo aver attraversato il cavo.

5º) L'entità della variazione nella fronte d'onda, per un'onda che passi per un cavo, dipende dalla ripidità della fronte, dalla lunghezza della cresta, dalla lunghezza del cavo e dai valori dell'impedenza all'onda di sovratensione della linea e del cavo. Per un cavo di 150 m l'onda che cresce in 8 microsecondi e che si riduce alla metà in 50 microsecondi, fu modificata da una fronte di 8 microsecondi in una fronte di 18 secondi entrando nel cavo dalla linea.

Per un cavo di 300 m poi l'onda fu modificata da una fronte di 8 microsecondi ad una fronte di 24 secondi sempre entrando dalla linea nel cavo.

6º) Un'onda che passi per una sezione di cavo, ridurrà il suo valore di cresta, a meno che non abbia una sommità piatta e di tale lunghezza da coprire il tempo occorrente perchè la tensione del cavo salga per riflessione al valore di cresta dell'onda incidente.

Per una sezione di cavo di 150 m la tensione di cresta fu ridotta del 10,8 per cento tanto per onda ripida che per onda media. Per una sezione di cavo di 300 m la tensione di cresta fu invece ridotta del 24%.

7º) La velocità di propagazione nel cavo risultò essere di 180 m per microsecondo.

8º) Quando un'onda passa nel cavo, l'onda iniziale trasmessa si trovò essere pari al 30% dell'onda incidente. Questo valore dipende dall'impedenza alla sovratensione tanto della linea che del cavo.

9º) Le due sezioni di cavo di 150 m ciascuna, con un breve collegamento di linea, ebbero praticamente su di un'onda la stessa influenza come una singola lunghezza di cavo di 300 m.

10º) Invece, inserendo un collegamento di linea di 150 m tra le due sezioni, si introdusse un'oscillazione sul fronte dell'onda, che passava attraverso i cavi. Le tensioni di cresta rimasero immutate.

11º) Una breve sezione di cavo agisce come capacità concentrata all'estremità aperta di una linea o in un punto intermedio, purchè la fronte dell'onda abbia una lunghezza sufficiente in relazione al tempo occorrente perchè l'onda venga riflessa attraverso il cavo.

12º) Brevi sezioni di cavo non possono essere considerate come mezzi protettivi per la riduzione di sovratensioni con sommità piatte come spesso si presentano in servizio.

13º) La messa a terra dell'armatura del cavo al principio dà gli stessi risultati come la messa a terra ad entrambe le estremità: se la messa a terra viene fatta alla fine del cavo soltanto, l'onda che entra, misurata verso terra, ha un valore maggiore. Ma dopo alcune riflessioni attraverso il cavo, l'onda assume la stessa forma sia che il cavo sia messo a terra ad un'estremità, sia che vi venga messo ad entrambe.

14º) Un'onda viaggiante in una sezione del cavo può essere calcolata graficamente, se è data l'onda incidente.

15º) Il funzionamento degli scaricatori di qualsiasi tipo può essere calcolato dalle curve di VA ottenute in condizioni simili.

16º) L'aumento della tensione all'estremità del cavo opposta a quella in cui si trovava lo scaricatore fu di circa 15 kV. Questo aumento dipende dalla ripidità dell'onda e dalla lunghezza del cavo e può essere calcolato per ogni cavo determinato.

T. S.

APPLICAZIONE E FUNZIONAMENTO DEI CONDENSATORI IN SERIE

General Electric Review, n.º 11 del 1930. – M. I. Alimansky.

Per provvedere alla compensazione delle cadute di tensione di linea, sono stati escogitati varî mezzi: non esiste però un dispositivo che possa neutralizzare la caduta per resistenza, mentre coll'inserzione di capacità possono essere compensate le cadute induttive.

L'A. considera l'applicazione dei condensatori in serie a linee brevi a bassa tensione per usi agricoli e dimostra come in una linea rurale trifase di 16 km a 4000 V, 60 periodi con un fattore di potenza 0,75 e una caduta di tensione del 10%, coll'uso dei condensatori in serie si è avuto un risparmio del 6% all'anno. Rispetto al regolatore a induzione i condensatori in serie presentano il vantaggio di una costruzione più robusta e di una minore manutenzione.

In confronto poi ai condensatori sincroni le perdite interne sono in questi ultimi molto superiori. Però i condensatori sincroni, come pure i condensatori statici in derivazione, possono migliorare la caduta di tensione elevando il fattore di potenza. Il condensatore statico in derivazione ha per altro lo svantaggio di essere rigido nel suo funzionamento e, se viene lasciato inserito in una linea con poco carico, determina un aumento di tensione nei punti di distribuzione.

L'A. riferisce poi sui risultati ottenuti coll'inserzione di tre condensatori in serie nella sottostazione di Catskill (N. Y.) della Central Hudson Gas and Electric Corporation collo scopo di migliorare le cadute di tensione su di una linea trifase di circa 30 km a 13 200 V. Il problema consisteva nel migliorare la caduta in tre punti di utilizzazione *Atkens*, *Coxsackie* e *Ravena*. Prendendo il costo di esercizio coi condensatori in serie eguale a 100, quello di altri mezzi di miglioramento della caduta di tensione sarebbe stato il seguente:

regolatori a induzione	166 per cento,
condensatori in derivazione	243 per cento,
condensatori sincroni	166 per cento.

Furono installate tre unità, ciascuna da 90 kVA, 960 V, 96 A, 60 per. costituita ciascuna da 18 piccoli condensatori da 5 kVA (fig. 1): ogni batteria era collocata in un cassone cilindrico con l'aggiunta dei soliti apparecchi di protezione.

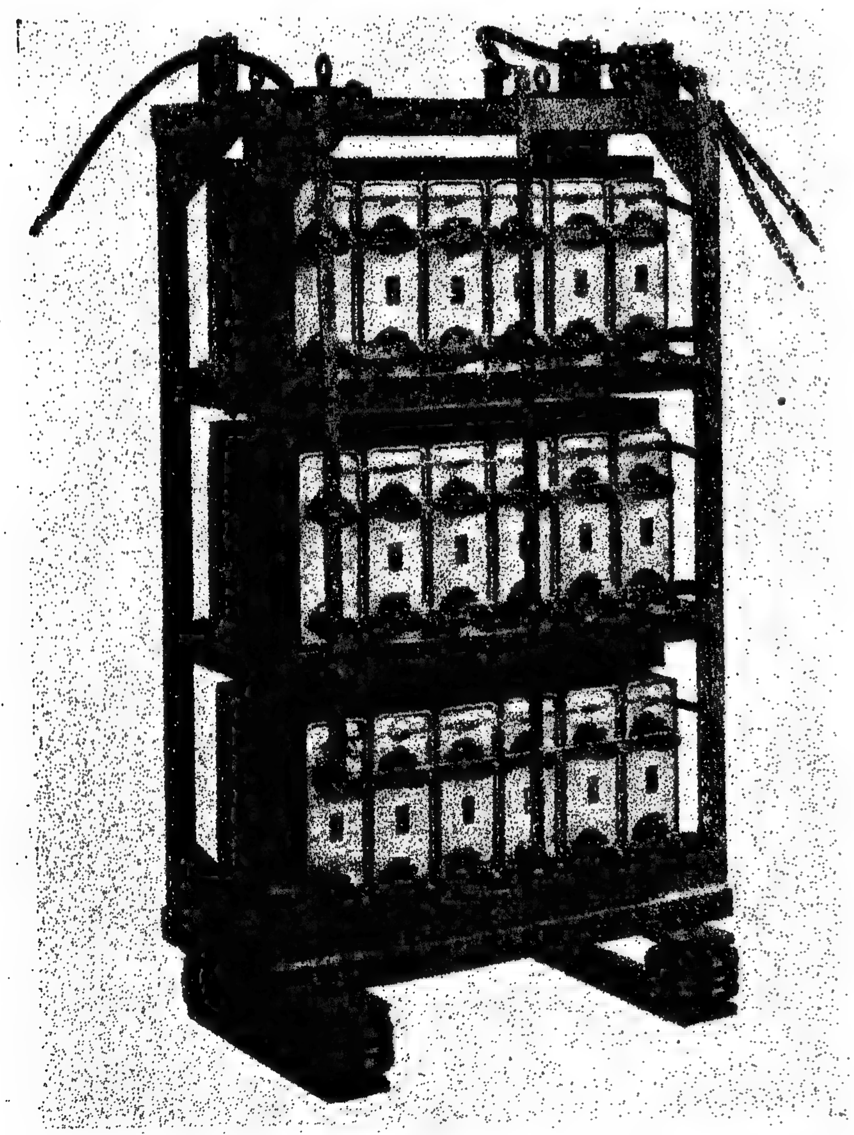


Fig. 1. - 18 condensatori in serie a 960 V e per 90 kVA.

Meno diffuse applicazioni ha avuto il condensatore in serie nel caso di linee di trasmissione ad alta tensione per lunghe distanze. È noto per altro che la reattanza induttiva di una lunga linea esercita un notevole influsso sulla stabilità di una rete; ogni dispositivo, che possa neutralizzare o compensare questa reattanza, aumenta perciò nello stesso tempo la stabilità.

La massima potenza che si può trasmettere su di una linea è data da:

$$P_{R\max} = \frac{E_R}{1000}\left[\frac{E_S}{X_0} + \frac{RE_R}{X_0^2}\right]$$

dove

$P_{R\max}$ = massima potenza in kW
E_R = tensione all'estremità di arrivo
E_S = » » in partenza
R = resistenza della linea
X_0 = reattanza della linea.

Di qui si vede che tanto maggiore è la reattanza e tanto minore è la massima potenza.

Ma

$$X_0 = w\,L \quad \text{e} \quad L = k\,\log_e \frac{D}{r}$$

e quindi

$$X_0 = w\,k\,\log_e \frac{D}{r}$$

dove

w = 2 π × frequenza
L = induttanza (henry)
D = distanza tra i conduttori
r = raggio dei conduttori.

Perciò la reattanza può essere diminuita riducendo la distanza fra i conduttori, però non oltre i limiti imposti dalla tensione e dal fenomeno corona. Ma la reattanza può essere neutralizzata da capacità in serie.

Circa l'aumento del limite di potenza, l'A. si riferisce al caso di una linea di trasmissione lunga circa 400 km alimentata da una centrale idroelettrica e alimentante un punto di carico dove è situata anche una centrale a vapore di grande potenza. La centrale idroelettrica è supposta di una potenza di 120 000 kVA: la centrale a vapore è considerata così grande da essere praticamente di potenza infinita. Si ammette pure che sia installato un condensatore sincrono da 60 000 kVA all'arrivo della linea. I condensatori in serie si suppongono installati alla metà della linea (fig. 2) e tali da neutralizzare la reattanza della linea e del trasformatore: possono essere sufficienti sei condensatori di 10,07 mfd. Con un carico iniziale di 50 000 kW si può giungere a un carico massimo di 113 000 kW, cioè si può ottenere un aumento del 126% colla linea compensata e solo a 53 000 kW colla linea non compensata cioè con aumento del solo 6%. Per altro, in caso di corto circuito, quando si usano condensatori in serie, l'impedenza è piccola e il corto circuito stesso non viene limitato dall'impedenza della linea: occorrono perciò dispositivi, che in tal caso cortocircuitano i condensatori e reinseriscono l'induttanza della linea.

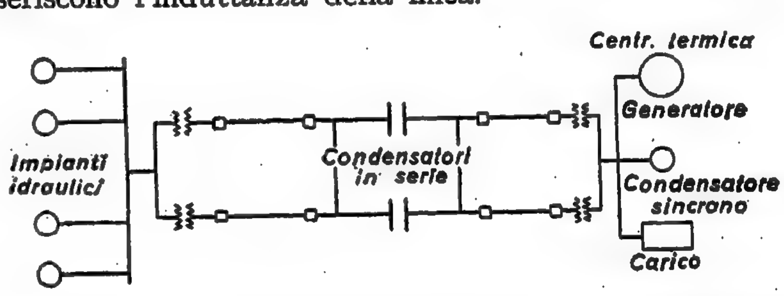


Fig. 2. - Applicazione di condensatori su linee che connettono due sistemi.

Ma i condensatori in serie hanno un'altra funzione, che è quella di controllare la divisione del carico nei vari rami di un circuito ad anello: è noto che quando diverse reti sono interconnesse, a cagione della reattanza induttiva, possono essere sovraccaricate alcune sezioni: a questo si può rimediare per mezzo di condensatori in serie. Un'esperienza per tale applicazione è stata fatta a Ballston (N. Y). sulle linee della New York Power and Light Corporation. Questo impianto fu fatto allo scopo di aumentare la capacità di carico della linea a 33 000 V Ballston-Amsterdam, che fa parte di un sistema ad anello. La batteria di tre condensatori per complessive 1245 kVA fu messa in servizio nel marzo 1928. Colla compensazione della reattanza della linea, la corrente di carico fu aumentata da 33 a 67 A e fu pure aumentata notevolmente la tensione alle sbarre di distribuzione a Ballston. In questo caso la reattanza della linea era 24 ohm: per compensarla occorsero 110 mfd.

Un condensatore in serie porta tutta la corrente di linea: perciò la caduta di tensione attraverso di esso è direttamente proporzionale alla corrente di linea e un eccessivo aumento di questa può determinare una tensione eccessiva al condensatore, tale da perforarne il dielettrico. È perciò necessario disporre nell'installazione dei condensatori apparecchiature di protezione, che automaticamente escludono il condensatore, quando la caduta di tensione sale al 150 o al 200% del suo valore normale. Così pure il condensatore viene escluso in caso di perforazione del dielettrico di un elemento. Due sono i sistemi di protezione studiati: uno applica un interruttore rapido, l'altro, per basse tensioni solo, fa uso di un semplice contattore.

Il primo sistema è stato applicato a Ballston: in caso di perforazione del dielettrico la tensione scende al condensatore a un valore minimo: allora si verifica uno squilibrio di impedenza in

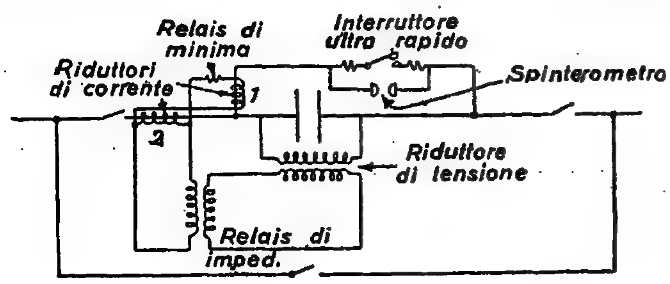


Fig. 3. - Condensatori in serie protetti da un altro interruttore rapido.

un relais, che determina la chiusura dell'interruttore rapido e si ha la scarica allo spinterometro (fig. 3). Invece per basse tensioni si adotta uno schema di protezione nel quale anche i condensatori sono protetti da uno spinterometro. La corrente di scarica passa attraverso le bobine di ritenuta e di chiusura in serie e fa chiudere i due contattori che sono in serie col condensatore: i contattori vengono poi mantenuti chiusi dalle bobine di ritenuta: se invece la corrente ritorna normale, i contattori si riaprono e il condensatore viene inserito.

Si può conchiudere che i condensatori in serie possono essere usati per migliorare la caduta di tensione in linee a media e a bassa tensione, come è il caso delle linee rurali; inoltre essi accrescono la stabilità dei sistemi di lunghe linee ad alta tensione e controllano la divisione del carico in circuiti ad anello. Essi sono quasi sempre più economici di altri tipi di apparecchi e possono essere convenientemente protetti.

L'A. aggiunge poi un rapporto compilato del Rural Lines Committee della Empire State Gas and Electric Association sull'uso dei condensatori in serie per la regolazione della tensione. T. S.

---

f) **UN OSPEDALE MODERNO COMPLETAMENTE ELETTRIFICATO** (1)

L'Ospedale Maggiore, n. 3, marzo 1931. - Ing. PITTALUGA.

Nella città di Argenteuil in Francia è stato costruito fin dal 1927 ed è entrato in funzione nel 1929 l'ospedale municipale della capacità di circa 300 letti. I suoi ideatori vollero che esso

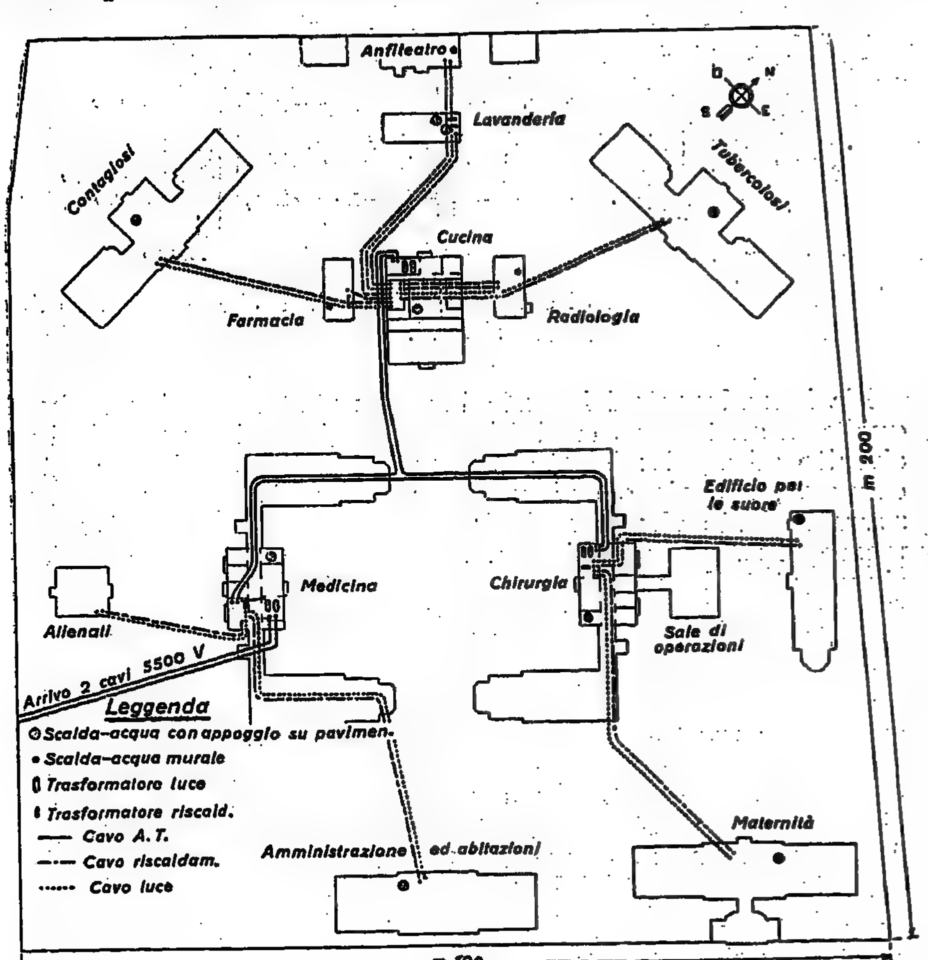


Fig. 1. - Pianta dell'ospedale di Argenteuil.

rispondesse ai più moderni dettami del progresso, ricorrendo esclusivamente all'elettricità per il completo funzionamento di tutti i servizi dell'ospedale.

I risultati del primo anno di esercizio stanno a provare che mentre poteva essere sembrato audace l'aver sostituito coll'elettricità ogni altro tipo di combustibile, praticamente le spese sono rimaste in limiti del tutto normali.

La planimetria dell'ospedale è riportata nella fig. 1; i vari padiglioni, isolati gli uni dagli altri, contengono ciascuno da 30 a 90 letti, a seconda della loro destinazione.

L'energia elettrica serve per l'illuminazione, il riscaldamento dei locali, il riscaldamento di tutti gli apparecchi di cucina, il riscaldamento dell'acqua, il servizio radiologico, la lavanderia, la forza motrice per gli ascensori, montacarichi, ecc.

L'energia arriva per mezzo di due cavi a 5500 V posti in trincea, di cui uno solo può essere sufficiente al servizio normale; i due cavi possono essere utilizzati sia insieme che separati. Le cabine di trasformazione sono state installate negli edifici « Medicina », « Chirurgia » e « Cucina » (V. Tab. *B*); la loro alimentazione è assicurata anche nel caso d'avaria in un punto qualsiasi.

Ogni cabina possiede due trasformatori posti in parallelo. In caso di incidente su uno di essi l'altro può sostenere il servizio a carico ridotto fino a riparazione o sostituzione del trasformatore avariato.

La distribuzione per il riscaldamento degli ambienti è stata tenuta completamente separata da quella degli altri servizi: durante l'estate, l'impianto di riscaldamento può essere così



Fig. 2. - I radiatori per il riscaldamento di un corridoio.

escluso del tutto, e, quando occorra durante tale stagione elevare la temperatura delle sale operatorie, i radiatori destinati al riscaldamento delle stesse possono essere allacciati al circuito luce, perchè in Francia la mancanza di tasse governative sulla luce, permette di utilizzare lo stesso impianto per il servizio d'illuminazione e per le altre applicazioni.

Il capitolato per il riscaldamento degli ambienti richiedeva che per una temperatura esterna di — 5° C si dovevano avere le seguenti temperature nei diversi locali:

+ 18° C nei servizi medici, nei servizi annessi, nell'abitazione del direttore, ecc.
+ 20° C nelle camere dei malati;
+ 25° C nelle sale di operazione, reparti anestetici, radiologici, radiografici.

Era inoltre richiesto che in caso di mancanza di energia per tre ore consecutive, gli apparecchi riscaldatori in ogni locale dovevano possedere una potenza di accumulazione di calore tale da non permettere un abbassamento di temperatura superiore ai 3° C.

A tutto questo si pervenne adottando un elemento riscaldante a superficie liscia, costituito da un cilindro in lamiera di circa 16 cm di diametro, al centro del quale fu posto l'elemento riscaldante, il cui diametro non supera i 12 mm. L'intercapedine fra i due cilindri fu riempita da una speciale sostanza refrattaria, di calore specifico molto elevato, così da assumere un raffreddamento molto lento. Sostenuti da apposite mensole

(1) V. anche *B. I. P.* numero 24, 1930 - Ing. COURNIER.

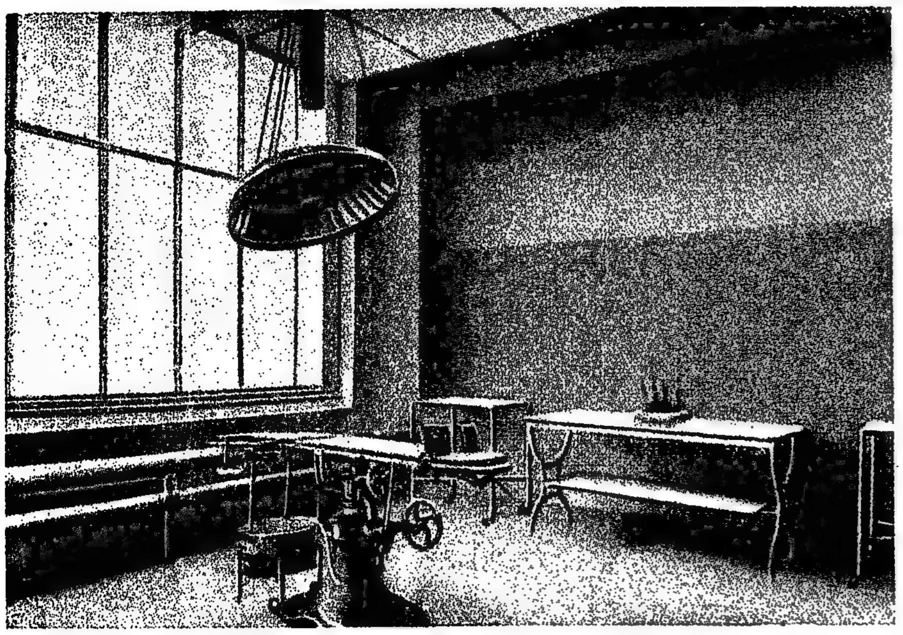


Fig. 3. - I radiatori per il riscaldamento della sala di operazione.

essi furono disposti nei vari locali da riscaldare, isolati o accoppiati o in gruppo, a seconda della necessità. Ogni radiatore fu provvisto d'interruttore per l'esclusione di ciascuno di essi in caso di non utilizzazione dei locali, mentre la regolazione dell'intero impianto fu affidata ad una manovra centrale unica, ottenuta con una opportuna variazione di tensione alla cabina di trasformazione.

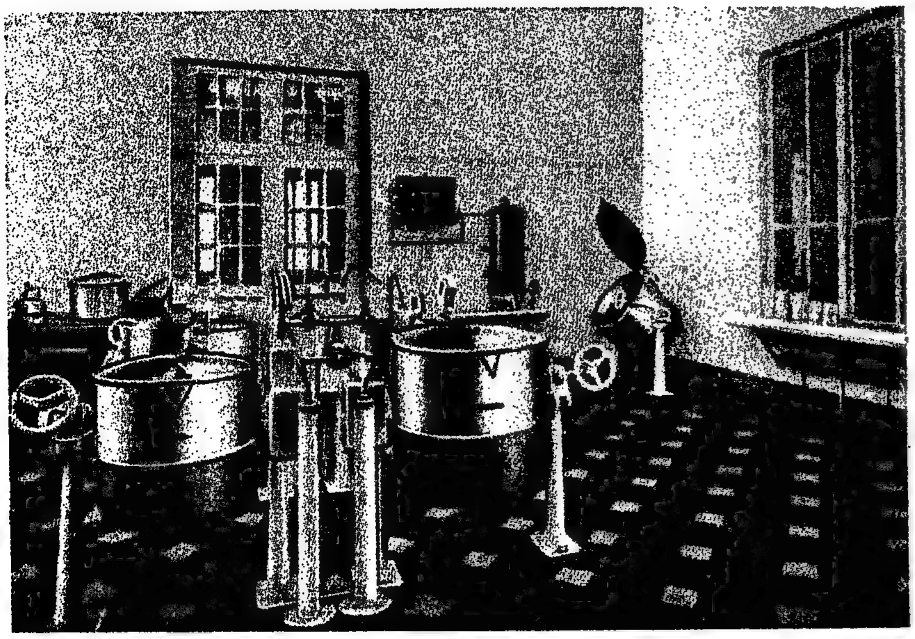


Fig. 4. Uno degli aspetti della cucina con le caldaie a bilico in vista

Il potere di accumulazione dei radiatori permise anche di togliere del tutto la corrente nelle ore di maggiore richiesta per la Società distributrice, cioè dalle 16 alle 18.

L'impianto corrispose interamente alle aspettative e ai termini fissati dal capitolato, e dopo più di un anno di esercizio, con 2000 radiatori in servizio, non si ebbe a lamentare neppure la messa fuori uso d'uno di essi.

L'impianto di cucina, previsto per il servizio di 300 malati più il personale, fu così corredato:

a) *Cucina*, propriamente detta, comprendente
- 2 focolari a fuoco vivo di cm² 30 × 30 della potenza di 7 kW ciascuno;
- 2 placche di cm² 25 × 70 della potenza di 3 kW ciascuna;
- 1 placca per soffritti di cm² 25 × 70 della potenza di kW 12;
- 1 forno di cm³ 65 × 65 × 25 della potenza di 5 kW, con riscaldamento separato della volta e della suola; ogni elemento ha tre regolazioni.

b) *Pentole*
- 4 pentole a bilico, capacità 100 l ciascuna
- 2 » » » » 50 l »
- 1 » » » » 100 l » per il latte.

c) 1 griglia a fuoco vivo.

d) 1 bancale per il fritto.

e) 1 tavola di servizio di m² 1,50 × 0,70 con piastra riscaldante e scaldavivande.

f) 1 macchina per la preparazione del caffè, capace di approntare 40 l di caffè per volta.

g) 1 sciacquatrice comprendente
una vasca di 500 l per gli oggetti di rame
una vasca di 100 l per gli oggetti di porcellana.

h) 1 riscaldatore d'acqua della capacità di 500 l.

La disposizione a bilico permette, a mezzo di un volantino, la facile e sicura manovra delle pentole le quali sono anche munite di coperchio sollevabile a contrappeso. Tutte le pentole sono alimentate da acqua calda e fredda, e sono riscaldate dal basso e lateralmente sempre con tre regolazioni di calore.

La lisciviatrice, la sciacquatrice, l'essiccatoio dell'impianto di lavanderia sono alimentati a vapore da due caldaie elettriche di 40 kW ciascuna; l acqua calda è fornita da un riscaldatore ad accumulazione di 800 l.

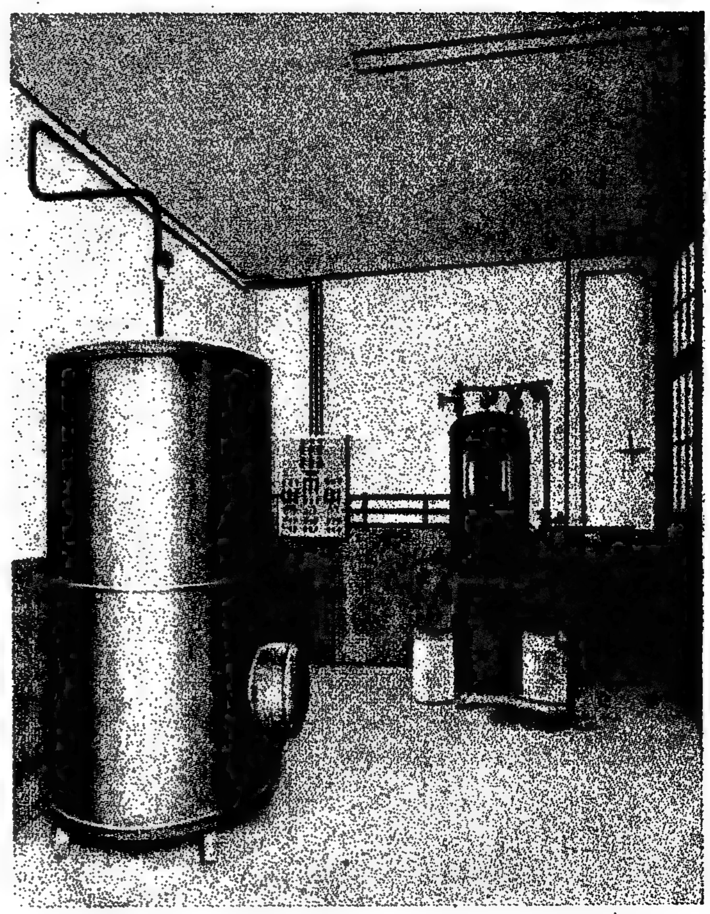


Fig. 5. - Riscaldatore ad accumulazione di 800 l di capacità e caldaia elettrica di 40 kW della lavanderia.

È poi prevista una piccola caldaia di 10 kW per il servizio di disinfezione, troppo lontano dalla lavanderia per avere la convenienza ad essere alimentato con una tubazione.

La preparazione dell'acqua calda è fatta esclusivamente con grandi riscaldatori ad accumulazione, con i quali è stato possibile mettere al mattino a disposizione dei vari servizi gran quantità di acqua.

L'installazione comprende i seguenti apparecchi:

Tab. *A*

Destinazione dell'edificio	Scalda-acqua installati	
	N.	Capacità in l
Medicina	1	1000
Chirurgia	1	1000
Maternità	1	1000
Lavanderia	1	800
Tubercolotici	1	500
Contagiosi	1	500
Cucina	1	500
Suore	1	500
Amministrazione	1	500
*Sala d'operazione	1	100
*Farmacia	1	100
*Sala d'autopsia	1	100

* In questi locali sono stati installati riscaldatori a sospensione.

Sono così previsti per tutti i servizi 6600 litri di acqua calda alla temperatura di circa 90° C automaticamente controllata.

Gli apparecchi sono del tipo a pressione e sono stati installati nei sotterranei dei vari reparti, tranne quelli murali.

Nella tabella *B* sono riportate le potenze installate, le utilizzate e quelle che rimangono disponibili nell'impianto d'Argenteuil.

Tab. *B*

Destinazione dell'energia	Padiglione	Trasformatori installati		Potenza in kW		
		N.	kVA	instal-lata	utiliz-zata	disponi-bile
Riscaldamento e cucina	Medicina	2*	280	560	414	146
Illuminaz., riscaldatori di acqua, forza	»	1	46	46	33	13
Riscaldam. e cucina	Chirurgia	2*	270	740	600	140
Illuminaz., riscaldatori di acqua, forza	»	1	64	64	44	20
Riscaldamento	Cucina	1*	370	650	483	167
Cucina e illuminaz.	»	1	280			
TOTALI..		8	1310	2060	1574	486

* I trasformatori installati sono a variazione di tensione.

Carichi così considerevoli sono stati richiesti sopratutto dall'impianto di riscaldamento degli ambienti; infatti durante l'estate restano in funzione solamente il trasformatore più piccolo nell'edificio «cucina» e i due trasformatori per il servizio di illuminazione, ossia soltanto 390 kVA in totale.

I consuntivi d'esercizio hanno dato un consumo medio per mese d'inverno di 300 000 kWh, con una temperatura media esterna di 5° C.

In base alle tariffe concesse per questo impianto dalla locale Società distributrice, le quali sono simili a quelle applicate da tutte le Società elettriche in Italia, ad un consumo di tale ordine di grandezza corrisponde una spesa uguale a quella che si dovrebbe sostenere con un impianto a riscaldamento centrale; ma in tale cifra è compreso anche il consumo per le cucine, i riscaldatori d'acqua, l'illuminazione e i servizi generali.

Pertanto l'A. auspica che anche in Italia coloro i quali hanno in studio e in preparazione nuovi impianti di ospedali prendano in considerazione la possibilità di servirsi, in applicazioni diverse da quelle della luce, dell'energia elettrica che ha caratteristiche tutte superiori ad ogni altro mezzo e può soddisfare ad ogni richiesta di servizio, accoppiando a questi vantaggi anche una utilizzazione economica.

E. de' B.

---

g)

IL RISCALDAMENTO ELETTRICO DELL'ACQUA IN UN ALBERGO

B. I. P., n. 33, aprile 1931. – B. DUTASTA.

Un interessante impianto di riscaldamento d'acqua è stato fatto n Franc a a Mentone nell'Albergo degli Inglesi, per la distribuzione dell'acqua calda a 150 camere con lavabi ed a 50 gabinetti da bagno.

L'impianto è stato costruito per essere messo sotto tensione al massimo per 10 ore, e comprende 3 caldaie orizzontali ad accumulazione, di 5000 litri ciascuna, riscaldata con una resistenza di 42 kW, cioè n totale da 126 kW (fig. 1).

Un interruttore orario inserisce e toglie la corrente; inoltre ogni scalda-acqua è comandato direttamente con un termostato statico il quale, per mezzo di un *relais*, interrompe la corrente quando l'acqua raggiunge la temperatura di 90° C. Un piccolo quadro con tre lampade a mezza luce è posto sul tavolo del direttore, il quale può così in ogni istante conoscere se gli scalda-acqua sono sotto tensione, ed assicurarsi che il servizio di acqua calda funzioni regolarmente.

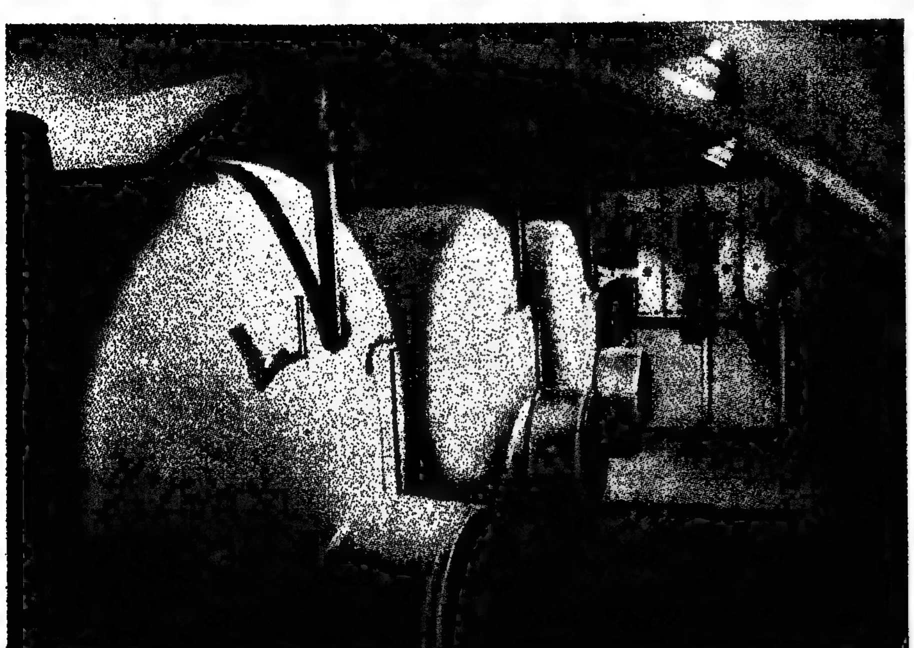


Fig. 1. - La batteria dei tre scalda-acqua ad accumulazione della capacità di l 5000 ciascuno.

Essendo stati calcolati con larghezza i tubi di distribuzione, si è soppresso il r torno alla caldaia, come in tutti gli impianti a riscaldamento diretto; e la soppressione delle perdite di calore nei tubi di ritorno ha permesso di realizzare un economia del 12%, ottenendo una ottima distribuzione di acqua calda in tutti i locali più lontani dell'albergo.

Le spese per il consumo di energia sono quasi le stesse di quelle per il carbone, ma il riscaldamento elettrico si è dimostrato molto più regolare di quello a carbone.

L'acqua si mantiene ad una temperatura costante durante tutte le ore.

Per il primo anno di esercizio dell'albergo il consumo di energia è stato di kWh 219 248; nei periodi in cui l'hôtel era completamente occupato si è avuto un consumo mensile variabile da 25000÷30000 kWh.

E. de' B.

N. d. R. – Riassunto quanto scrive il periodico francese, è qui opportuno ricordare che da circa due anni la Società *Alta Italia* ha installato a Torino un serbatoio d'acqua da 4000 litri di capacità e con 50 kW di carico all'Hôtel Ligure e d'Angleterre, per il riscaldamento dell'acqua. L'apparecchio è stato inserito su un impianto idraulico esistente a circolazione, con vasca aperta sul tetto e difficilmente isolabile, e quindi l'applicazione si svolge in condizioni del tutto sfavorevoli.

Il consumo di energia elettrica dal settembre 1929 a tutto il 1930 è stato di kWh 127 410 di giorno e kWh 178 600 di notte; nei primi quattro mesi del 1931 è stato di kWh 58 840.

L'applicazione doveva essere limitata, secondo il contratto, al periodo estivo con prevalenza di utilizzazione notturna, ma data l'attuale disponibilità di energia, si è concesso, in via temporanea, di continuare il consumo anche nel periodo invernale.

La temperatura dell'acqua contenuta nel serbatoio si mantiene intorno ai 70° C data la continua utilizzazione dell'acqua e probabilmente le forti dispersioni dell'impianto.

PROVE DI RISCALDAMENTO ELETTRICO DEL SUOLO ESEGUITE IN OLANDA (h

Elektrizitäts - Verwertung. L'Electrique, n. 1, aprile 1931.

Il riscaldamento dei terreni a colture per aumentare lo sviluppo delle piante, è già da lungo tempo applicato nei Paesi Scandinavi e nei Paesi Bassi, ove in particolare serve per le coltivazioni di tulipani e di giacinti, poichè anticipandone l'essiccazione, i bulbi fioriscono molto prima nell'anno successivo, con grandi vantaggi economici per i coltivatori.

Mentre in Svezia il riscaldamento del suolo è fatto con l'energia elettrica, in Olanda esso in genere è fatto con circolazione di acqua calda in tubi sotterrati, procedimento che presenta molti inconvenienti, sia per l'alto costo dato che i tubi si consumano in breve tempo, sia per il pericolo di congelamento nell'inverno, sia perchè il calore dei tubi ad acqua calda non è uniforme ma diminuisce proporzionalmente alla lunghezza di essi. La durata invece di un impianto di riscaldamento elettrico, con un opportuno uso, è quasi illimitata e la distribuzione del calore è fatta in modo uniforme su tutta la lunghezza dei cavi.

Crediamo perciò interessante riportare la descrizione dell'impianto di riscaldamento elettrico fatto in Olanda nel 1928, su di una superficie di un ettaro di terreno per colture floreali, onde sostituire il comune riscaldamento tubolare ad acqua calda.

La parte più importante è quella dei cavi, i quali sono composti di un filo del diametro di 0,75 mm con una resistenza di 1,13 Ω per m, ricoperto da due strati di cordone di amianto, avvolti in senso opposto; sopra di questi è uno strato di carta preparata; il tutto è messo dentro ad un tubo di piombo dello spessore di 1,3 mm, la cui sezione è di 13 mm², mentre tutto il cavo ha il diametro esterno di 4,7 mm. Il tubo di piombo, che ha una resistenza di circa 0,15 Ω al m, è utilizzato come conduttore di ritorno.

A questo scopo esso da una parte è saldato insieme al filo interno, dimodochè il cavo è a questo capo ermeticamente chiuso da non lasciare penetrare l'acqua.

C'è una relazione precisa fra la lunghezza del cavo e la corrente fornita.

L'intensità di corrente è di 5 A. Per la lunghezza di 50 m e per la tensione di 220 V, utilizzata in questo caso, l'intensità di corrente è di 3,86 A, corrispondente ad un consumo di 850 W per ciascun cavo, ossia di 17 W per metro.

Poichè questi cavi di piombo non sono armati, non possono essere lasciati nel suolo durante la lavorazione del terreno,

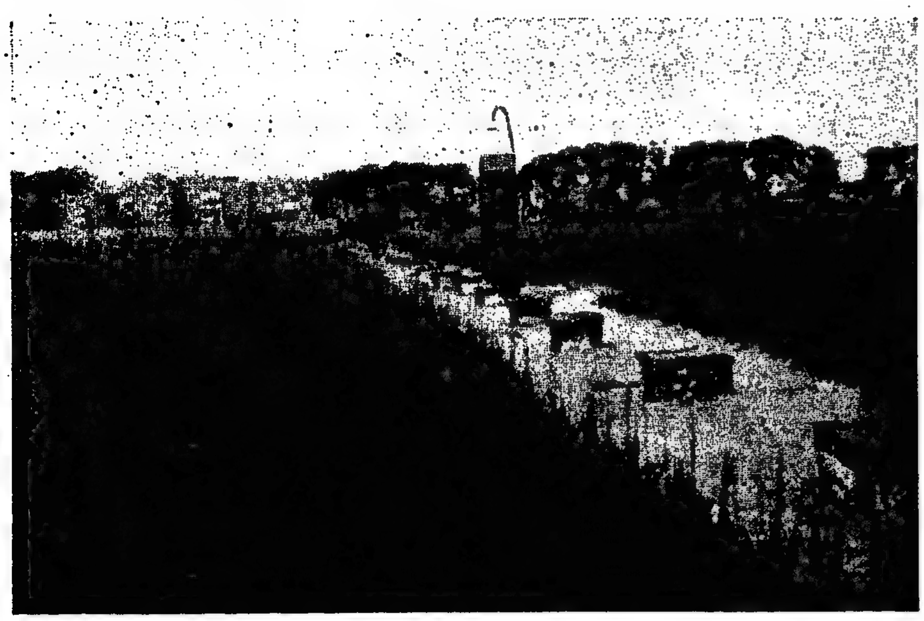


Fig. 1. - Impianto centrale di distribuzione e cassette di alimentazione per i cavi, al centro di una delle tre strisce in cui fu diviso il terreno.

ma devono essere tolti dopo ciascuna coltivazione. A questo scopo essi sono posti in tubi di grès di 32 mm di diametro interno, forniti di filo di ferro che servono a facilitare la manovra di estrazione dei cavi attraverso essi.

Molto importante è mettere il cavo alla giusta profondità; in base alle esperienze fatte in Svezia la profondità fu fissata a 30 cm, ma non si è sicuri se questa sia la profondità più favorevole, tanto che su questo punto si dovranno ancora fare altri esperimenti.

L'applicazione di uno strato isolante per il calore sotto le aiuole non può essere preso in considerazione a causa della troppo grande superficie.

Il terreno, che ha quasi la forma di un quadrato di 100 m di lato, fu diviso in tre parti uguali delle dimensioni di 33×100 m^2, fornita ciascuna di 144 cavi di riscaldamento, distanti l'uno dall'altro 40 cm, con una potenza installata di 122,4 kW per striscia.

Nella superficie di un ettaro è installato un totale di 367,2 kW cioè 36,72 W per m^2.

Questi cavi di riscaldamento sono alimentati, in gruppo di 12, da una cassetta di distribuzione collegata con uno dei 12 cavi di alimentazione che partono dall'impianto centrale di distribuzione posto al centro di ciascuna striscia (fig. 1 e 2). Ognuno di questi cavi è composto di 6 condutture di 2,5 mm^2 di sezione.

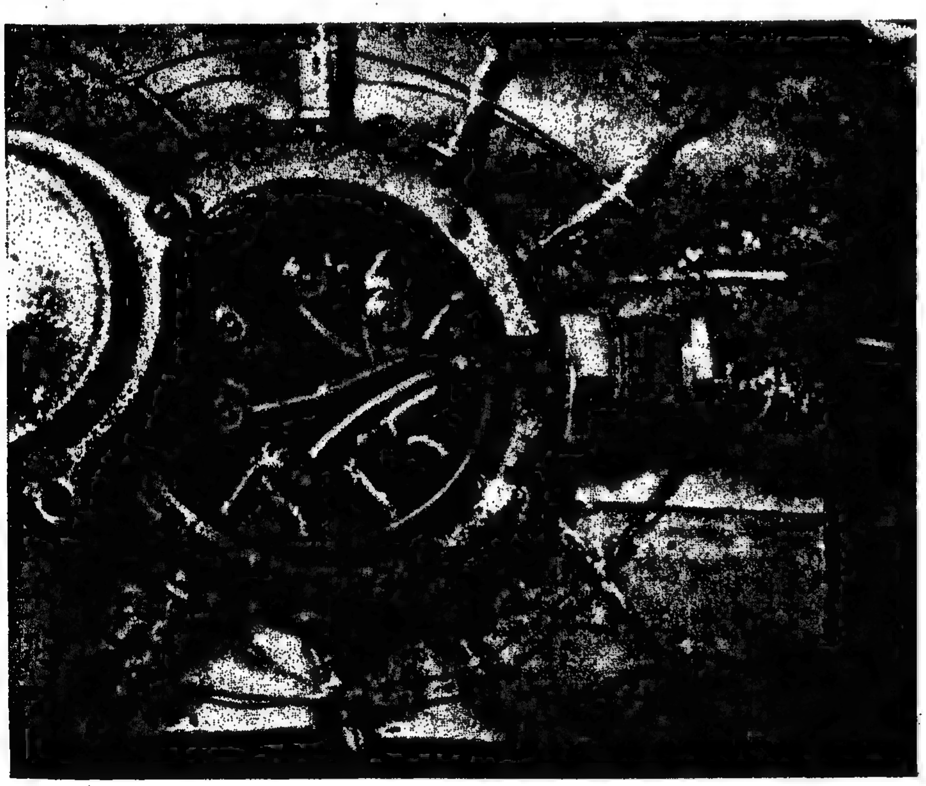


Fig. 2. - Scatola di diramazione dei cavi di riscaldamento.

L'impianto collegato alla linea ad alta tensione ha una cabina di trasformazione, con due trasformatori da 200 kVA ciascuno, e l'insieme è costruito in modo tale che sia il montaggio, sia le connessioni dei fili di alimentazione e dei cavi di riscaldamento possano essere fatte senza alcuna difficoltà dal personale ordinario.

Questo impianto di riscaldamento del suolo è certamente molto interessante per i distributori di energia, poichè fatta eccezione nelle ore di punta per l'illuminazione, l'energia è fornita sia di giorno che di notte durante il periodo estivo, dato il particolare sistema di coltura che richiedono le piante con bulbi.

Dagli esperimenti finora fatti si è desunto che occorrono 1000 kWh al giorno per elevare di 1° C la temperatura del suolo di 1 ha di superficie.

E. de' B.

Pubblicazioni

DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.

EDMOND MARCOTTE: *Les materiaux des constructions civiles et des travaux publics.* – Tome III. *Métaux, bétons, revêtements routiers.* – Gauthier-Villars et C.ie. - Paris, 1931.

Il terzo volume di quest'opera è particolarmente interessante perchè tratta quasi esclusivamente dei due materiali da costruzione più usati: il ferro e il calcestruzzo.

La prima parte del libro è dedicata principalmente al ferro ed agli acciai e tratta della loro produzione, dei loro caratteri, e delle prove ed analisi varie che si riferiscono alla loro costituzione, resistenza ecc. Buona parte però della trattazione riguarda in generale tutti i metalli.

Si può dire che nessun argomento interessante è stato trascurato e che anzi l'Autore, per dar maggior chiarezza alla sua esposizione, non ha trascurato di rammentare nozioni elementari generali che potevano esser non ben presenti al lettore.

La seconda parte, più breve, tratta del calcestruzzo e qui l'A. ha voluto molto opportunamente dedicare alcune pagine all'importante questione dello studio granulometrico preliminare ed alla predeterminazione delle probabili resistenze del calcestruzzo, esponendo le formule più usate e che danno più attendibili risultati pratici. Le pagine successive trattano delle prove (in laboratorio e in cantiere) ed in ultimo della effettiva fabbricazione del calcestruzzo e della gettata, non trascurando di dare al proposito cenni sui più moderni procedimenti di produzione e costipamento.

La terza parte, riguardante i rivestimenti stradali può dirsi una rapida rivista di tutti i sistemi in uso o in prova arricchita da utili giudizi dell'A. e da dati pratici sulla struttura e sulla composizione dei materiali impiegati.

L'opera è completata da un'appendice costituita da 26 brevi note relative ai risultati di esperienze pratiche con speciali materiali o procedimenti, alcuni dei quali interessano anche per il loro carattere di attualità. L'A. ha saputo mantenere, anche in alcuni punti ove ha affrontato argomenti alquanto complessi, la forma piana e chiara caratteristica delle sue opere; ha cercato principalmente di non trascurare alcuna notizia che potesse interessare e di esporre ogni concetto nel modo più breve ed elementare. L'opera costituisce quindi una buona guida per chi deve addentrarsi in questo genere di studi, mentre la sua completezza e l'ampio corredo di dati e consigli pratici la rendono utile come promemoria e come testo informativo anche per chi ha già cognizioni in materia.

L'opera verrà completata con un quarto volume, di prossima pubblicazione, riguardante il calcestruzzo armato, il legno e altri materiali diversi.

***

STARKSTROMTECHNIK: « Manuale per ingegneri elettrotecnici » Edito da E. v. Rziha e J. Seidener. Settima edizione rinnovata e ampliata. Vol. II, W. Ernest & Sohn, Berlino.

Anche il contenuto del secondo volume di questo manuale è stato rinnovato quasi completamente per opera di nuovi collaboratori che si aggiunsero e in parte sostituirono quelli del secondo volume della sesta edizione (1922).

Il secondo volume tratta la parte che riguarda direttamente la produzione, la trasmissione e il consumo dell'energia elettrica. Il primo capitolo s'occupa delle centrali. Alla introduzione di carattere generale (Sessinghaus, Stiel, Hoering) seguono le trattazioni sui motori primi, idraulici (D. Thoma) e termici (Melan e Biersack), sui problemi fondamentali, i sistemi di corrente, la regolazione della tensione, la ripartizione del carico attivo e reattivo, la stabilità, le correnti di corto circuito, le sovratensioni, le sovracorrenti, e relative protezioni (Kallir, Burger, Ruedenberg, Westermann, Koch), gli schemi (Sessinghaus), i quadri e l'apparecchiatura (Patzelt), le centrali e le stazioni automatiche (Lommel), i servizi ausiliari (Titze), il progetto delle centrali (v. Rziha) e le tariffe (Nissel).

Il secondo capitolo (Kallir) è dedicato alle condutture (calcolo elettrico e meccanico ecc. e costruzione), mentre il terzo

(Stiel, Buff, Hahn) s'occupa degli impianti industriali (industrie tessili, industria della carta, della stampa, dei metalli, del legno, industrie chimiche, pompe, compressori, ventilatori, ecc.). I rimanenti capitoli trattano degli impianti di miniere (Thallmeyer, Baeumer, Schade, Steiner), dei laminatoi (Mueller), degli equipaggiamenti per gru (Gewecke), della trazione elettrica (Hoering), degli impianti di bordo (Meyer, Bahl, Stauch) e di quelli agricoli (Petri).

Il secondo volume, come è stato migliorato e ampliato, costituisce un pregevole completamento del primo e tiene conto dei notevoli progressi e delle innovazioni nella tecnica degli impianti elettrici sopravvenute dalla pubblicazione della sesta edizione (1922) ad oggi.

Il manuale stesso, tanto per i pregi del suo contenuto, quanto per la maniera e l'ordine col quale questo contenuto viene esposto e per la ricchezza di dati e indicazioni, costituisce per l'ingegnere elettrotecnico che lo compulsa un aiuto prezioso.

Notiziario

a) NUOVI ORIZZONTI NELLA TECNICA DEI RADDRIZZATORI A VAPORE DI MERCURIO

Nel fascicolo ultimo di aprile di questa Rivista si è dato notizia degli studi della Gen. El. Co. sui triodi « Thyratron », con griglie di regolazione, i quali permettono la conversione di corrente continua in corrente alternata di qualsiasi frequenza. Nella Siemens Zeitschrift dell'aprile scorso è riportato che studi di questo genere si sono iniziati da quasi 10 anni anche nei Laboratori della Siemens Schuckert di Berlino e sono stati proseguiti indefessamente fino ad oggi. Durante questo periodo di studi e di esperienze, tenendo sempre presente la possibilità di future applicazioni pratiche, si è passati dal campo delle valvole ad alto vuoto a quello dei raddrizzatori a vapore di mercurio, studiando precisamente le proprietà delle griglie di regolazione applicate ai grandi raddrizzatori a vapore di mercurio del tipo industriale, con cilindro in ferro, adatti per forti intensità di corrente.

Gli studi e le esperienze condotti con costanza e tenacia hanno dato dei risultati i quali condurranno in breve tempo senza dubbio ad importanti applicazioni nel campo industriale.

Dagli esperimenti finora eseguiti si intravede la possibilità di ottenere coi raddrizzatori a vapore di mercurio, muniti di griglie, la regolazione della tensione sotto carico, il ricupero di energia, la conversione di corrente alternata trifase di data frequenza in corrente di altra frequenza e successivamente la produzione di corrente continua ad alta tensione (per agevolare i trasporti di energia a grandi distanze) e la sua successiva conversione in corrente alternata.

b) NUOVI INTERRUTTORI AD ESPANSIONE E A GRANDE CAPACITA' DI ROTTURA

In occasione di una recente conferenza tenuta negli Stabilimenti della Siemens-Schuckert a Berlino dal Dr. Kesselring in presenza di numeroso personale dirigente del mondo industriale e tecnico della media Europa, vennero presentati agli intervenuti i nuovi *interruttori ad espansione ad alta capacità di rottura* nei quali, come è noto, lo spegnimento dell'arco è ottenuto utilizzando l'abbassamento di temperatura dovuto all'espansione adiabatica di vapore saturo.

Per la produzione del vapore necessario per il funzionamento degli interruttori viene usato un liquido speciale detto « espansina », liquido che deve essere rinnovato di tanto in tanto (in condizioni normali ogni 4 a 6 mesi) senza che perciò sia necessario interrompere il regolare esercizio.

Dopo parecchi anni di studi durante i quali venne chiarito in tutti i suoi aspetti il fenomeno fisico dello spegnimento dell'arco e dopo aver eseguito e provato nell'apposita Sala prove per alte tensioni parecchi modelli, la ditta soprannominata ha ormai sviluppato da circa un anno una serie completa di interruttori ad espansione per tensioni da 3000 a 200 000 V. L'ultimo successo che ha permesso di passare all'applicazione pratica su vasta scala del nuovo tipo di interruttore, è l'introduzione di una camera elastica di espansione, la quale rappresenta la realizzazione pratica del principio dell'espansione e permette di costruire interruttori per altissime tensioni e per elevati valori della corrente. Gli interruttori ad espansione installati e funzionanti ormai da più di un anno hanno dato risultati così persuasivi che oggi si pensa di adottare il nuovo tipo di interruttori in tutti gli impianti di grande importanza.

I vantaggi principali del nuovo tipo di interruttori nei confronti di quelli in olio risultano anzitutto dall'assoluta sicurezza contro i pericoli d'incendio e di esplosione, il che permette di installare questi interruttori senza alcun pericolo anche nell'interno di magazzini, cinematografi, scuole e simili; altri vantaggi sono la mancanza di rumore all'apertura dell'interruttore, il facile controllo dei contatti, la semplificazione nei collegamenti e la maggiore semplicità ed economia nella costruzione delle parti in muratura delle celle.

In presenza degli intervenuti alla conferenza sopra menzionata vennero eseguite delle prove su un interruttore ad espansione per tensione di esercizio di 10 kV, durante le quali l'interruttore si dimostrò capace di interrompere senza rumore anche degli archi permanenti ottenuti artificialmente.

Vennero poi confrontati due interruttori delle stesse caratteristiche nominali e per tensione di esercizio di 100 kV, uno in olio ed uno ad espansione, in esecuzione speciale per installazione all'aperto. A 700 000 kVA il tempo di apertura per l'interruttore ad espansione era di 1/50 di secondo, mentre invece per l'interruttore in olio la durata era per lo meno 4 volte maggiore. La potenza di spegnimento era così efficace per l'interruttore ad espansione che l'interruttore costruito per una tensione nominale di 100 kV riusciva ad aprire il circuito senza inconvenienti anche quando la tensione fu portata a 200 kV.

I VENTILATORI ELETTRICI IN ARGENTINA (d

Bollettino di Informazioni Commerciali dell'INE, n. 17 del 25 aprile 1931.

La diffusione dei ventilatori elettrici va aumentando di anno in anno in Argentina, dato il clima a carattere semitropicale del nord e temperato nella zona centrale, dove è concentrata la massima parte della popolazione del Paese.

Oltre che nelle abitazioni private, i ventilatori sono usati in tutti gli uffici, nei locali pubblici, nelle vetture ferroviarie e nei più importanti teatri e cinematografi, nei quali ultimi, l'aerazione è generalmente fatta con ventilatori elettrici, poichè pochi sono i teatri di costruzione del tutto recente, che usano sistemi di raffreddamento con aria refrigerata.

La mancanza di dettagliate statistiche posteriori al 1927 che si riferiscano alle importazioni di ventilatori elettrici, rende difficile di poter stimare l'ammontare delle vendite annuali; le statistiche doganali argentine recano specificate queste importazioni fino al 1927, e registrarono un totale di 9318 unità nel 1926 e 12793 nel 1927, con un concorso da parte dell'Italia di 5925 ventilatori.

Oltre a questa voce, le statistiche della Repubblica riportarono per il 1926 e per il 1927 un'importazione di « piccoli motori elettrici » (fra i quali si ritiene siano compresi anche quelli per ventilatori) rispettivamente di 18423 e di 21027 unità, di cui la maggior parte provenne dagli Stati Uniti.

I dati finora pubblicati per gli anni 1928 e 1929 non recano specificata la voce « ventilatori elettrici », ma sotto l'altra di « piccoli motori per ventilatori elettrici » riportano un'importazione di 21637 unità nel 1928 e di 27568 unità nel 1929.

I ventilatori usati in Argentina sono in generale provvisti di motorino funzionante con una tensione di 220 V, e specialmente nelle abitazioni rurali di 32 V, mentre più raro è il caso che si richieda quella di 110 V.

La nostra industria è bene affermata sul mercato e continua a mantenere buone posizioni, nonostante la forte concorrenza della produzione nordamericana e tedesca; i ventilatori inglesi sono venduti in minor scala anche perchè il loro prezzo è superiore a quello della concorrenza.

PROROGA DI CONCORSO A PREMI

L'Associazione Nazionale per la prevenzione degli infortuni sul lavoro, in seguito al Concorso Nazionale a premi da essa bandito per un apparecchio meccanico ideato e costruito in Italia, per praticare la respirazione artificiale nei casi di morte apparente per asfissia da gas, annegamenti, fulminazione da corrente elettrica, concorso che veniva a scadere il 30 giugno 1931, ha deciso di prolungare il termine per la presentazione delle domande e degli apparecchi al 31 Ottobre 1931.

Per informazioni e schiarimenti rivolgersi alla Direzione Generale dell'A.N.P.I. - Via Marina, 5 - Milano (113).

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* — ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO, Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO — ING. ETTORE CESARI, *Redattore-Capo responsabile*

MILANO
Luglio 1931 - Anno IX

Fascicolo VII
Volume VIII

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

ING. ETTORE CESÀRI
DIRETTORE DELL'« UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE »

La produzione dell'energia in Italia nell'annata 1930

I. – LE IMPRESE ELETTRICHE.

Numero e tipo delle imprese.

La UNFIEL ha continuato le sue indagini sulle Imprese elettriche, rivedendo ed aggiornando notevolmente le cifre pubblicate l'anno precedente, sopratutto per quanto riguarda le piccole Imprese.

Ciononostante la differenza fra i dati ora riportati (Tab. I) e quelli dati l'anno scorso per le Imprese con capitale inferiore a 1 milione è lieve, poichè l'aumento portato al numero delle Imprese dall'accertamento dell'esistenza di molte piccole Aziende è neutralizzato dal fatto che molte di quelle già comprese nel numero dell'anno precedente sono state assorbite da Aziende maggiori nel corso del 1930. Le classi successive sono per la maggior parte diminuite di numero in conseguenza del progressivo e continuo concentramento delle Imprese.

Tenendo conto di quanto è detto più sopra, è evidente che queste cifre non sono riferibili a quelle degli anni scorsi, buona parte delle variazioni essendo dovute a differenza nel numero delle Imprese censite, non a variazioni sostanziali.

TABELLA I.

NUMERO DELLE IMPRESE ELETTRICHE PRIVATE ITALIANE SULLE QUALI SI POSSEGGONO DATI

IMPRESE	al 31-12-1930
Con meno di 1.000.000 di capitale	920
Con capitale:	
≧ 1.000.000 e < di 30.000.000	204
≧ 30.000.000 e < di 50.000.000	18
≧ 50.000.000 e < di 100.000.000	17
≧ 100.000.000 e < di 500.000.000	20
≧ 500.000.000 e < di 1.000.000.000	4
≧ 1.000.000.000	1
TOTALE	1184
Con attività mista	31
TOTALE GENERALE	1215

Fonte: *UNFIEL.*

II. – GLI INVESTIMENTI FINANZIARI.

Capitali azionari.

Ho già detto nella memoria dell'anno precedente come siano finanziate le nostre Imprese elettriche: ripeterò soltanto che occorre andar guardinghi nell'attribuire, come si fa in qualche pubblicazione di carattere economico, un valore di indice al solo importo del capitale azionario. L'industria elettrica deve ricorrere anche ad altre forme di finanziamento, tutte notevolmente onerose, che hanno un peso dello stesso ordine di quello del capitale azionario.

Gli investimenti complessivi dell'industria elettrica sono difficili da stabilire per numerose cause: le vicende della valuta, gli ammortamenti, le svalutazioni e le rivalutazioni ed altre. Ma paragonando il valore di ricostruzione degli impianti, che può assegnarsi oggi in 25 miliardi di lire, coll'importo dei valori nominali delle azioni (circa 11 miliardi di lire) si nota una differenza di 14 miliardi: cifra di compensazione degli errori contabili dovuti alle vicende monetarie (per essersi per parecchi anni sommate cifre eterogenee) dell'importo di finanziamenti diversi, di accantonamenti, di perdite per demolizione di impianti vecchi e per altre cause nonchè di altri numerosi elementi. Il volerne analizzare l'origine porterebbe ad un ginepraio inestricabile.

Occorre anche tener conto del fatto che diverse Società, fra le maggiori, posseggono azioni di altre Società minori, talora in quantità considerevoli. Lo stabilirne l'importo preciso è difficile per ragioni ovvie: come pure impossibile sarebbe stabilire quanta parte dell'importo stesso si debba considerare coperta da capitale azionario delle Società che possiedono le partecipazioni e quanta parte da obbligazioni o da prestiti o da debiti diversi di queste ultime. Inoltre non bisogna dimenticare che il valor nominale dell'azione non ha senso che il giorno della emissione: dopo, essa ha un valore *reale* rappresentato dalla quota delle attività nette della Società che corrisponde ad una azione, ed un valore *commerciale* che è dato dalla sua quotazione sul mercato. Questi tre valori sono solo eccezionalmente uguali fra loro, normalmente molto diversi: e dei tre quello che ha minore importanza ed un senso effimero è proprio il primo.

Quindi la somma dei valori nominali delle azioni delle Società elettriche, oltre ad essere il totale di addendi eterogenei per le variazioni del valore della lira, non tutte le Società

TABELLA III.

DATI FINANZIARI SULLE MAGGIORI SOCIETÀ ELETTRICHE ITALIANE
(al 31 dicembre 1930)

	N.° delle Soc. considerate	Capitali nominali	Prestiti esteri	Obbligazioni emesse in Italia	Riserve statutarie	Riserve straordinarie e ammortamenti	Impianti
Società Anonime quotate nelle Borse del Regno	28	7.407.000.000	1.605.434.034	593.115.432	249.299.149	1.426.759.799	7.473.384.977
Idem, non quotate nelle Borse del Regno con capitale di 30.000.000 o maggiore	30	1.757.000.000	552.264.656	496.532.819	26.305.276	301.202.381	3.541.004.235
Idem, con capitale da 1÷30.000.000	164	1.011.625.000	198.382.199	159.290.749	20.853.660	259.511.906	2.361.083.086
TOTALI	222	10.175.625.000	2.356.080.889	1.248.939.000	296.458.085	1.987.474.086	13.375.472.298

Fonte: *UNFIEL*.

avendo effettuata la revisione, è un numero che ha un valore convenzionale di *registro*, non un senso *economico* assoluto. Esso potrebbe aumentare senza che il patrimonio si accrescesse quando si ammortizzassero debiti con emissioni di nuove azioni, e viceversa potrebbe rimanere stazionario od anche diminuire per intervenute svalutazioni o fusioni mentre si costruiscono nuovi impianti, attingendo i fondi necessari ad altre fonti di finanziamento.

Certo questo numero dà un'idea, molto grossolana ed empirica, dell'*ordine di grandezza* dell'industria: ma bisogna essere molto cauti nel servirsene come base di confronto.

Basta per convincersene esaminare le cifre della Tabella II paragonandole con quelle della Tabella identica dell'anno precedente. Al 31 luglio 1929 censivamo 1187 Imprese con un capitale di 10.942.407.824 lire: le Imprese censite al 31 dicembre 1930 ammontano a 1215 con un aumento di 28, laddove il capitale è disceso a 10.920.675.457. Ciononostante nel 1930 il patrimonio delle centrali idrauliche è notevolmente accresciuto.

TABELLA II.

CAPITALI AZIONARI O DI PRIMO IMPIANTO DELLE IMPRESE ELETTRICHE PRIVATE ITALIANE
(al 31 dicembre 1930)

IMPRESE	N.°	Capitali
Società Anonime quotate nelle Borse del Regno	28	7.407.000.000
Idem, non quotate nelle Borse del Regno con capitale di 30.000.000 o maggiore	30	1.757.000.000
Idem, con capitale da 1÷30.000.000	164	1.011.625.000
Idem, con capitale inferiore ad 1 milione	290	71.016.957
Società Finanziarie	3	365.000.000
Società non anonime con capitale di 1.000.000 o maggiore	39	99.642.000
Società non anonime con capitale inferiore ad 1.000.000	630	121.641.500
Totale	1.184	10.832.925.457
Società con attività mista	31	87.750.000
TOTALE GENERALE	1.215	10.920.675.457

Fonte: *UNFIEL*.

Dati finanziari. La Tabella III fornisce i dati finanziari principali, quali si desumono dai bilanci delle Imprese elettriche. Il quadro non è paragonabile a quello dell'anno precedente per le stesse ragioni dette per la Tabella I: le valutazioni degli impianti hanno significato contabile.

I capitali azionari dei principali aggruppamenti elettrici, ciascuno dei quali comprende un certo numero di Società controllate, sono precisati nella Tabella IV.

TABELLA IV.

CAPITALI AZIONARI DEI PRINCIPALI GRUPPI ELETTRICI AL 30 GIUGNO 1931

GRUPPO	Capitali
Edison	3.083
Sip	1.995
La Centrale	1.187
Meridionale	953
Adriatica	923
Terni	601
Adamello	599
Unes	324
Sarda	221
Isarco	216
Sicilia	212
TOTALE	10.314

Fonte: *UNFIEL*.

III. – Gli impianti produttori.

Concessioni d'acque pubbliche. La Tabella V fornisce i dati sulle domande per grandi derivazioni d'acque pubbliche presentate nel 1930. Siamo scesi da 89 domande (1929) a sole 66, e da 809.650 HP a soli 466.107 HP, cioè a poco più della metà: anche la potenza media è discesa da circa 9000 HP a 7000 HP.

TABELLA V.

DOMANDE PER DERIVAZIONE D'ACQUE PUBBLICHE SUPERIORI AI 300 HP AMMESSE AD ISTRUTTORIA NEL 1930

REGIONE	N. delle domande	HP dinamici complessivi
Italia Settentrionale	53	392.084
Italia Centrale	11	33.497
Italia Meridionale	2	40.526
Italia Insulare	—	—
TOTALE REGNO	66	466.107

Fonte: *Bollettino dei LL. PP.*

Le ragioni sono varie. La sopravvenuta crisi ha distolto dallo studio di nuovissimi impianti; l'erba cattiva delle domande dei cosidetti « mercanti di cavalli » va estirpandosi, il suo commercio diventando sempre più difficile; gli aiuti statali vanno assottigliandosi mentre imperversano aggravi fiscali che colpiscono ogni genere di attività.

Le *concessioni conseguite* nel 1930 sono date dalla Tabella VI.

TABELLA VI.

CONCESSIONI D'ACQUE PUBBLICHE CONSEGUITE NEL 1930

REGIONI	Numero delle concessioni		Cavalli dinamici di concessione	
	>300HP	<300HP	>300HP	<300HP
Italia Settentrionale	59	112	256.272	4.855
» Centrale	10	39	41.750	1.529
» Meridionale	2	5	9.827	246
» Insulare	—	2	—	10
TOTALE REGNO	71	158	307.849	6.640

Fonte: *Ministero dei LL. PP.*

Nel 1929 furono concessi 495.087 HP di grandi derivazioni e 8494 HP di piccole.

Lo stato delle concessioni al 31 dicembre 1930 era il seguente:

TABELLA VII.

CONCESSIONI IDRAULICHE IN HP COMPRESE LE AUTORIZZAZIONI PROVVISORIE AL 31 DICEMBRE 1930 E CONCESSIONI ATTIVE IN CENTRALI ELETTRICHE AL 31 GENNAIO 1931.

	Al 31 dicembre 1930	Attive in Centrali elettriche a fine gennaio 1931
Italia Settentrionale	4.502.652	2.231.197
Italia Centrale	1.126.962	468.753
Italia Meridionale	334.492	311.533
Italia Insulare	84.364	49.697
TOTALE ITALIA	6.048.470	3.061.180

Fonte: *UNFIEL.*

Potrà far meraviglia che mentre al 31 dicembre 1930 erano stati concessi od autorizzati impianti per più di sei milioni di cavalli, solo poco più di tre milioni erano attivi nelle centrali elettriche censite dalla UNFIEL: gli altri tre milioni comprendono oltre agli impianti destinati ad uso diverso dalla produzione d'energia, principalmente concessioni ad esecuzione graduata su parecchi anni e non ancora eseguite: è pure molto considerevole il numero di concessioni già dichiarate o che stanno per essere dichiarate decadute per non essere state eseguite in tempo utile.

Si tratta quasi interamente di concessioni date a speculatori estranei all'industria (e talvolta a ricattatori di questa) su progetti ineseguibili od antieconomici che finora con troppa condiscendenza si erano lasciate in vita, o che venivano rinnovate allo spirare dei termini con espedienti di procedura. L'aver spazzato il campo da queste dannose speculazioni torna a lode dell'Amministrazione dei LL. PP., in quanto esse costituivano sovente un impedimento alla realizzazione di progetti seri.

Impianti censiti. Come ho detto nel primo capitolo di questa memoria, nel 1930 la UNFIEL ha nuovamente allargato il suo campo di indagine. Nel 1931 nonostante che molte Imprese siano cessate per assorbimento il numero delle Ditte od Aziende censite è salito dalle 322 del 1930 a 391. Per tal modo la percentuale presuntiva del censito rispetto al totale è salita da 90 a 93.

La Tabella VIII fornisce in dettaglio i dati sulle Imprese che mandano mensilmente alla UNFIEL i loro elementi statistici.

TABELLA VIII.

IMPRESE CENSITE DALLA UNFIEL NEL GENNAIO 1931

REGIONI	IMPRESE					
	Per distribuzione			Ad uso proprio del produttore	Ad uso promiscuo	Totale
	Imprese	Aziende Municipali	Consorzi			
Italia Settent.	118	29	6	90	24	267
Italia Centrale	33	8	1	8	5	55
Italia Meridionale	41	1	—	6	—	48
Italia Insulare	16	2	—	2	1	21
TOTALE	208	40	7	106	30	391

Fonte: *UNFIEL.*

Impianti idroelettrici esistenti. La Tabella IX fornisce i dati sulla potenza efficiente degli impianti idroelettrici censiti dalla UNFIEL:

TABELLA IX.

POTENZA EFFICIENTE IN kW NEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI CENSITI DALLA UNFIEL

REGIONI	N. Centrali		Potenza efficiente in kW	
	1929	1930	1929	1930
Italia Settentrionale	558	566	2.347.566	2.618.635
Italia Centrale	154	156	466.844	529.902
Italia Meridionale	68	68	241.721	283.491
Italia Insulare	14	14	73.435	75.515
TOTALE	794	804	3.129.566	3.507.543

Fonte: *UNFIEL.*

TABELLA X.

PROBABILE AMMONTARE DELLA POTENZA EFFICIENTE IN kW NEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI ITALIANI

REGIONI	1926	1927	1928	1929	1930
Italia Settentrionale	1.700.000	1.877.000	2.084.000	2.620.000	2.900.000
Italia Centrale	380.000	420.000	450.000	522.000	590.000
Italia Meridionale	186.000	230.000	238.000	278.000	310.000
Italia Insulare	64.000	73.000	73.000	80.000	80.000
TOTALE	2.330.000	2.600.000	2.845.000	3.500.000	3.880.000

Fonte: *UNFIEL.*

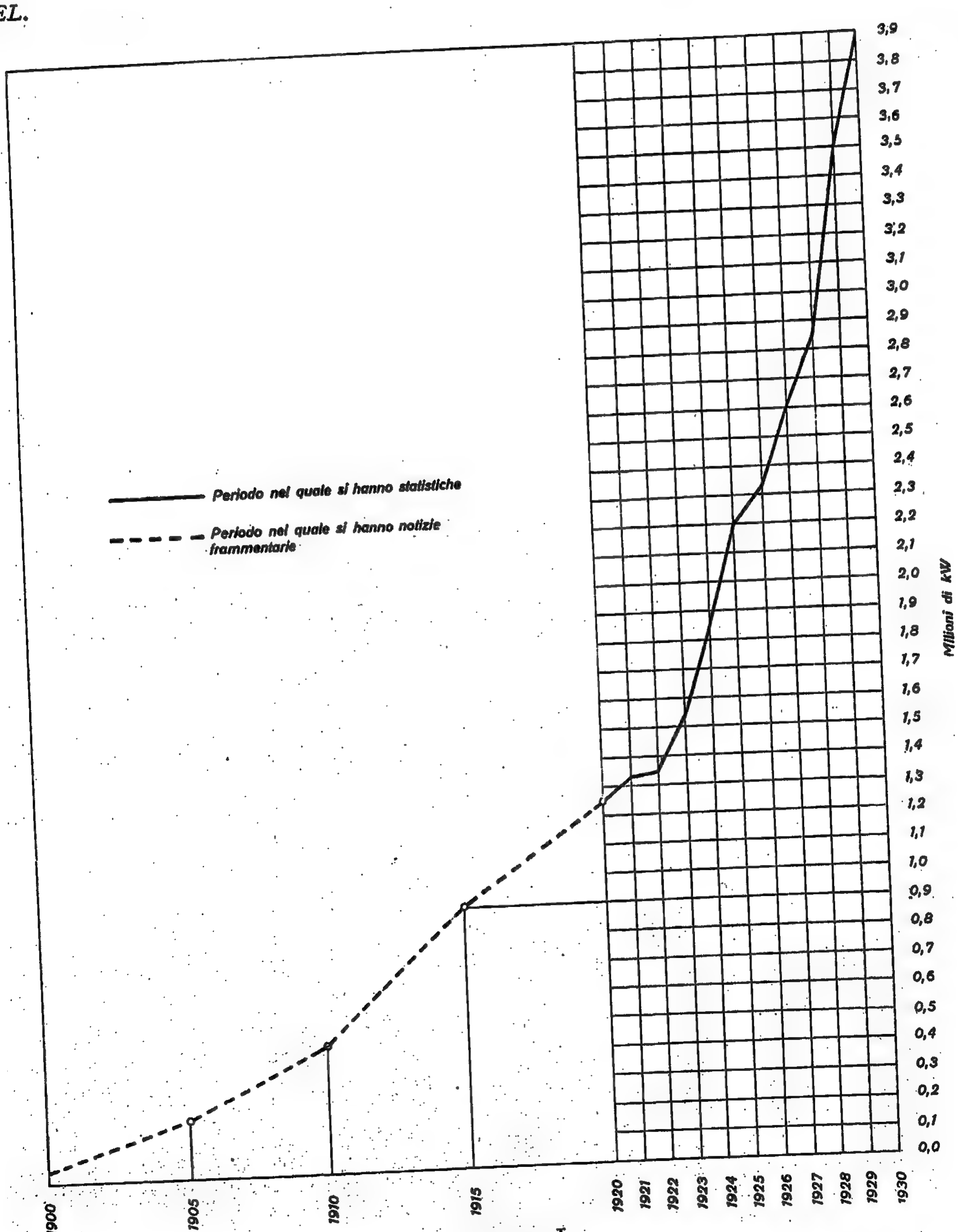


Diagramma I.
Incremento degli impianti idroelettrici dal 1900 al 1930.

Col notevole incremento intervenuto nella potenza degli impianti idroelettrici, ed essendo la produzione del 1930 di pochissimo superiore a quella del 1929, ne risulta che quasi tutta la disponibilità acquisita è rimasta inattiva, con consegue[nte] gravio dell'esercizio delle Imprese elettriche che [d]ugualmente far fronte agli oneri del nuovo capitale in

Questo fatto non è sempre tenuto nella dovuta considerazione. Tanto è vero che è ancora diffusa la convinzione che l'industria elettrica sia la sola che nell'imperversare di tanti guai nuoti ancora nell'abbondanza: laddove al contrario essa è la spugna che raccoglie le disgrazie di tutte le altre industrie sue clienti, ed ha per giunta sulle spalle l'inattività dei nuovi impianti che essa aveva costruito fedele al dovere di esser sempre pronta a rispondere alle nuove richieste del futuro.

Le statistiche della UNFIEL essendo limitate, non è certa la cifra della potenza efficiente totale. Essa, presuntivamente, può stabilirsi nelle cifre della Tabella X a pag. 548.

Il diagramma N. 1 rappresenta l'incremento degli impianti idroelettrici dal 1900 al 1930.

Al 31 dicembre 1930 la situazione degli impianti in costruzione era quella indicata nella Tabella XI e precisamente 18 centrali per una potenza complessiva di 405 770 kW capaci di produrre annualmente 1214 milioni di kWh.

TABELLA XI.

IMPIANTI IDROELETTRICI E SERBATOI IN COSTRUZIONE AL 31 DICEMBRE 1930

	Impianti che verranno ultimati entro il 1931				Impianti che verranno ultimati entro il 1932 ed oltre			
	Italia Settentr.	Italia Centrale	Italia Merid. e insulare	Totale	Italia Settentr.	Italia Centrale	Italia Merid. e insulare	Totale
N. degli impianti	10	1	2	13	4	—	1	5
Potenza efficiente in kW	214.970	36.800	52.000	303.770	92.000	—	10.000	102.000
Produzione annua prevista in milioni di kWh	531	200	220	951	203	—	60	263
N. dei serbatoi	6	—	2	8	3	—	1	4
Capacità utile in milioni di mc.	141	—	61	202	53	—	5	58

Fonte: *UNFIEL*.

Serbatoi.

La costruzione di vari serbatoi è stata ultimata nel 1930 e attualmente ne sono in costruzione 12 con una capacità utile complessiva di 260 milioni di mc. Nella Tabella XII sono riportati i dati caratteristici dei serbatoi artificiali e laghi serbatoi a scopo industriale esistenti al 31 dicembre 1930, aventi una capacità superiore ai 20.000 mc per km².

La UNFIEL ha raccolto dati sulle principali dighe costruite in Italia dal 1883 ad oggi. Tali elementi sono forniti dalla Tabella XIII a pag. 552. Alcune di esse sono imponenti. Fra quelle che ancora sono in costruzione vanno segnalate quella dello Spluga e quella di Suviana, quest'ultima appartenente alle F. S.

L'incremento dei serbatoi nei tre anni 1928-29-30 è dato dalla Tabella XIV a pag. 554.

Gli impianti termici.

Poche variazioni si sono avute nel 1930 negli impianti termici, l'aumento dei quali rispetto al 1929 fu di soli 18.000 kW. Gli impianti termoelettrici censiti dalla UNFIEL figurano nella Tabella XV a pag. 554.

Le Centrali censite dalla UNFIEL si possono classificare nel modo seguente:

a) N. 6 grandi centrali moderne (Genova, Livorno, Napoli, Piacenza, Turbigo, Venezia) che, a completamento avvenuto, potranno sopportare circa 700.000 kW di carico. Tutte sono destinate a lavorare su reti di distribuzione per vendita d'energia.

b) N. 58 centrali di potenza superiore ai 500 kW, delle quali N. 33 in Alta Italia con una potenza totale di kW 23 .565; N. 9 nell'Italia Centrale con una potenza complessiva di kW 113.528; N. 6 nell'Italia Meridionale, con una potenza di 14.000 kW; e N. 9 nelle Isole con una potenza di 47.535 kW. Tutte destinate a produrre energia per la vendita. Di queste quattro posseggono macchinario per almeno 30.000 kW ed undici hanno potenze fra 10 mila e 20 mila kW. Dieci di esse funzionano impiegando combustibile nazionale, fra le quali due impiegano torba e lignite.

c) N. 10 centrali ad uso misto, di potenza superiore a 500 kW, cioè per vendita d'energia e per uso proprio di stabilimento con una potenza di 21.650 kW. Fra queste sono comprese le tre centrali della Boracifera Italiana che ricavano l'energia dal vapore naturale dei soffioni. Le potenze variano da un massimo di 9.900 kW (Larderello) ad un minimo di 600 (Linificio Canapificio Nazionale).

d) N. 44 centrali per uso proprio esclusivo, di potenza superiore a 500 kW, con un totale di 92.600 kW.

A queste centrali principali vanno aggiunte molte altre di minore importanza, poste per lo più nei piccoli centri, alcune di tipo antiquato, altre con motori Diesel. Sono in gran parte avanzi di impianti originariamente autonomi che si sono più tardi allacciati alle grandi reti, e fungono da riserva locale.

Il probabile ammontare della potenza dei nostri impianti termici è dato dalla Tabella XVI a pag. 554.

La consistenza delle grandi centrali moderne è rimasta invariata nel 1930 (Tabella XVII a pag. 554).

Nel diagramma II sono riportati i valori delle potenze installate negli impianti termoelettrici dal 1920 al 1930.

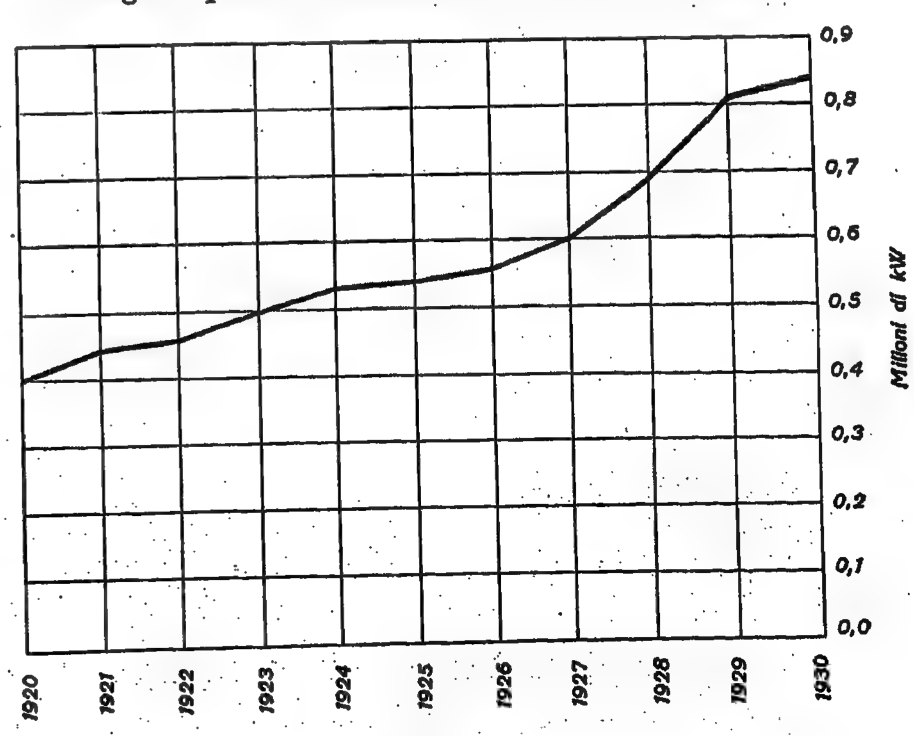


Diagramma II.

Incremento degli impianti termoelettrici dal 1920 al 1930.

Tabella XII.

ELENCO DEI SERBATOI ITALIANI A SCOPO INDUSTRIALE ESISTENTI AL 31 DICEMBRE 1930 (1)

N.° d'ordine	SERBATOI E BACINI IMBRIFERI	(I) Volume utile di invaso (mil. di m³)	(II) Bacino imbrifero contribuente km²	(I) : (II) Strato d'acqua equivalente alla capacità del serbatoio m	(III) Salto utile complessivo (attuale) m (2)	$\frac{I \times III}{500}$ Energia corrispond. al volume d'invaso (mil di kWh) (3)	Epoca approssimativa di ultimazione dei lavori
	A) Catena Alpina:						
1-3	Serbatoi e laghi del T. Inferno (A. Bionia)	1,73	8,6	0,198	1145,7	3,955	1915
4-7	Serbatoi del T. Casterino (A. Bionia)	6,6	7,0	0,942	1085,4	14,320	1915-22
8	Le Mesce (Bionia–Roj)	1,5	54,4	0,0276	961,3	2,890	1917
9	Rochemolles (Dora Riparia)	3,3	26,0	0,127	650,0	4,300	1930
10	Moncenisio (Venaus-Dora Riparia)	31,9	56,0	0,569	1271,5	81,200	1923
11	Ceresole Reale (Orco)	32,0	84,9	0,377	809,5	51,750	1930/31
12	Vargno (Lys)	1,14	3,9	0,282	541,1	1,235	1920
13	Gabiet (Lys)	4,43	11,5	0,383	1257,6	11,120	1922
14	Cignana (Marmore-Dora Baltea)	16,0	12,4	1,290	1423,5	45,600	1928
15	Avino (Cairasca-Toce)	6,9	5,5	1,251	458,2	6,320	1925
16	Codelago (Devero-Toce)...............	16,5	25,0	0,660	1297,2	42,800	1921
17	Vannino (Toce)	8,43	11,0	0,764	1624,1	27,400	1924
18	Busin (Toce)	3,35	5,0	0,660	1624,1	10,900	1925
19	Obersee (Toce)	1,12	2,1	0,524	1624,1	3,640	1925
20	Camposecco (Toce)	5,72	3,8	1,505	2049,1	23,450	1930
21	Cingino (Toce).......................	4,5	4,8	0,937	1964,1	17,650	1930
22	Alpe Cavalli (Ovesca)	8,66	29,0	0,299	1231,9	21,350	1925
23	Alpe Camplicciolí (Ovesca)...........	8,95	34,0	0,262	1080,7	19,350	1928
24	Antrona (Ovesca)	5,62	7,5	0,747	814,7	9,150	1925
25	Kastel (Toce)	9,65	7,5	1,285	1406,8	27,150	1928
26	Lago di Ghirla (Ticino)	0,8	38,0	0,0211	180,5	0,288	1898
27	Lago d'Elio (Ticino)	2,6	5,6	0,465	699,0	3,640	1911
28	Cancano Fraele (Adda)	22,0	34,5	0,637	821,6	36,200	1929/30
29	Venina (Adda)	9,5	8,3	1,145	721,8	13,700	1925
30	Truzzo (Liro)........................	15,6	10,0	1,560	1810,5	56,488	1928
31	Tartano (Adda).......................	1,68	55,0	0,0309	498,6	1,675	1929/30
32	Pirola (Mallero-Adda)	1,9	1,2	1,580	563,4	2,140	1919
33	Sardegnana (Brembo)	2,1	28,0	0,075	600,0	2,520	1929
34	Lago Colombo (Brembo)	2,21	2,5	0,881	600,0	2,655	1929/30
35-36	L. Marcio e Pian del Becco (Brembo) ...	1,0	0,6	1,668	600,0	1,200	1925
37	Lago Nero }						1928
38	Avia co } (Serio)	4,16	4,2	1,000	1338,3	11,150	1922
39	Campelli }						1920
40	Sucotto } (Serio)	0,52	2,0	0,250	1196,4	1,245	1923
41	Sernello }						1927
42	Lago Baitone (Oglio).................	13,35	8,0	1,670	1551,9	41,500	1930
43	Lago d'Arno (Oglio)	31,7	53,0	0,598	1394,1	88,400	1921
44	Salarno (Oglio)	11,0	20,5	0,537	1551,9	34,200	1927
45	Avio grande (Oglio)..................	16,0	25,0	0,628	1214,7	38,900	1927
46	Lago della Vacca (Caffaro)	2,0	1,3	1,540	762,5	3,050	1928/29
47	» delle Piazze (Adige)	6,1	31,6	0,190	604,4	7,350	1927
48	» di S. Croce (Piave)	120,0	(4)1300,0	0,0925	323,7	77,688	1925
49	» Morto (Piave)	3,0	25,0	0,120	280,2	1,681	1924
50	» Cavedine (Sarca)	3,0	—	—	108,6	0,652	1909
51-52	» Toblino e Massenza (Sarca)	2,1	—	—	108,6	0,456	—
53	» di Ledro (Ponale)	45,0	105,0	0,429	584,5	52,605	1929
	Valori totali e medî equivalenti (*)	495,32	2159,2		913,6 *	904,913	

(1) Nel presente elenco sono riportati solo i serbatoi con una capacità superiore ai 20.000 mc per km².

(2) I salti utili complessivi qui riportati corrispondono, per ciascun serbatoio, alla somma dei salti medi di concessione (o di collaudo) disponibili nelle Centrali che utilizzano le acque del serbatoio considerato o direttamente, o mediante bacini di compensazione diurna o settimanale. Il massimo salto utile teorico, uguale alla somma dei salti disponibili in tutte le Centrali sottostanti

Segue TABELLA XII.

N.° d'ordine	SERBATOI E BACINI IMBRIFERI	(I) Volume utile di invaso (mil. di m³)	(II) Bacino imbrifero contribuente km²	(I):(II) Strato d'acqua equivalente alla capacità del serbatoio m	(III) Salto utile complessivo (attuale) m (2)	$\frac{I \times III}{500}$ Energia corrispond. al volume d'invaso (mil di kWh) (3)	Epoca approssimativa di ultimazione dei lavori
	B) APPENNINO SETTENTRIONALE						
1	Spigno Monferrato (Bormida)	2,24	67,5	0,0326	57,0	0,255	1925
2	Zerbino (Orba)	17,3	141,0	0,123	108,3	3,756	1925
3	Lavezze						1883
4	Lago Lungo (Gorzente)	12,95	17,5	0,738	372,0	9,650	1901
5	Badana						1914
6-7	Giacopiane e Pian Sapeio (Penna-Sturla)	4,87	25,1	0,194	792,5	7,720	1924-25
8	Molato (Tidone)	12,0	83,0	0,145	136,0	3,260	1928-29
9	Lago Ballano	1,4					1910
10	Lago Verde (Cedra-Enza)	1,85	3,0	1,365	751,0	6,230	1910
11	Lago Verdarolo	0,9					1910
12	Paduli di Lagastrello	3,6	7,4	0,487	588,0	4,233	1911
13	Muschioso o Fontanaluccia (Dolo-Secchia)	2,7	80,0	0,0338	329,5	1,780	1928-29
14	Le Scalère (Brasimone)	5,91	30,0	0,197	483,3	5,720	1911
15	Corfino (Serchio)	0,78	25,0	0,0312	310,1	0,485	1914
16	Gangheri (Turrite, Serchio)	0,82	25,0	0,0328	91,3	0,150	1922
	VALORI TOTALI E MEDÎ EQUIVALENTI (*)	67,32	504,5		321,1 *	43,239	
	C) APPENNINO CENTRALE E MERIDIONALE						
1	Quarto (Savio)	6,7	215,0	0,0312	90,3	1,212	1923
2	Scandarella (Tronto)	11,4	48,5	0,235	377,1	8,600	1924
3	S. Domenico (Sagittario-Pescara)	1,2	12,0	0,100	339,5	0,815	1927
4	Letino (Volturno)	1,0	25,0	0,040	576,0	1,152	1910
5	Lago Matese (Volturno)	15,0	41,0	0,366	832,0	24,960	1924
6	Muro Lucano (Sele)	5,0	35,0	0,143	163,5	1,635	1917
7	Ampollino-Trepidò (Neto)	61,5	78,5	0,784	404,8	49,800	1927
	VALORI TOTALI E MEDÎ EQUIVALENTI (*)	101,80	455,0		433,1 *	88,174	
	D) ISOLE						
1	Piana dei Greci (Belice)	21,0	42,5	0,495	475,0	19,950	1924
2	S. Chiara d'Ula (Tirso)	374,0	2082,0	0,180	56,4	42,190	1923
3	Coghinas (Coghinas)	242,0	1900,0	0,127	90,3	43,700	1927
	VALORI TOTALI E MEDÎ EQUIVALENTI (*)	637,00	4.024,5		83,1 *	105,840	
	TOTALI E MEDIE (*) COMPLESSIVI	1301,44	7.143,2		438,8 *	1142,165	

al serbatoio considerato, sarà evidentemente maggiore del salto sopra definito e rappresenterà in ogni caso un limite superiore praticamente non raggiungibile in causa del ritardo che intercede fra l'erogazione dal serbatoio e l'arrivo della portata erogata ai sottostanti impianti.

(3) Il valore qui riportato per ogni serbatoio corrisponde all'energia potenziale dell'invaso utile determinata in base al salto utile totale indicato nella colonna precedente ed ad un coefficiente medio di rendimento (complessivo) degli impianti, pari al 73,5 % circa.

Per ottenere l'*energia* effettivamente ritraibile (in un anno) da ogni serbatoio, bisognerebbe conoscere anche il numero di volte che il serbatoio stesso viene vuotato (nell'anno) e il rendimento reale degli impianti di utilizzazione ad esso relativi.

(4) Valore approssimativo probabile.

Fonti: *UNFIEL e Servizio Idrografico.*

TABELLA XIII.

DATI RELATIVI ALLE DIGHE DI RITENUTA PER SERBATOI ARTIFICIALI E LAGHI-SERBATOI (1), COSTRUITE IN ITALIA DAL 1883 AD OGGI

Anno di ultimazione	NOME DELLA DIGA O DEL SERBATOIO (E BACINO IDROGRAFICO)	Quota del coronamento (m. s. m.)	TIPO DELLA DIGA DI RITENUTA	Altezza sull'alveo a valle (m)	Capacità utile del serbatoio (mil. m³)	(2) Volume della Diga (m³)	Invaso specifico per (m³) di muratura (m³ d'acqua)
1883/	Lavezze (Gorzente)	643,50	a gravità in muratura di pietrame (andamento arcuato)	44,50	3,550	(60.000)	(59,2)
1928			» » » » » » »	39,75	4,700	(80.500)	(58,5)
1901	Lago Lungo (idem)	684,75	» » » » » » »	25,00	1,850	(1.000)	(1850,0)
1910	Lago Verde (Cedra-Enza)	1514,00	» » » » » » »	18,00	1,400	(1.000)	(1400,0)
»	Lago Ballano (idem)	1374,80	» in calcestruzzo (andamento arcuato)	24,00	1,000	7.150	140,0
»	Letino (Volturno)	909,00	» in muratura di pietrame (andamento arcuato)	17,50	2,600	1.700	1530,0
1911	Lago Delio (Giona-Ticino)	928,50	in terra con nucleo centrale di argilla e muro di sostegno della scarpata a monte (andamento rettilineo)	27,90	3,600	100.000	(36,0)
»	Paduli di Lagastrello (Enza)	1162,00	a gravità in muratura di pietrame (andamento arcuato)	35,50	5,910	40.000	148,0
»	Le Scalère (Brasimone)	830,50	» » » » » » »	53,70	4,700	(100.000)	(47,0)
1914	Lago Badana (Gorzente)	717,25	ad arco in calcestruzzo	38,00	0,780	7.500	104,0
»	Corfino (Serchio)	515,30	in muratura a secco (andamento poligonale)	15,20	1,105	16.000	69,1
1915	Lago lungo superiore (Bionia-Roja)	2112,20	a gravità in muratura di pietrame (andamento rettilineo)	7,15	2,110	650	3250,0
»	Lago del Basto (Casterino-Bionia)	2340,15	» » » » » (» arcuato)	9,50	0,450	1.600	281,0
»	Lago della Muta (Bionia-Roja)	2258,50	» » » » » (» rettilineo)	8,65	0,172	1.160	148,0
»	Lago Forcato (Bionia-Roja)	2167,70	» » » » » (» arcuato)	11,00	0,870	1.270	685,0
1916	Lago Nero (Casterino-Bionia)	2277,06	» » » » » (» »)	62,50	1,500	90.000	16,7
1917	Le Mesce (Roja)	1373,50	» » » » » (»	46,90	5,000	14.650	341,0
»	Muro Lucano (Marmo-Sele)	571,00	ad arco, in calcestruzzo	11,50	1,900	2.900	655,0
1919	Lago Piròla (Mallero-Adda)	2293,00	a gravità in muratura di pietrame (andamento rettilineo)	24,00	1,140	(45.000)	(25,4)
1920	Vargno (Lys)	1686,00	in muratura di pietrame a secco (andamento planimetrico arcuato)	15,30	0,470	(1.150)	(409,0)
»	Lago Campelli (Serio)	2045,15	ad arco, in calcestruzzo { in muratura di pietrame a secco (and. rettilineo) { in terra (» »)	25,00 } 12,20 }	16,500	53.300	310,0
1921	Codelago (Devero-Toce)	1869,00	a gravità in muratura di pietrame (andamento arcuato)	36,75	31,700	23.500	1350,0
»	Lago d'Arno (Oglio)	1820,75	» » » » » » »	12,28	1,605	900	1.780,0
1922	Lago Verde (Casterino-Bionia)	2221,28	» » » » » » »	10,00	2,000	(1.400)	(1.430,0)
»	Lago Agnel (idem)	2436,00	» » » » » » »	36,20	4,430	78.000	57,0
»	Gabiet (Lys)	2378,00	» » » » » » »	14,50	0,470	(18.000)	(26,0)
»	Aviasco (Serio)	2064,00	in muratura di pietrame a secco (andamento poligonale)	37,20	0,820	14.000	58,5
»	Gangheri (Turrite)	298,00	ad arco, in calcestruzzo	26,25		{ 16.000	960,0
1923	Moncenisio (Dora Riparia)	1924,25	{ a gravità in calcestruzzo (andamento arcuato) { » » » (» rettilineo) { in terra (» »)	19,00 6,25 }	} 31,900	{ 17.000 (15.000)	757,0 (248.0)
»	Lago Sucotto (Serio)	1866,30	{ parte ad arco in calcestruzzo { » a gravità in muratura di pietrame { » in muratura di pietrame a secco	13,70 } 11,40 } 18,00 }	0,330	{ (2.400) { (1.250) { (8.000)	} (28,3)
»	Quarto (Savio)	311,40	traversa in calcestruzzo con sovrapposte paratoie piane (andamento rettilineo)	13,40	6,700	5.000*	1.340,0
»	S. Chiara d'Ula (Tirso)	111,50	ad archi multipli in cemento armato e piloni di muratura di pietrame (andamento rettilineo)	62,90	374,000	170.000	2.200,0
			» » di pietrame a secco (andamento rettilineo)	25,50	8,430	90.000	93,7
			[illegible] di pietrame a secco [illegible]	18,00	0,190	—	—

PROSPETTO RIASSUNTIVO

TIPO DI DIGA	ALPI (S) Capacità totale serbatoi con inv. art. (10⁶ m³)	ALPI (D) Volume complessivo dighe (10⁶ m³)	ALPI (S):(D) Invaso specifico medio per m³ di muratura (m³ d'acqua)	APPENNINO SETTENTRIONALE (S) (10⁶ m³)	APPENNINO SETTENTRIONALE (D) (10⁶ m³)	APPENNINO SETTENTRIONALE (S):(D) m³ acqua/m³ diga	APPENN[INO …] (S) (10⁶ m³)
a) Dighe in muratura di pietrame e malta cementizia	132,487	0,817	162,2	44,090	0,412	107,0	61,500
b) Dighe in calcestruzzo e a struttura mista	109,480	0,876	125 0	3,840	0,057	67,5	25,300
c) Dighe in cemento armato (ad archi multipli)	9,500	0,090	105,5	*2,700	*0 065	41,5 (3)	—
d) Dighe in muratura a secco	60,595	0,459	132,2	—	—	—	—
e) Dighe in terra	**3,720	0,015	248,0	3,600	0,100	36,0	—

»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
»	Lago Obersee (idem)	2329,00	in muratura di pietrame a secco (andamento rettilineo)	11,50	1,120	5.000	224,0
»	Alpe Cavalli (Ovesca)	1503,20	» » » » » (and. leggerm. arcuato)	34,90	8,660	133.700	64,9
»	Venina (Adda)	1824,00	ad archi multipli con generatrici verticali (andamento rettilineo)	44,00	9,500	90.000	105,5
»	Spigno Monferrato (Bormida)	280,00	ad arco, in calcestruzzo	40,00	2,240	35.000	64,0
»	Zerbino (Orba)	324,75	a gravità in muratura ciclopica e a vani interni riempiti di muratura a secco arcuata	46,75	17,300	82.000	211,0
»	Giacopiane (Penna-Sturla)	1014,50	a gravità in muratura di pietrame con nucleo centrale in calcestruzzo – Un tratto in terra............	44,50	4,680	(47.000)	(99,6)
1927	Lago delle Piazze (Adige)	1027,00	in muratura di pietrame a secco (andamento rettilineo)	15,00	6,100	20.000	305,0
»	Lago Sernello (Serio)	1957,00	» » » » » (» »)	14,00	0,190	(9.000)	(21,1)
»	L. Salarno (Oglio)............	2071,00	a gravità in muratura di pietrame (andamento secondo 2 archi di cerchio)	37,00	11,000	71.800	153,0
»	L. d'Avio grande (idem)	1909,55	a gravità in muratura di pietrame (andamento arcuato)	37,55	16,000	70.300	227,6
»	S. Domenico (Sagittario)..........	804,00	ad arco nella parte mediana, a gravità nelle parti laterali in calcestruzzo	40,00	1,200	(7.500)	(160,0)
»	Ampollino-Trepidò (Neto)	1274,00	a gravità in muratura di pietrame (andamento arcuato)	29,50	61,500	50.000	1.230,0
»	Coghinas (Coghinas)	170,00	a gravità a strati alternati di muratura di pietrame e calcestruzzo con blocchi di pietrame annegati......	58,00	242,000	112.000	(2.160,0)
1928/29	Cignana (Marmore Dora-Baltea) ...	2173,00	a gravità, in calcestruzzo e blocchi di pietrame annegati (andamento planimetrico arcuato)	54,00	16,000	153.000	104,5
»	Truzzo (Liro)	2080,00	a gravità in muratura di pietrame (andamento arcuato)	20,50	15,600	25.000	624,0
»	Camplicciolì inf. (Ovesca)	1364,00	» » » » » (» »)	72,00	8,950	237.120	37,7
»	Lago Kastel (Toce)	2226,00	in muratura di pietrame a secco (andamento rettilineo)	12,00	9,650	28.544	338,0
»	Lago Nero (Serio)............	2025,00	a gravità in calcestruzzo e blocchi di pietrame annegati (andamento rettilineo)	36,12	3,220	(31.500)	(102,0)
»	Lago della Vacca (Caffaro)........	2360,80	a gravità in muratura di pietrame (andamento arcuato)	15,80	2,000	6.000	333,4
»	Molato (Tidone)	362,85	ad archi multipli, in cemento armato (andamento rettilineo)	48,35	12,000	—	—
»	Muschioso (Dolo-Secchia)	777,00	ad archi multipli con spalle a gravità (andamento rettilineo)	42,25	2,700	65.000	41,5
1929	Lago Sardegnana (Brembo)	1738,00	a gravità in muratura di pietrame e in calcestruzzo (andamento arcuato)	36,00	2,100	(38.000)	(55,3)
1929/30	Lago Colombo (idem)	2055,50	a gravità in calcestruzzo (andamento arcuato)......	30,00	2,210	(15.000)	(147,5)
»	Cancano Fraele (Adda)	1859,50	» » » (» »)	53,50	22,000	260.000	84,7
»	Tartano (Adda)	957,00	a gravità in muratura di pietrame (andamento arcuato)	57,00	1,680	27.700	60,6
1930	Camposecco (R. Banella-Toce).....	2335,00	a gravità in muratura di pietrame (andamento planimetrico arcuato)............	28,00	5,720	55.398	103,2
»	Cingino (idem)	2262,10	a gravità in muratura di pietrame (andamento planimetrico arcuato)............	44,50	4,500	50.778	88,6
»	Lago Baitone (Oglio)	—	a gravità in muratura di pietrame (andamento arcuato)	30,00	13,350	49.760	268,3
»	Rochemolles (Dora R.)	1973,80	a gravità in calcestruzzo e massi di pietrame annegate (andamento arcuato)	58,78	3.300	150.000	22,0
»	Ceresole Reale (Orco)	1574,0	a gravità in calcestruzzo	48,00	32,000	194.600	164,5

(1) In questo elenco sono citati soltanto i serbatoi *con invaso artificiale* aventi una capacità superiore a 20.000 m² per km² di bacino imbrifero.
(2) I valori tra parentesi sono soltanto approssimativi.

Fonti: *UNFIEL e Servizio Idrografico.*

…RID.	ISOLE			VALORI COMPLESSIVI			ANNOTAZIONI
(S):(D)	(S)	(D)	(S):(D)	(S)	(D)	(S):(D)	
m³ acqua/ m³ diga	(10⁶ m³)	(10⁶ m³)	m³ acqua/ m³ diga	(10⁶ m³)	(10⁶ m³)	m³ acqua/ m³ diga	
1230,0	—	—	—	238,077	1,279	186,3	
204,0	242,000	0,112	2160,0	380,620	1,169	326,0	
—	374,000	0,170	2200,0	*386,200	*0,325	*1188,0	* Non sono considerate le Dighe di Molato e di Pian Sapejo delle quali non sono noti i volumi.
—	21,000	0,200	105,0	81,595	0,659	123,9	
—	—	—	—	7,320	0,115	63,7	** Parte di inv. spett. alla diga in terra del Moncenisio

TABELLA XIV.

INCREMENTO DEI SERBATOI

GRUPPI OROGRAFICI	Situazione dei serbatoi esistenti al 31 dicembre								
	1928			1929			1930		
	N.° serbatoi	Capacità complessiva (mil. m³)	Energia equivalente complessiva mil. kWh	N.° serbatoi	Capacità complessiva (mil. m³)	Energia equivalente complessiva mil. kWh	N.° serbatoi	Capacità complessiva (mil. m³)	Energia equivalente complessiva mil. kWh
Catena alpina	41	363,5	688,258	46	436,5	783,913	53	495,3	904,913
Appennino settentrionale	16	67,3	43,239	16	67,3	43,239	16	67,3	43,239
Appennino centrale e meridionale	7	101,8	88,174	7	101,8	88,174	7	101,8	88,174
Isole	3	637,0	105,840	3	637,0	105,840	3	637,0	105,840
TOTALI	67	1.169,6	925,511	72	1.242,6	1021,166	79	1.301,4	1142,166

Fonte: *UNFIEL.*

TABELLA XV.

POTENZA EFFICIENTE IN kW NEGLI IMPIANTI TERMOELETTRICI CENSITI DALLA UNFIEL

REGIONI	N. Centrali		Potenza efficiente in kW	
	1929	1930	1929	1930
Italia Settentrionale	119	122	440.546	454.112
Italia Centrale	23	23	193.195	192.825
Italia Meridionale	31	31	72.901	78.103
Italia Insulare	28	28	43.472	42.939
TOTALE	201	204	750.114	767.979

Fonte: *UNFIEL.*

TABELLA XVI.

PROBABILE AMMONTARE DELLA POTENZA EFFICIENTE IN kW NEGLI IMPIANTI TERMO ELETTRICI ITALIANI

REGIONI	1926	1927	1928	1929	1930
Italia Settentrionale	297.000	309.000	360.000	470.000	486.000
Italia Centrale	155.000	167.000	199.000	202.000	202.000
Italia Meridionale	65.000	80.000	89.000	96.000	100.000
Italia Insulare	40.000	44.000	44.000	52.000	52.000
TOTALE	557.000	600.000	692.000	820.000	840.000

Fonte: *UNFIEL.*

TABELLA XVII.

DATI CARATTERISTICI DELLE GRANDI CENTRALI TERMICHE MODERNE ITALIANE

LOCALITÀ	Potenza prevista a centrale completa kW	Potenza in atto Dicembre 1930 kW	Pressione del vapore in caldaia kg/cm²	Temperat. del vapore ai turbo C°	Combustibile impiegato	Sistema di alimentazione del combustibile
Genova	176.000	53.000	32	420	Carbone	Griglie Taylor
Livorno	100.000	42.000	32	375	Carbone polveriz.	Bruciatori Lopulco
Napoli	98.000	48.600	16	380	Nafta	Polverizzatori mecc. Mejani
Piacenza	48.000	24.000	35 e 14	300	Nafta	Polverizzazione meccanica previo riscaldamento
Turbigo	120.000	30.000	30	375	Carbone	Griglie automatiche Ryley
Venezia	139.000	37.000	28	375	Carbone	Griglie meccaniche
TOTALE GENER.	681.000	234.600	—	—	—	—

Fonte: *UNFIEL.*

Gli impianti a combustibile nazionale.

Il 1930 ha segnato l'arresto completo del funzionamento degli impianti a lignite ed a torba: uno di questi, ultimato in principio del 1930 non fu ancora messo in esercizio.

Le ragioni del fallimento di questo genere d'impianti tanto strombazzato e così infelicemente sussidiato dallo Stato furono più volte esposte: nè poteva avvenire diversamente.

La Tabella XVIII fornisce alcuni dati sugli impianti che impiegano combustibile nazionale. Fra questi va segnalato il gruppo di Larderello che utilizza calore naturale, del quale è preannunciato un importante ampliamento. È questo gruppo di impianti unico al mondo nel suo genere e fa onore all'Italia e particolarmente al Marchese Ginori.

TABELLA XVIII.

CENTRALI CHE IMPIEGANO COMBUSTIBILE NAZIONALE PER PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DESTINATA:

	N.°	Potenza in kW	Produzione in kWh nel 1930	Annotazioni
alla vendita	10	76.751	29.067.651	
ad uso misto	3	12.050	57.088.110	Gruppo di Larderello
ad uso proprio di industrie	2	420	1.102.900	
TOTALE	15	89.221	87.258.661	

Fonte: *UNFIEL*.

La "Questione termoelettrica".

Un anno fa nel Congresso tenutosi a Roma dalla UNFIEL fu analizzato il problema della produzione termoelettrica in confronto di quella idroelettrica. Lo studio, al quale collaborarono le nostre migliori competenze in materia, portò alla conclusione che « *nelle condizioni odierne della tecnica termo-* « *dinamica, la produzione di energia elettrica nelle grandi centrali* « *a vapore, può oggi tener testa anche in Italia alla produzione* « *idroelettrica (ad onta del maggior costo in Italia dei combustibili* « *importati coi quali si effettua) quando la prima si trovi in con-* « *dizioni favorevoli e la seconda in condizioni sfavorevoli. Ed è* « *prevedibile, in progresso col tempo, che questa condizione di cose* « *peggiori a danno della produzione idroelettrica* » e che « *quanto* « *alla generazione frazionata della forza motrice, il motore Diesel,* « *se non ha ancora ragioni definitive per vincere la concorrenza* « *dell'energia idroelettrica, sta però svolgendo una battaglia che di-* « *venta ogni giorno più dura per le imprese elettriche* ».

Queste conclusioni sono state fraintese in più modi, e se ne sono volute dedurre conseguenze assolutamente fuori di luogo. Qualcuno ha accusato le Imprese elettriche di voler abbandonare la produzione idroelettrica per egoismo industriale; qualche altro ha affacciato il timore di una antitesi che andrebbe maturando fra la produzione idraulica e la termica, altri ne hanno dedotto altre conseguenze poco liete. Tutti hanno fatto astrazione dalla vera situazione odierna.

Ho già detto che l'industria elettrica si trova ogni giorno più gravata dagli oneri di nuovi impianti idrici che rimangono inattivi, mentre il consumo diminuisce od è stazionario od è sostenuto da applicazioni povere e di ripiego. Gli impianti idroelettrici esistono, e gli oneri relativi decorrono a carico delle Imprese, siano essi attivi o no. Altrettanto può dirsi di quelli termici esistenti, per la parte relativa al servizio capitale ed alla manutenzione.

In una simile situazione il parlare di « pericolo termico » è senz'altro ridicolo. Da calcoli sommari risulta che, ultimati gli impianti idroelettrici già in costruzione e supponendo di impiegare le sole grandi centrali termiche odierne con una utilizzazione annua di tremila ore, si potrebbe raggiungere una produzione complessiva di 16 miliardi annui di kWh, dei quali due miliardi ottenuti termicamente, con un aumento del 45% sull'attuale. Certamente quindi per parecchi anni la situazione non pare possa cambiare essendo impossibile che il progresso termico, per grande che sia, permetta di ottenere energia a minor costo con centrali completamente nuove. Può darsi solo che gli ampiamenti delle centrali termiche moderne si facciano a suo tempo profittando dei nuovi progressi termodinamici.

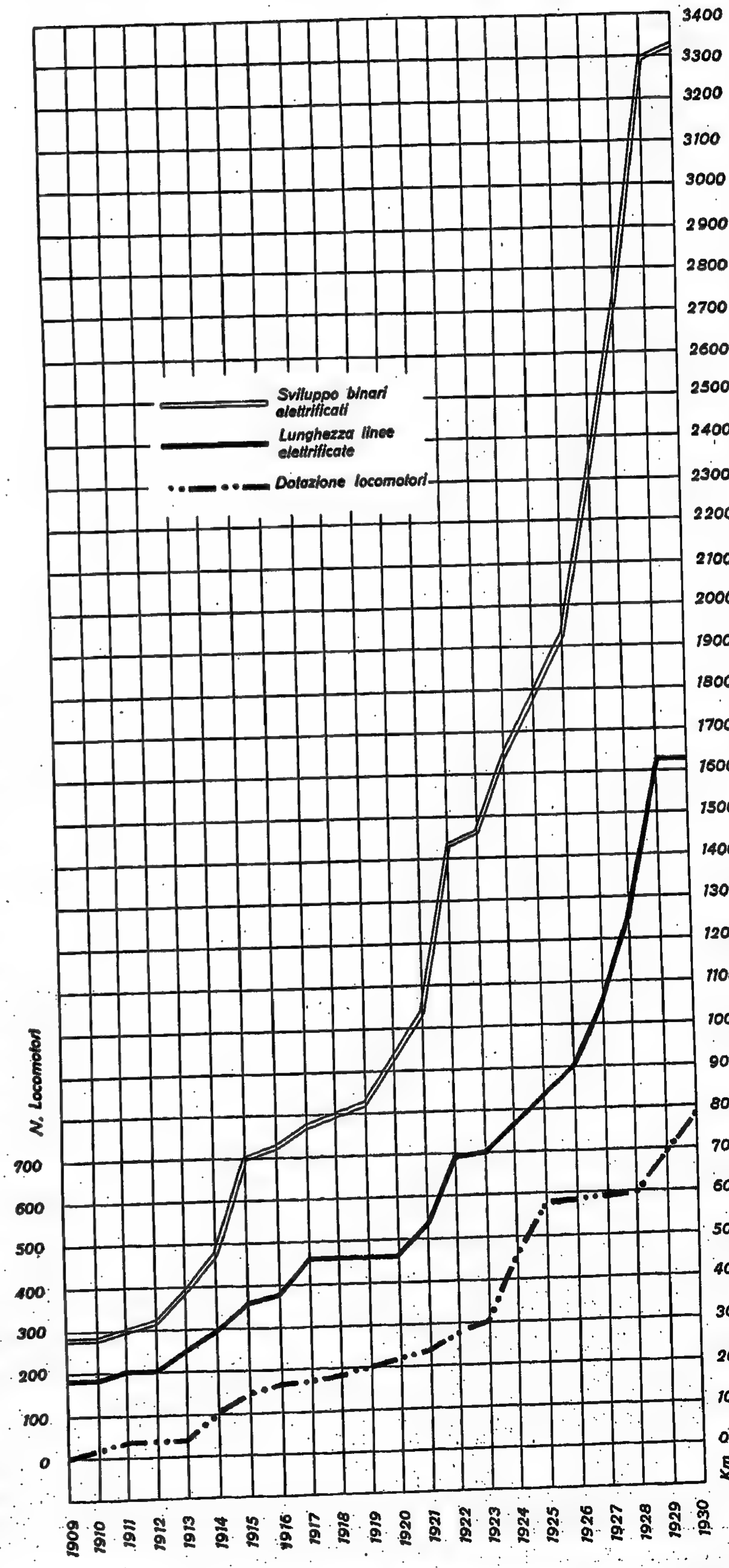


Diagramma III. - Sviluppo delle linee elettrificate e variazioni del parco locomotori dal 1909 al 1930.

IV. – Gli impianti ferroviari.

Centrali che alimentano la rete ferroviaria.

Sono intervenuti alcuni cambiamenti nel numero e nella potenza delle Centrali alimentatrici della rete ferroviaria statale. Le tre Tabelle XIX, XX e XXI indicano lo stato attuale (1930).

Continuano per conto delle F. S. i lavori di costruzione degli impianti sul Reno (Suviana); è stata completata la diga di Rochemolles.

Stato degli impianti di elettrificazione.

Fino dal maggio 1930 fu inaugurato il servizio di trazione elettrica sulla Domodossola–Iselle (circa 19 km a doppio binario). L'impianto e l'esercizio ne furono affidati alle Federali Svizzere, che vi hanno applicato il loro materiale normale ed il sistema monofase a 15 kV sulla linea di contatto, a 16,7 periodi.

Nel marzo 1930 fu messa in esercizio una nuova linea primaria, per ora con una terna a 60 kV fra Usmate e Voghera (km 84). Essa serve ad utilizzare direttamente l'eccesso di produzione della Centrale di Morbegno sulle linee del Gruppo Ligure–Piemontese, che prima veniva ceduto alla Società Edison.

Nel novembre 1929 fu pure messa in esercizio una linea primaria Bolzano-Mezzocorona in servizio della Bolzano-Brennero (km 41 a 60 kV).

La consistenza degli impianti d'elettrificazione al 30 giugno 1930 era quella indicata nella Tab. XXII.

Il diagramma III (a pag. 555) indica il progressivo sviluppo della elettrificazione ferroviaria dal 1909 al 1930.

Tabella XIX.

CENTRALI ELETTRICHE ALIMENTANTI LA RETE FERROVIARIA ELETTRIFICATA CON SISTEMA TRIFASE A 16,7 PERIODI

	Potenza del Macchinario			
	Installato per le F. S.		Funzionante per le F. S. durante l'estate	
	kW	kVA	kW	kVA
a) Centrali Idrauliche				
Bardonecchia delle F. S.	16.720	20.900	12.000	16.000
Pavana delle F. S.	12.000	16.000	6.000	8.000
Morbegno	8.500	12.000	6.000	9.000
Acceglio della Soc. Cieli	21.150	25.200	14.100	16.800
Prazzo » » »	8.960	11.200	8.960	11.200
S. Dalmazzo » »	16.000	20.000	16.000	20.000
Ozola della Soc. Idroelettrica dell'Ozola	15.000	21.600	5.000	7.200
Robbiate della Soc. Edison	5.000	6.300	2.500	3.150
Prati della Soc. Idroelettrica del Vizze	13.500	18.000	13.000	17.350
Mezzocorona della S. G. E. T.	6.750	9.000		
Cardano della S. I. D. I.	20.250	27.000	13.000	17.350
Sottostazioni				
Bologna - Sottostazione di conversione da 42 a 16,7 periodi delle F. S.	18.000	24.000	12.000	16.000
Arquata - Sottostazione di conversione da 50 a 16,7 periodi della Soc. Edison	18.000	25.800	12.000	17.200
Totale	179.830	237.000	120.560	159.250
b) Centrali Termiche			Tutti di riserva nei mesi estivi e gradualmente funzionanti nei mesi invernali in sostituzione di corrispondenti potenze di Centrali Idroelettr.	
Chiappella delle F. S.	10.000	12.500		
Savona della Soc. Cieli	14.000	18.200		
Livorno della Società Ligure Toscana di Elettricità	6.000	8.600		
Totale	30.000	39.300	—	—
TOTALE GENERALE	209.830	276.300	120.560	159.250

Fonte: *Relazione Ministero delle Comunicazioni.* - Anno 1929-1930.

Tabella XX.

CENTRALI ELETTRICHE ALIMENTANTI LA RETE FERROVIARIA ELETTRIFICATA CON SISTEMA DIVERSO DAL TRIFASE A 16,7 PERIODI
(Escluse le linee Trento-Malè e Brunico-Campo Tures).

	Potenza del Macchinario			
	Installato per le F. S.		Funzionante per le F. S.	
	kW	kVA	kW	kVA
a) Centrali Idrauliche				
Sagittario delle Ferrovie dello Stato	30.000	37.500	10.000	12.500
Varzo della Soc. Dinamo	8.160	10.000	5.440	6.800
Napoli della Soc. Meridionale di Elettricità	1.000	1.250	1.000	1.250
Agnano della Soc. Meridionale di Elettricità	2.000	2.500	2.000	2.500
Totale	41.160	51.250	18.440	23.050

Fonte: *Relazione Ministero delle Comunicazioni* - Anno 1929-1930.

TABELLA XXI.

POTENZA COMPLESSIVA DELLE DIVERSE CENTRALI

	Potenza del Macchinario			
	Installato per le F. S.		Funzionante per le F. S.	
	kW	kVA	kW	kVA
Energia Idraulica	220.990	288.250	139.000	182.300
Energia Termica	30.000	39.300	—	—

Fonte: *Relazione Ministero delle Comunicazioni* - Anno 1929-1930.

Complessivamente, esclusa la Domodossola-Iselle, la linea Trento-Malè e la Brunico-Campo Tures, si hanno in media 237 kVA di trasformatori installati per km. di linea elettrificata che si riducono a 113 kVA per km. di binario elettrificato, con una sottostazione ogni 19 km. di linea e 39 km. di binario.

Sono ancora in corso lavori per l'elettrificazione della Avezzano-Sulmona (completato il tronco Avezzano-Carrito), della Savona-Ventimiglia, della Ventimiglia-Cuneo, dei tronchi Vezzano-Fornovo e Sarzana-S. Stefano e della Benevento-Napoli.

Furono eseguiti numerosi lavori di rafforzamento.

TABELLA XXII.

CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI ELETTRIFICAZIONE DELLE F. S.

OGGETTO	Unità	30/VI/28	30/VI/29 (1)	30/VI/30 (1)
Lunghezza d'esercizio ..	Km	1.175,8	1.625,1	1.625,1
Binari elettrificati	»	2.726,1	3.289,1	3.320,1
Condutture primarie per trasporto energia:				
in terra aerea	»	2.076,6	2.739,8	2.948,7
in cavo trifase	»	122,2	122,6	122,6
Coppie di fili telefonici	»	6.041,5	6.930,2	6.943,7
Sottostazioni di trasformazione	N°	57	76	77
Potenza relativa	kVA	217.250	309.380	315.830
Sottostaz. ambulanti ..	N°	11	17	17
Potenza relativa	kVA	22.930	37.430	36.430
Linee d' alimentazione appartenenti a privati	Km	1.866,-	1.866,-	1.866,-

Fonte: *Relazione Ministero delle Comunicazioni.* Anno 1929-1930.

(1) Questi dati comprendono anche le linee a carattere tramviario del Trentino.

È stata studiata l'elettrificazione della direttissima Bologna-Firenze, della quale si sono pure iniziati i lavori. Essa sarà eseguita col sistema a corrente continua a 3000 Volt. Questo sistema sarà applicato in seguito su tutta la più importante linea italiana, che è la dorsale Milano-Bologna-Firenze-Roma-Napoli, nonchè sulle altre linee del Mezzogiorno: sembra che il trifase a 16,7 ∼ venga riservato all'Alta Italia, e che nell'Italia Centrale si pensi d'adottare il trifase a frequenza industriale.

In complesso sono in lavoro circa 500 km di linea dei quali

TABELLA XXIII.

ENERGIA ELETTRICA EROGATA DALLE CENTRALI DI PROPRIETÀ DELLE FERROVIE DELLO STATO

CENTRALI	Esercizio 1928–1929	Esercizio 1929–1930
Morbegno (Idroelettrica)	kWh	kWh
a) per la trazione elettrica...	12.841.550	16.752.275
b) ceduta alla Soc. Edison .	20.160.890	18.647.975
TOTALE	33.002.440	35.400.250
Bardonecchia (Idroelettrica):		
a) prodotta a 16,7 periodi (1)	46.570.380	41.350.310
b) prodotta a 50 periodi (2) ..	4.785.458	1.310.690
TOTALE	51.355.838	42.661.000
Sagittário (Idroelettrica):		
a) per trazione elettrica	5.193.850	26.780.758
b) ceduta alla Az. Elettr. Governatoriale	33.000	130.600
c) ceduta alla Soc. Meridionale di Elettricità	46.423.750	(4)22.753.112
d) per i servizi ausiliari	341.150	335.100
TOTALE	51.991.750	49.999.570
Chiappella (Termoelettrica):		
a) di sussidio agli altri impianti	576.980	1.278.020
TOTALE	576.980	1.278.020
Pavana (Idroelettrica):		
a) a 16,7 periodi	11.491.000	16.486.400
b) a 50 periodi (3)	535.860	523.639
TOTALE	12.026.860	17.010.039
TOTALE GENERALE	148.953.868	146.348.879

Fonte: *Relazione Ministero delle Comunicazioni.* Anno 1929-1930.

(1) Inoltre la centrale di Bardonecchia erogò altri kWh 8.585.340 ricavati dalla conversione a 16,7 periodi dell'energia a frequenza industriale ricevuta dalla Soc. Idroel. Piemonte e in servizio scambio dalla centrale di Chiomonte dell'Azienda Elettrica Municipale di Torino.

(2) Utilizzata per i servizi ausiliari della Centrale, per i cantieri di lavoro della diga di Rochemolles e per l'Azienda Elettr. Municipale di Torino a parziale ricambio dell'energia ricevuta di cui alla nota (1).

(3) Usata per i servizi ausiliari della centrale e per i cantieri di lavoro per centrale e Diga di Suviana.

(4) Energia misurata nella centrale del Sagittario. Per avere l'energia depurata dalle perdite nel trasporto della centrale alla cabina di Sulmona devonsi togliere kWh 802.986 rappresentanti il 2% di tutta l'energia uscita dalla centrale e consegnata nella cabina di Sulmona.

TABELLA XXIV.

ENERGIA ELETTRICA
FORNITA DALLE SOCIETÀ PRIVATE ALLE F. S.

SOCIETÀ	Esercizio 1928–1929 kWh	Esercizio 1929–1930 kWh
CIELI (ex Maira, Negri)		
Centrali idrauliche (S. Dalmazzo, Acceglio, Prazzo) ..	122.381.866	93.327.591
Centrali termiche (Savona) ..	3.172.750	1.715.000
EDISON		
Centrale di Robbiate	5.884.820	7.296.609
Centrale di Pallanzeno attraverso Arquata	30.378.000	34.588.000
DINAMO		
Centrali di Varzo e Piedimulera	14.342.977	14.926.674
AZIENDA ELETTR. MUNICIP. DI TORINO		
attraverso la centrale di Bardonecchia	4.050.900	3.338.505
SOC. IDROEL. PIEMONTE (SIP)		
attraverso la centrale di Bardonecchia	—	5.246.835
ADAMELLO E OZOLA		
Centrali di Predare e Ligonchio	32.769.046	42.173.970
INTERREGIONALE CISALPINA		
attraverso Bologna	17.938.875	17.139.966
ADRIATICA		
attraverso Bologna	12.896.231	13.497.379
MERIDIONALE DI ELETTRICITÀ		
Centrali varie	14.319.025	3.410.950
SELT		
Centrale di Livorno (Termoelettrica)	10.520.503	17.773.560
IDROELETTRICA DEL VIZZE		
Centrale di Prati	1.790.000	14.381.800
ISARCO		
Centrale di Cardano	—	10.443.861
Azienda Città di Brunico ..	—	155.285
Soc. Industriale Trentina ...	—	1.487.022
TOTALI	270.444.993	280.903.007

Fonte: *Relazione Ministero delle Comunicazioni*. Anno 1929–1930.

circa 200 km a corrente continua, il resto a corrente trifase 16,7 periodi.

Dal 1º luglio 1905 (assunzione delle Ferrovie da parte dello Stato) al 30 giugno 1931 furono impegnate pei lavori di elettrificazione delle linee L. 1.343.108.793,13 delle quali erano state pagate al 30 giugno 1930 L. 1.085.209.238,37. Di queste circa 79 milioni erano stati pagati nell'esercizio 1929-30.

Dati d'esercizio. L'energia erogata dalle Centrali delle F. S. e dalle Società private per uso di queste nell'esercizio 1929-30 è indicata alla Tabelle XXIII e XXIV.

Il collegamento Usmate-Voghera ha permesso una migliore utilizzazione della Centrale di Morbegno; quella di Pavana fu favorita da stagioni eccessivamente piovose. Bardonecchia ebbe invece una magra eccezionale.

Il consumo complessivo, misurato alle centrali, è stato di 383.550.770 kWh, nell'esercizio 1929-30, con un aumento del 10 % sull'esercizio precedente. Il traffico fu di 12.246,6 milioni di tonn.km, con un aumento del 12,5 % sull'esercizio precedente. Quindi il consumo medio per tonn-km virtuale è sceso da 32 a 31 Wh. Il costo medio dell'energia prodotta direttamente, tenuto conto degli interessi ed ammortamenti, quote di rinnovo, spese di manutenzione e d'esercizio fu, secondo la Relazione allegata al Bilancio del Ministero delle Comunicazioni, di L. 0,152 per kWh prodotto: quella acquistata viene valutata a circa L. 0,19 per kWh. La spesa complessiva fu quindi per le Ferrovie di circa 70 milioni di lire, ad un costo medio di L. 0,181 per kWh. Queste le cifre ufficiali.

Al 30 giugno 1930 erano in servizio N. 783 fra locomotori ed automotrici, con un aumento di 93 unità rispetto al giugno 1929. Ad esse occorse in media una riparazione ogni 97.253 km percorsi per i locomotori a grande velocità, ogni 60.411 km per quelli a piccola ed ogni 71.248 km per le automotrici. Gli inconvenienti furono 2,34 per ogni 100.000 km di percorrenza contro 2,86 dell'esercizio precedente e 5,85 dell'esercizio '25-'26.

Nell'esercizio 1929-30 si ordinarono N. 92 locomotori e N. 24 automotrici all'industria nazionale. Fu ultimato lo studio dei locomotori a corrente continua a 3000 Volt, tipo unificato, su due diversi schemi di connessione.

Si è cercato di dare sempre maggiore estensione al ricupero d'energia nelle discese, che ora si effettua anche pei treni merci muniti di freni a mano.

Un interessante paragone fra i costi della trazione a vapore ed elettrica è dato nella conferenza tenuta dall'Ing. G. Bianchi delle F. S. a Londra presso l'*Institution of El. Eng.* il 20 novembre u. s., che riportiamo nella Tabella XXV a pag. 559.

Trazione elettrica sulle ferrovie secondarie. Nella Tabella XXVI a pagina 562 sono riportati i dati d'esercizio delle linee secondarie affidate all' industria privata. Alla fine del 1930 la lunghezza complessiva di tali linee ammontava a 1338 km; il sistema di alimentazione generalmente adottato è quello a corrente continua.

V. – LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA.

Produzione idroelettrica diretta. Nel 1930 la produzione idroelettrica censita dalla UNFIEL fu di 9.721.464 migliaia di kWh con un incremento del 5,1 % sulla produzione dell'anno precedente. I risultati relativi sono riportati nella Tabella XXVII, pag. 560-561, che fornisce i dati di 391 imprese censite dalla UNFIEL. Nei dati relativi all'energia d'origine idraulica è compresa l'importata.

L'energia importata. L'importazione di energia è in forte declino. Ciò è dipeso dall'entrata in funzione di nuovi impianti idroelettrici alpini e in parte dal rallentamento dei consumi. La diminuzione è stata nel 1930 di circa 80 milioni rispetto al '29 (Vedere Tabella XXVIII a pag. 562).

TABELLA XXV.

CONFRONTO FRA I COSTI D'ESERCIZIO DELLA TRAZIONE ELETTRICA E QUELLA A VAPORE IN ITALIA

	Trazione a vapore — Percorrenza delle locomotive: km 140.406.393; Percorrenza delle locomotive di manovra: 3.815.377 ore; Percorrenza dei vagoni rimorchiati: assi-km 4.340.838.572; Tonnellate-km rimorchiate { virtuali 45.019.212.900; reali 34.950.205.800 }					*Trazione elettrica* — Percorrenza delle locomotive: km 18.124.507; Percorrenza delle locomotive di manovra: 22.325 ore; Percorrenza dei vagoni rimorchiati: assi-km 806.046.650; Tonnellate-km rimorchiate { virtuali 8.299.086.500; reali 5.890.110.700 }				
	Costo medio per ora di manovra	COSTO IN LIRE PER				Costo medio per ora di manovra	COSTO IN LIRE PER			
	Lire	Locomotiva-km	Asse-km rimorchiato	Tonn-km rimorchiata virtuale	Tonn-km rimorchiata reale	Lire	Locomotiva-km	Asse-km rimorchiato	Tonn-km rimorchiata virtuale	Tonn-km rimorchiata reale
Stipendi	13,816	2,0688	0,06691	0,00645	0,00831	21,271	2,726	0,06128	0,00595	0,00839
Combustibile	10,221	2,6383	0,08534	0,00823	0,01060	—	—	—	—	—
Energia elettrica	—	—	—	—	—	15,048	1,770	0,03980	0,00386	0,00545
Lubrificazione	0,296	0,0638	0,00206	0,00020	0,00026	0,255	0,062	0,00140	0,00014	0,00019
Riscaldamento dei treni	—	0,0083	0,00027	0,00003	0,00003	—	0,124	0,00279	0,00027	0,00038
Acqua per le locomotive	0,177	0,0456	0,00147	0,00014	0,00018	—	—	—	—	—
Manutenzione locomotive	8,234	1,9462	0,06295	0,00607	0,00782	5,454	1,220	0,02743	0,00267	0,00375
Diverse	4,533	0,7735	0,02503	0,00241	0,00311	9,548	1,282	0,02884	0,00280	0,00395
Rinnovamento locomotive	0,104	0,0967	0,00313	0,00030	0,00039	0,777	0,202	0,00454	0,00044	0,00062
Rinnovamento attrezzatura linee	—	—	—	—	—	1,287	0,134	0,00301	0,00029	0,00041
Interesse sul costo delle locomotive	1,200	0,5598	0,01810	0,00175	0,00225	8,966	1,196	0,02690	0,00261	0,00268
Interesse sul costo dell'attrezzatura linee	—	—	—	—	—	22,662	2,366	0,05319	0,00517	0,00728
Ammortamento	—	—	—	—	—	0,433	0,047	0,00107	0,00011	0,00015
TOTALE GENERALE	38,581	8,2010	0,26526	0,02558	0,03295	85,701	11,129	0,25025	0,02431	0,03325

Fonte: *The J.J.E.E.*, marzo 1931.

NB. - Il costo *complessivo* fu per la trazione a vapore di lire 1.151.472.829, per la trazione elettrica, di lire 201.707.638.

I costi unitari totali della tabella corrispondono quindi ai quozienti di questi due costi complessivi divisi per il numero di locomotive-km, di assi-km rimorchiati, di tonn-km rimorchiate, ecc.

I costi sono riferiti a un prezzo medio del carbone di L. 140,13, e per la trazione elettrica a L. 0,16 al kWh.

Riassunto generale dell'energia prodotta nelle annate 1929-1930

TABELLA XXVII.

ITALIA SETTENTRIONALE

MESE	ENERGIA PRODOTTA ED IMPORTATA IN kWh						DIFFERENZE			PERCENTUALI		
	Idraulica		Termica		Complessiva		Idraulica	Termica	Complessiva	Idraulica	Termica	Complessiva
	1929	1930	1929	1930	1929	1930	+ o —	+ o —	+ o —	+ o —	+ o —	+ o —
Gennaio	555.171.912	555.244.315	21.714.201	16.038.647	576.886.113	571.282.962	+ 72.403	— 5.675.554	— 5.603.151	+ 0,01	— 26,13	— 0,97
Febbraio	498.012.554	505.390.781	25.116.230	8.860.740	523.128.784	514.252.521	+ 7.378.227	— 16.255 490	— 8.877.263	+ 1,48	— 64,72	— 1,70
Marzo	479.997.631	539.008.121	42.293.301	8.130.446	522.290.932	547.138.567	+ 59.010.490	— 34.162.855	+ 24.847.635	+ 12,29	— 80,77	+ 4,76
Aprile	499.925.336	564.505.655	21.709.481	6.238.591	521.634.817	570.744.246	+ 64.580.319	— 15.470.890	+ 49.109.429	+ 12,92	— 71,26	+ 9,41
Maggio	590.111.616	618.295.556	6.155.081	5.438.113	596.266.697	623.733.669	+ 28.183.940	— 716.968	+ 27.466.972	+ 4,78	— 11,65	+ 4,61
Giugno	614.717.742	620.119.828	5.396.988	5.550.359	620.114.730	625.670.187	+ 5.402.086	+ 153.371	+ 5.555.457	+ 0,88	+ 2,84	+ 0,90
Luglio	668.463.875	672.000.267	10.696.755	6.088.489	679.160.630	678.088.756	+ 3.536.392	— 4.608.266	— 1.071.874	+ 0,53	— 43,08	— 0,16
Agosto	627.055.361	625.852.142	13.228.541	10.257.953	640.283.902	636.110.095	— 1.203.219	— 2.970.588	— 4.173.807	— 0,19	— 22,45	— 0,65
Settembre	618.141.107	650.364.529	15.862.809	10.028.553	634.0 3.916	660.393.082	+ 32.223.422	— 5.834.256	+ 26.389.166	+ 5,21	— 36,78	+ 4,16
Ottobre	636.638.691	657.546.896	17.264.384	6.956.753	653.903.075	664.503.649	+ 20.908.205	— 10.307.631	+ 10.600.574	+ 3,28	— 59,70	+ 1,62
Novembre	578.607.441	570.677.585	11.443.685	6.881.809	590.051.126	577.559.394	— 7.929.856	— 4.561.876	— 12.491.732	— 1,37	— 39,86	— 2,12
Dicembre	549.793.679	555.548.648	14.809.688	12.040.526	564.603.367	567.589.174	+ 5.754.969	— 2.769.162	+ 2.985.807	+ 1,05	— 18,69	+ 0,53
TOTALI	6.916.636.945	7.134.554.323	205.691.144	102.510.979	7.122.328.089	7.237.065.302	+ 217.917.378	— 103.180.165	+ 114.737.213	+ 3,15	— 50,16	+ 1,61

ITALIA CENTRALE

MESE	Idraulica 1929	Idraulica 1930	Termica 1929	Termica 1930	Complessiva 1929	Complessiva 1930	Diff. Idraulica	Diff. Termica	Diff. Complessiva	Perc. Idraulica	Perc. Termica	Perc. Complessiva
Gennaio	132.639.841	156.377.535	11.290.409	11.211.056	143.930.250	167.588.591	+ 23.737.694	— 79.353	+ 23.658.341	+ 17,90	— 0,70	+ 16,44
Febbraio	111.580.214	138.558.724	9.919.046	9.358.448	121.499.260	147.917.172	+ 26.978.510	— 560.598	+ 26.417.912	+ 24.18	— 5,65	+ 21,74
Marzo	127.133.735	148.773.390	12.702.163	8.987.056	139.835.898	157.760.446	+ 21.639.655	— 3.715.107	+ 17.924.548	+ 17,02	— 29,24	+ 12,82
Aprile	130.226.653	145.970.665	11.481.967	8.242.128	141.708.620	154.212.793	+ 15.744.012	— 3.239.839	+ 12.504.173	+ 12,09	— 28,21	+ 8,82
Maggio	129.193.149	141.135.441	8.821.278	8.421.194	138.014.427	149.556.635	+ 11.942.292	— 400.084	+ 11.542.208	+ 9,24	— 4,53	+ 8,36
Giugno	122.075.829	131.474.047	7.978.707	8.119.494	130.054.536	139.593.541	+ 9.398.218	+ 140.787	+ 9.539.005	+ 7,70	+ 1,76	+ 7,33
Luglio	114.249.169	128.842.566	8.238.977	8.477.887	122.488.146	137.320.453	+ 14.593.397	+ 238.910	+ 14.832.307	+ 12,77	+ 2,90	+ 12,11
Agosto	107.697.094	112.361.522	9.968.160	9.791.564	117.665.254	122.153.086	+ 4.664.428	— 176.596	+ 4.487.832	+ 4,33	— 1,77	+ 3,81
Settembre	99.913.302	105.677.159	10.489.230	8.092.479	110.402.532	113.769.638	+ 5.763.857	— 2.396.751	+ 3.367.106	+ 5,77	— 22,85	+ 3,05
Ottobre	110.629.834	112.257.575	16.763.900	8.918.940	127.393.734	121.176.515	+ 1.627.741	— 7.844.960	— 6.217.219	+ 1,47	— 46,79	— 4,88
Novembre	134.620.257	125.978.654	13.060.665	8.441.718	147.680.922	134.420.372	— 8.641.603	— 4.618.947	— 13.260.550	— 6,42	— 35,36	— 8,98
Dicembre	138.738.579	134.985.166	10.400.399	8.492.531	149.138.978	143.477.697	— 3.753.413	— 1.907.868	— 5.661.281	— 2,70	— 18,34	— 3,79
TOTALI	1.458.697.656	1.582.392.444	131.114.901	106.554.495	1.589.812.557	1.688.946.939	+ 123.694.788	— 24.560.406	+ 99.134.382	+ 8,48	— 18,73	+ 6,23

ITALIA MERIDIONALE

MESE	Idraulica 1929	Idraulica 1930	Termica 1929	Termica 1930	Complessiva 1929	Complessiva 1930	Diff. Idraulica	Diff. Termica	Diff. Complessiva	Perc. Idraulica	Perc. Termica	Perc. Complessiva
Gennaio	80.772.080	87.868.937	2.309.566	1.988.367	83.081.646	89.857.304	+ 7.096.857	— 321.199	+ 6.775.658	+ 8,79	— 13,90	+ 8,15
Febbraio	64.467.729	82.461.500	5.035.182	1.950.574	69.502.911	84.412.074	+ 17.993.771	— 3.084.608	+ 14.909.163	+ 27,91	— 61,26	+ 21,45
Marzo	77.763.959	84.116.466	3.008.592	2.166.371	80.772.551	86.282.837	+ 6.352.507	— 842.221	+ 5.510.286	+ 8,17	— 27,99	+ 6,82
Aprile	74.236.800	80.773.806	2.137.867	2.433.947	76.374.667	83.207.753	+ 6.537.006	+ 296 080	+ 6.833.086	+ 8,81	+ 13.85	+ 8,95
Maggio	77.404.978	81.824.339	1.874.271	1.291.345	79.279.249	83.115.684	+ 4.419.361	— 582.926	+ 3.836.435	+ 5,71	— 31,10	+ 4,84
Giugno	70.191.836	77.417.798	2.488.140	1.939.092	72.679.976	79.356.890	+ 7.225.962	— 549.048	+ 6.676.914	+ 10,29	— 22,06	+ 0,10
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	+ 0,10

Ottobre	77.702.020	81.038.047	4.977.486	1.292.894	82.679.512	82.931.541	+ 3.936.021	— 3.684.592	+ 252.029	+ 5,07	— 14,02	+ 0,30
Novembre	83.582.975	77.204.622	2.694.525	2.510.326	86.277.500	79.714.948	— 6.378.353	— 184.199	— 6.562.552	— 7,63	— 6,83	— 7,60
Dicembre	87.258.812	67.493.604	2.147.785	4.782.581	89.406.597	72.276.185	— 19.765.208	+ 2.634.796	— 17.130.412	— 22,65	+ 122,67	— 19,16
TOTALI	913.305.908	955.987.663	37.849.047	24.191.844	951.154.955	980.179.507	+ 42.681.755	— 13.657.203	+ 29.024.552	+ 4,67	— 36,08	+ 3,05

ITALIA INSULARE

Gennaio	18.450.525	20.594.239	3.945.592	4.328.600	22.396.117	24.922.839	+ 2.143.714	+ 383.008	+ 2.526.722	+ 11,62	+ 9,71	+ 11,28
Febbraio	16.733.752	19.343.337	3.562.060	3.945.580	20.295.812	23.288.917	+ 2.609.585	+ 383.520	+ 2.993.105	+ 15,59	+ 10,76	+ 14,75
Marzo	20.006.676	20.445.068	1.751.249	3.701.501	21.757.925	24.146.569	+ 438.392	+ 1.950.252	+ 2.388.644	+ 2,19	+ 111,36	+ 10,98
Aprile	18.138.559	17.989.262	2.395.569	3.899.830	20.534.128	21.889.092	— 149.297	+ 1.504.261	+ 1.354.964	— 0,82	+ 62,79	+ 6,60
Maggio	18.098.648	20.475.642	3.508.148	3.924.964	21.606.796	24.400.606	+ 2.376.994	+ 416.816	+ 2.793.810	+ 13,13	+ 11,88	+ 12,93
Giugno	17.917.977	17.803.614	3.710.788	4.649.505	21.628.765	22.453.119	— 114.363	+ 938.717	+ 824.354	— 0,64	+ 25,30	+ 3,81
Luglio	17.457.002	18.718.924	4.906.057	6.441.028	22.363.059	25.159.952	+ 1.261.922	+ 1.534.971	+ 2.796.893	+ 7,23	+ 31,29	+ 12,51
Agosto	18.512.418	16.299.266	4.985.051	8.651.460	23.497.469	24.950.726	— 2.213.152	+ 3.666.409	+ 1.453.257	— 11,95	+ 73,55	+ 6,18
Settembre	16.053.757	15.570.063	6.060.310	7.991.478	22.114.067	23.561.541	— 483.694	+ 1.931.168	+ 1.447.474	— 3,01	+ 31,86	+ 6,54
Ottobre	15.796.367	15.478.009	4.724.357	8.249.811	20.520.724	23.727.820	— 318.358	+ 3.525.454	+ 3.207.096	— 2,01	+ 74,62	+ 15,63
Novembre	14.706.198	14.410.782	5.915.419	8.283.168	20.621.617	22.693.950	— 295.416	+ 2.367.749	+ 2.072.333	— 2,00	+ 40,02	+ 10,05
Dicembre	20.422.509	15.470.455	4.793.889	6.150.952	25.216.398	21.621.407	— 4.952.054	+ 1.357.063	— 3.594.991	— 24,24	+ 28,31	— 14,25
TOTALI	212.294.388	212.598.661	50.258.489	70.217.877	262.552.877	282.816.538	+ 304.273	+ 19.959.388	+ 20.263.661	+ 0,14	+ 39,71	+ 7,72

RIASSUNTO GENERALE MENSILE

Gennaio	787.034.358	820.085.026	39.259.768	33.566.670	826.294.126	853.651.696	+ 33.050.668	— 5.693.098	+ 27.357.570	+ 4,20	— 14,50	+ 3,31
Febbraio	690.794.249	745.754.342	43.632.518	24.115.342	734.426.767	769.869.684	+ 54.960.093	— 19.517.176	+ 35.442.917	+ 7,96	— 44,73	+ 4,83
Marzo	704.902.001	792.343.045	59.755.305	22.985.374	764.657.306	815.328.419	+ 87.441.044	— 36.769.931	+ 50.671.113	+ 12,40	— 61,53	+ 6,63
Aprile	722.527.348	809.239.388	37.724.884	20.814.496	760.252.232	830.053.884	+ 86.712.040	— 16.910.388	+ 69.801.652	+ 12,00	— 44,82	+ 9,18
Maggio	814.808.391	861.730.978	20.358.778	19.075.616	835.167.169	880.806.594	+ 46.922.587	— 1.283.162	+ 45.639.425	+ 5,76	— 6,30	+ 5,46
Giugno	824.903.384	846.815.287	19.574.623	20.258.450	844.478.007	867.073.737	+ 21.911.903	+ 683.827	+ 22.595.730	+ 2,66	+ 3,49	+ 2,68
Luglio	874.085.487	899.293.273	25.945.468	22.126.006	900.030.955	921.419.279	+ 25.207.786	— 3.819.462	+ 21.388.324	+ 2,88	— 14,72	+ 2,38
Agosto	829.394.568	833.326.637	32.607.272	29.983.264	862.001.840	863.309.901	+ 3.932.069	— 2.624.008	+ 1.308.061	+ 0,47	— 8,05	+ 0,15
Settembre	803.987.743	848.254.472	37.058.783	27.547.968	841.046.526	875.802.440	+ 44.266.729	— 9.510.815	+ 34.755.914	+ 5,50	— 25,66	+ 4,13
Ottobre	840.766.918	866.923.127	43.730.127	25.418.398	884.497.045	892.339.525	+ 26.154.209	— 18.311.729	+ 7.842.480	+ 3,11	— 41,87	+ 0,89
Novembre	811.516.871	788.271.643	33.114.294	26.117.021	844.631.165	814.388.664	— 23.245.228	— 6.997.273	— 30.242.501	— 2,86	— 21,13	— 3,58
Dicembre	796.213.579	773.497.873	32.151.761	31.466.590	828.365.340	804.964.463	— 22.715.706	— 685.171	— 23.400.877	— 2,85	— 2,13	— 2,82
TOTALI	9.500.934.897	9.885.533.091	424.913.581	303.475.195	9.925.848.478	10.189.008.286	+ 384.598.194	— 121.438.386	+ 263.159.808	+ 4,05	— 28,58	+ 2,65

RIASSUNTO GENERALE

Alta Italia	6.916.636.945	7.134.554.323	205.691.144	102.510.979	7.122.328.089	7.237.065.302	+ 217.917.378	— 103.180.165	+ 114.737.213	+ 3,15	— 50,16	— 0,97
Italia Centrale	1.458.697.656	1.582.392.444	131.114.901	106.554.495	1.589.812.557	1.688.946.939	+ 123.694.788	— 24.560.406	+ 99.134.382	+ 8,48	— 18,73	+ 6,23
Italia Meridion.	913.305.908	955.987.663	37.849.047	24.191.844	951.154.955	980.179.507	+ 42.681.755	— 13.657.203	+ 29.024.552	+ 4,67	— 36,08	+ 3,05
Italia Insulare	212.294.388	212.598.661	50.258.489	70.217.877	262.552.877	282.816.538	+ 304.273	+ 19.959.388	+ 20.263.661	+ 0,14	+ 39,71	+ 7,72
TOTALI GEN.	9.500.934.897	9.885.533.091	424.913.581	303.475.195	9.925.848.478	10.189.008.286	+ 384.598.194	— 121.438.386	+ 263.159.808	+ 4,05	— 28,58	+ 2,65

NOTA: La presente tabella si riferisce a 391 Imprese, Aziende ed Enti censiti nel gennaio 1931, rappresenta presumibilmente il 93 % della produzione totale del Regno.

Fonte: *UNFIEL.*

Tabella XXVI.

SVILUPPO DELL'ELETTRIFICAZIONE NELLE FERROVIE SECONDARIE ITALIANE ALLA FINE DEL 1930

Elenco delle ferrovie secondarie a trazione elettrica (non comprese nella rete dello Stato)

N.°	LINEE	Lunghezza km	Scartamento	Sistema di trazione			
1	Torino-Ciriè-Lanzo-Ceres	42,582	1,45	Corrente continua		3.600 V	
2	Biella-Andorno-Balma	12,778	0,95	»	»	2.400 »	
3	Biella-Cossato-Vallemosso	20,067	0,95	»	»	2.400 »	
4	Domodossola-Confine Svizzero (Locarno)	32,245	1,00	»	»	1.200 »	
5	Varese-Ghirla-Luino-Ponte Tresa	46,877	1,10	»	»	600 »	
6	Intra-Premeno	13,341	1,00	»	»	1,350 »	
7	Bergamo-S. Giovanni Bianco-S. Martino de' Calvi	40,646	1,45	Corrente monofase		6.000 »	25 periodi
8	Milano-Saronno – Milano-Meda	40,409	1,45	Corrente continua		2.800 »	
9	Bolzano-Collalbo	11,746	1,00	»	»	750 »	
10	Dermulo-Fondo-Mendola	23,681	1,00	»	»	800 »	
11	Collalzo-Dobbiaco	64,913	0,95	»	»	2.800 »	
12	Bolzano-Caldaro-S. Antonio	17,150	1,45	»	»	1.200 »	
13	Ora-Predazzo	51,750	1,00	»	»	2.400 »	
14	Agordo-Bribano	28,519	1,45	»	»	2.000 »	
15	Genova-Casella	23.595	0,95	»	»	2.400 »	
16	Pracchia-S. Marcello Pistoiese-Mammiano	16,568	0,95	»	»	1.200 »	
17	Umbertide-Terni-Ponte S. Giovanni-Perugia	112,683	1,45	Corrente monofase		11.000 »	25 periodi
18	Castel Raimondo-Camerino	11,546	1,00	Corrente continua		600 »	
19	Spoleto-Norcia	50,946	0,95	»	»	2.400 »	
20	Arezzo-Sinalunga	39.477	1,45	»	»	2.800 »	
21	Civita Castellana-Viterbo P. Fiorentina	44,476	1,00	Corrente monofase		6.000 »	25 periodi
22	S. Giorgio-Fermo-Amandola	59.277	0.95	Corrente continua		2.400 »	
23	Roma-Marina di Ostia	24,745	1,45	»	»	2.400 »	
24	Ferrovie Vicinali-Roma	139,496	0,95	»	»	1.500 »	
25	Chieti Città-Chieti Stazione	8,762	1,00	»	»	750 »	
26	Sangritana	149,661	0,95	»	»	2.400 »	
27	Agnone-Pescolanciano	37,472	0,95	»	»	1.200 »	
28	Napoli-Biforcazione-Capua	39,805	1,00	Corrente monofase		11.000 »	25 periodi
29	Ferrovie Circumvesuviane	68,918	0,95	Corrente continua		1.000 »	
30	Pugliano-Staz. Inf. Funicolare	7,700	1,00	»	»	550 »	
31	Pescara-Penne	36,500	0,95	»	»	2.400 »	
32	Napoli-Pozzuoli-Torregaveta	19,785	1,45	»	»	1.200 »	
	Totale esercizio	1.338,116					

Fonte: *UNFIEL.*

Tabella XXVIII.

ENERGIA IMPORTATA DALLA SVIZZERA NEGLI ANNI 1929-1930

MESE	Energia importata in kWh		Differenza + o —
	1929	1930	
Gennaio	26.553.356	18.237.975	— 8.315.381
Febbraio	25.035.725	19.019.810	— 6.015.915
Marzo	23.250.375	12.797.700	— 10.452.675
Aprile	20.721.975	14.620.855	— 6.101.120
Maggio	13.131.925	11.591.475	— 1.540.450
Giugno	11.813.475	9.501.075	— 2.312.400
Luglio	18.976.400	12.425.925	— 6.550.475
Agosto	15.461.060	9.507.500	— 5.953.560
Settembre	20.916.940	11.996.350	— 8.920.590
Ottobre	20.667.025	15.624.050	— 5.042.975
Novembre	24.985.095	14.675.050	— 10.310.045
Dicembre	22.228.010	14.071.050	— 8.156.960
Totale	243.741.361	164.068.815	— 79.672.546

Fonte: *UNFIEL.*

Energia per uso di trazione.

L'energia prodotta per la trazione delle Ferrovie dello Stato fu già dettagliata nelle Tabelle XXIII e XXIV. Non si hanno dati precisi sulla produzione d'energia per le Ferrovie secondarie e le tramvie.

La produzione termica.

È sensibilmente diminuita nel 1930 sia per il miglior andamento stagionale che per la sovrabbondanza di energia idraulica. Essa diminuì in confronto del 1929 del 28,58 %.

L'energia *prodotta con combustibile nazionale* è data dalla Tabella XXIX essa rappresenta il 28,75 della produzione termica e il 0,86 della produzione totale. È in aumento rispetto al 1929 di quasi tre milioni. Circa un terzo della produzione termica è fatta con risorse nazionali (compreso il calore naturale dei soffioni di Larderello). La nostra dipendenza dall'estero fu quindi ridotta nel 1930 per soli 180 milioni di kWh.

Purtroppo però, come ho già detto, l'utilizzazione delle ligniti e delle torbe non ha fortuna in Italia. Il maggiore degli impianti a lignite è fermo: un altro non meno importante, pronto da un anno per l'esercizio è pure fermo. Fuori esercizio è pure l'unico impianto a torba. Disgraziatamente questo genere d'impianti non può servire da riserva durante i mesi di magra idraulica, ma deve funzionare continuamente. Come produttori

TABELLA XXIX.

ENERGIA PRODOTTA CON COMBUSTIBILE NAZIONALE

MESE	kWh prodotti 1929	kWh prodotti 1930	Percentuali della termica 1929	della termica 1930	del totale 1929	del totale 1930
Gennaio ..	7.101.322	7.452.200	18,09	22,20	0,86	0,87
Febbraio .	6.516.482	6.101.217	14,93	25,30	0,89	0,79
Marzo ...	6.949.352	6.351.660	11,63	27,63	0,91	0,78
Aprile ...	6.265.111	5.843.878	16,61	28,07	0,82	0,70
Maggio ...	6.520.487	6.134.078	32,03	32,15	0,78	0,70
Giugno ...	5.862.711	6.016.144	29,95	29,70	0,69	0,69
Luglio ...	7.325.052	7.005.577	28,23	31,66	0,81	0,76
Agosto ...	6.823.747	8.116.546	20,93	27,07	0,79	0,94
Settembre	8.657.319	7.565.772	23,36	27,46	1,03	0,86
Ottobre ..	7.131.621	8.620.351	16,31	33,91	0,81	0,96
Novembre	8.241.986	9.672.007	24,89	37,03	0,97	1,18
Dicembre	7.026.159	8.379.231	21,85	26,63	0,85	1,04
TOTALE	84.421.349	87.258.661	19,87	28,75	0,85	0,86

Fonte: *UNFIEL.*

d'energia essi sono quindi da paragonare a centrali idrauliche a deflusso costante. Forse l'errore che ha portato all'insuccesso fu l'aver creduto che questi impianti debbano essere principalmente centrali elettriche, laddove invece dovrebbero essere prima di tutto stabilimenti chimici: il gas che producono andrebbe considerato come un «caput mortuum» dell'industria chimica, e forse esso sarebbe stato meglio impiegato per alimentare altre industrie a fuoco continuo, anzichè centrali, dopo aver ricavato dal combustibile la massima quantità di sostanze utili all'industria chimica. Ma il miraggio del sussidio governativo ha illuso molti e scatenato la cupidigia degli speculatori, ma non ha fatto che dar vita ad impianti sbagliati nella loro concezione fondamentale.

Una recente Legge ha concesso facilitazioni e reso possibile un finanziamento alla Società concessionaria dei giacimenti di rocce asfaltiche di Ragusa e di Vizzini, al fine di permetterle di costruire impianti atti a render possibile l'estrazione in grande di oli minerali dalle rocce stesse. È un gran passo fatto sulla via dell'utilizzazione delle nostre risorse nazionali. Sebbene non sia ancor possibile fare pronostici, il buon successo che tutti auguriamo a tale impresa potrà ridurre ancora sensibilmente la quantità di combustibile che l'industria elettrica deve ancora importare dall'estero.

La Tabella XXX indica quali furono i quantitativi di combustibili estratti nel triennio 1927-'29 in Italia, quelli dei sottoprodotti della distillazione, in gran parte provenienti dall'industria del gas, e la quantità di rocce asfaltiche e bituminose fornite principalissimamente dalle cave abruzzesi e siciliane. Essa non fa che confermare la modesta importanza della nostra produzione nonostante la migliore buona volontà. Senza paragonarla con quella delle nazioni maggiori produttrici (Stati Uniti, Inghilterra, Germania, Belgio), si consideri che la Francia nel 1930 produsse 53 milioni di tonn. di carbone, la Polonia 37 milioni e la Cecoslovacchia 14 milioni, mentre noi raggiungiamo malamente il milione, in gran parte di combustibili assai poveri.

La produzione complessiva.

Nel 1930 la produzione idraulica censita dalla UNFIEL fu di 9.721.464 migliaia di kWh, la termica di 303.475 migliaia di kWh, l'importata di 164.069 migliaia di kWh. In totale 10.189.008 migliaia di kWh con un incremento del 2,65% sulla produzione censita nel 1929. La indagine della UNFIEL essendo estesa a circa il 93% della produzione totale, si può calcolare che la produzione reale sia stata di *undici miliardi* di kWh.

TABELLA XXX.

ESTRAZIONE DI COMBUSTIBILI FOSSILI IN ITALIA NEL TRIENNIO 1927-'29 (in tonnellate)

QUALITÀ DI COMBUSTIBILE	1927	1928	1929
Combustibili :			
Antracite	16.839	10.487	14.000
Carboni dell'Istria	147.250	113.082	194.955
Lignite picea.........	140.009	121.118	124.240
Lignite xiloide	772.449	575.915	616.000
Litantrace	4.439	4.363	6.685
Scisti bituminosi	12.090	7.388	8.145
Torba	28.960	6.308	4.750
Benzina	16.160	14.238	20.696
Sottoprodotti :			
Benzolo	1.832	3.994	?
Coke metallurgico	578.485	636.399	?
Carbone di lignite	1.210	1.023	?
Catrame	18.458	21.801	?
Roccie asfaltiche e bituminose (1)	356.154	242.300	275.000

Fonte: *Servizio Minerario.*

(1) Nel 1927 se ne ricavarono 3500 tonn. di olio minerale.

TABELLA XXXI.

DESTINAZIONE DELLA PRODUZIONE DELLE ANNATE 1929-1930 (in %)

	REGIONI	Alla vendita 1929	Alla vendita 1930	Ad uso proprio del produttore 1929	Ad uso proprio del produttore 1930	Ad uso promiscuo 1929	Ad uso promiscuo 1930
Termica	Italia sett.	58,0	32,7	33,5	61,4	8,5	5,9
Termica	Italia Centr. ..	24,2	6,8	30,2	39,8	45,8	53,4
Termica	Italia Merid. ..	63,7	53,8	36,3	46,2	—	—
Termica	Italia Insul. ...	97,5	98,1	1,3	1,0	1,2	0,9
	TOTALE	52,8	40,5	28,9	38,7	18,3	20,8
Idraulica	Italia Sett.	86,7	85,6	7,0	7,5	6,3	6,9
Idraulica	Italia Centr. ..	55,3	55,6	2,1	2,0	42,6	42,4
Idraulica	Italia Merid. ..	90,9	91,2	9,1	8,8	—	—
Idraulica	Italia Insul. ...	100,0	100,0	—	—	—	—
	TOTALE ..	82,5	81,6	6,3	6,6	11,2	11,8
Compless.	Italia Sett.	85,8	84,8	7,8	8,3	6,4	6,9
Compless.	Italia Centr. ..	52,8	52,6	3,4	4,1	43,8	43,3
Compless.	Italia Merid. ..	89,9	90,1	10,1	9,9	—	—
Compless.	Italia Insul. ...	99,5	99,5	0,3	0,3	0,2	0,2
	TOTALE ..	81,2	80,6	7,3	7,3	11,5	12,1

Fonte: *UNFIEL.*

La Tabella XXVII fornisce dettagli sulla produzione di 391 Imprese, Aziende ed Enti censiti nel gennaio 1931.

Di questa produzione l'80,6 % va assegnato alle Centrali destinate alla vendita dell'energia su reti di distribuzione, il 7,3 % alle Centrali che alimentano direttamente varie industrie, e infine il 12,1% fu prodotto da Centrali ad uso misto, per la vendita a terzi e per uso di industrie appartenenti allo stesso produttore.

Nella seconda categoria vi è anche la produzione propria delle Ferrovie dello Stato.

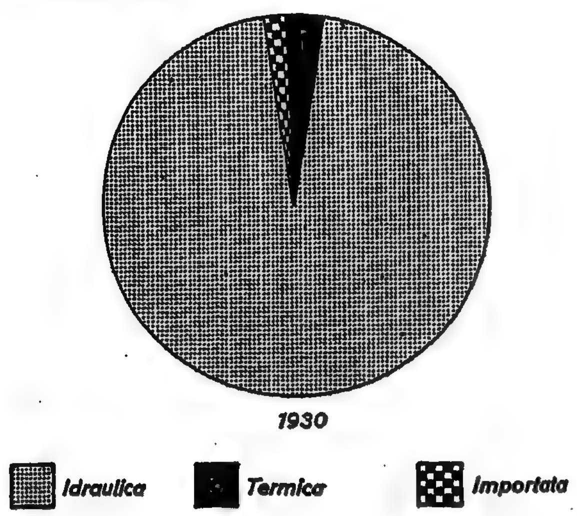


Diagramma IV. - Suddivisione della produzione di energia elettrica nel 1930 secondo la sua origine.

Non si può commettere un grande errore stimando nell'85 % l'energia prodotta per esser venduta, e nel 15 % quella impiegata direttamente. Per tal modo la produzione dell'industria elettrica sarebbe stata di circa 9 miliardi e un terzo, quella diretta industriale di circa un miliardo e due terzi di kWh. La produzione diretta delle Ferrovie è pressochè trascurabile (146 milioni).

La Tabella XXXI dà, in %, la suddivisione delle varie produzioni a seconda della loro destinazione (vendita, uso proprio, uso promiscuo).

Le Tabelle XXXII e XXXIII danno il *probabile* ammontare della produzione di energia elettrica dal 1926 al 1930 suddivisa rispettivamente secondo le regioni e secondo la fonte di energia utilizzata.

Il diagramma IV rappresenta la produzione complessiva dal 1930 suddivisa secondo la sua origine.

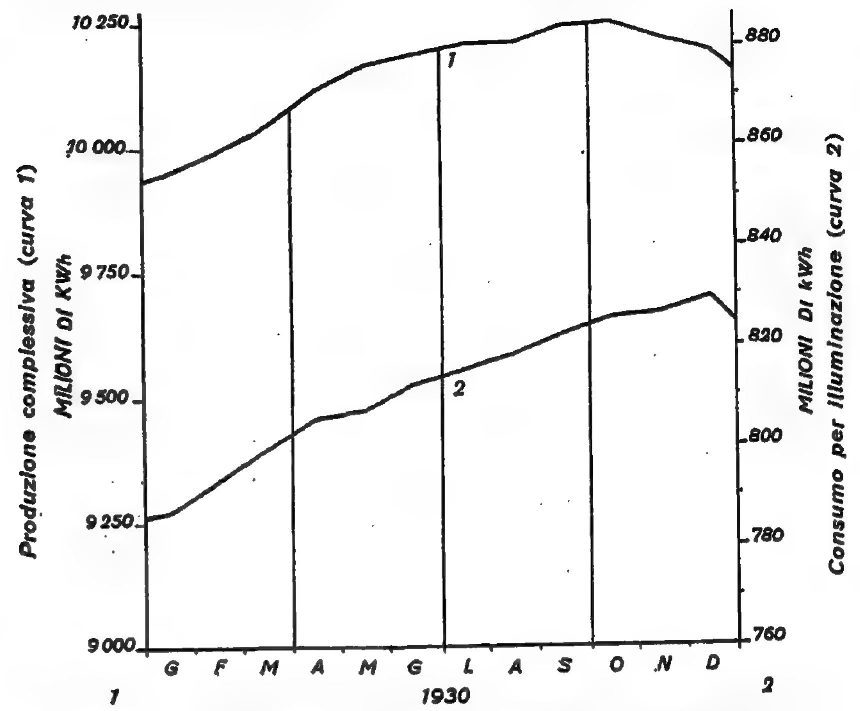


Diagramma V. - Andamento della produzione complessiva e dell'energia consumata per illuminazione nel ciclo di 12 mesi.

Il diagramma N. V dà l'andamento della produzione complessiva e dell'energia consumata per illuminazione nel ciclo di dodici mesi. Ogni ordinata mensile vi rappresenta la somma dell'energia prodotta (o consumata) nell'anno che ha termine alla fine di quel mese. Tale diagramma rappresenta assai meglio che il semplice diagramma mensile l'andamento della produzione e del consumo, in quanto elimina tutti gli errori provenienti dalla diversa durata e dal diverso carattere climatico ed economico dei diversi mesi, riducendo anche l'importanza delle variazioni accidentali.

Il diagramma N. VI dà l'andamento del carico medio mensile, ottenuto dividendo la produzione mensile per le *ore virtuali* del mese. Queste sono date dalla somma delle ore totali dei giorni lavorativi e di quelle dei giorni festivi ridotte a 13 nei mesi estivi e 14 nei mesi invernali. Il diagramma risultante presenta un carattere assai più regolare che quello della semplice produzione,

TABELLA XXXII.

PRODUZIONE TOTALE PRESUMIBILE DELL'ENERGIA DIVISA PER REGIONI
(in milioni di kWh)

REGIONI	1926	1927	1928	1929	1930
Italia Settentrionale	6.340	6.470	7.200	7.700	7.820
» Centrale	1.460	1.530	1.620	1.747	1.800
» Meridionale	820	850	940	1.045	1.060
» Insulare	180	200	240	311	320
TOTALI	8.800	9.050	10.000	10.800	11.000

Fonte: *UNFIEL.*

TABELLA XXXIII.

PRODUZIONE TOTALE PRESUMIBILE DELL'ENERGIA SUDDIVISA SECONDO IL GENERE DI PRODUZIONE
(in milioni di kWh)

GENERE DI PRODUZIONE	1926	1927	1928	1929	1930
Idrica	8.314	8.566	9.461	10.047	10.450
Termica	260	289	310	510	386
Importata	226	195	229	243	164
TOTALE	8.800	9.050	10.000	10.800	11.000

Fonte: *UNFIEL.*

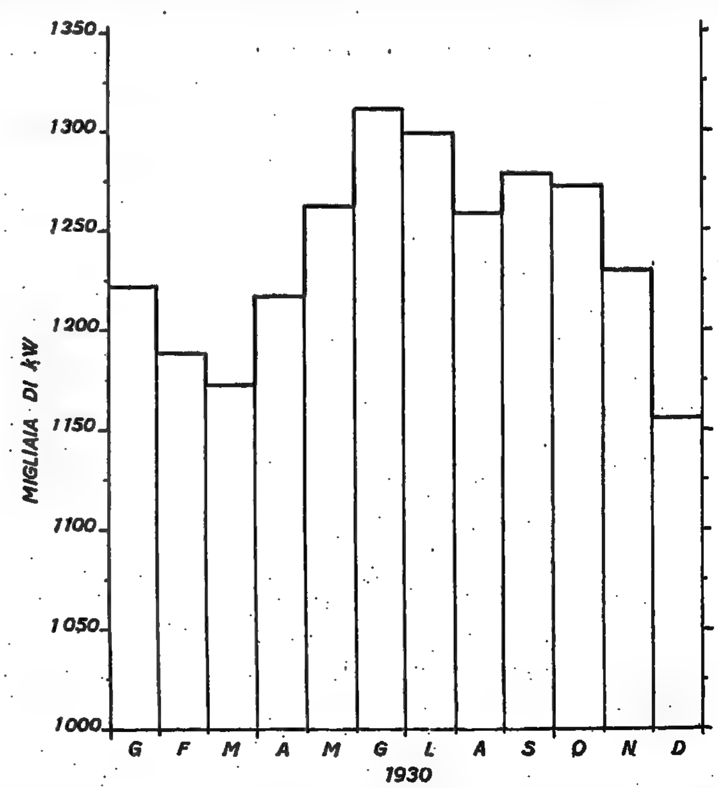


Diagramma VI. - Andamento del carico medio mensile nell'anno 1930.

perchè oltre che dal diverso numero di giorni dei vari mesi tiene anche conto del diverso numero di feste.

Riferendosi a tale diagramma, si osserva che il massimo, nell'anno 1930 fu raggiunto nel giugno, con un carico medio di 1.311.000 kW, e che il minimo si verificò in dicembre con 1.156.000 kW. Una prima fase discendente si ebbe dal gennaio al marzo, dall'aprile al giugno si tornò a salire, discendendo irregolarmente fino al dicembre. L'agosto presentò una diminuzione forse perchè la sospensione del lavoro in occasione del Ferragosto fu adottata da un insolito numero di stabilimenti, e fu in generale di maggior durata. Settembre ed ottobre rappresentarono una momentanea stasi, poi la discesa riprese, presentando un gradiente massimo nel dicembre.

VI. – La trasmissione dell'energia.

Linee esistenti in Italia.

In questi ultimi anni si è sensibilmente accresciuto lo sviluppo di linee ad alta e media tensione: particolarmente interessante è l'incremento delle linee a tensione superiore ai 100 mila Volts.

La Tabella XXXIV, a pag. 566-567, espone i dati relativi alle linee più importanti e di più recente costruzione.

Quanto alle linee a tensioni inferiori, si hanno notizie abbastanza precise da 20.000 Volts in sù: sotto i 20.000 Volts, e particolarmente sotto i 10.000, le cifre che si possiedono sono certamente incomplete. Appartengono a questa classe numerosi tronchi di vecchie linee adibite al servizio di piccole centrali isolate, che gradualmente vanno scomparendo. Di conseguenza mentre le tre prime cifre della Tabella XXXV sono attendibili, la quarta va intesa come largamente approssimativa.

Tabella XXXV.

LINEE ELETTRICHE IN ITALIA ALLA FINE DEL 1930
km DI PALIFICAZIONI

Linee con tensioni superiori a 120.000 V	5.290
» » » da 50.000 a 90.000 V	10.710
» » » » 20.000 a 49.000 V	17.960
» » » inferiori a 20.000 V	50.000
Totale linee ad alta tensione km	83.960

Fonte: *UNFIEL.*

VII. – L'impiego dell'energia.

Applicazioni dell'energia.

Abbiamo visto come l'energia prodotta vada attribuita per circa l'85 % alla vendita e pel 15 % alla produzione per uso proprio: e poichè la grande industria assorbe circa il 30 % del totale e la produzione in proprio è da attribuirsi quasi totalmente a quest'ultima, mentre la trazione ferroviaria e tramviaria assorbe il 10 %, si può ritenere che circa il 60 % della produzione vada impiegata nelle applicazioni domestiche, nell'illuminazione pubblica, nelle minori applicazioni di forza motrice e nelle applicazioni agricole. Una divisione *molto sommaria*, e da intendersi come di grande massima, può essere quella indicata in Tabella XXXVI.

Tabella XXXVI.

SUDDIVISIONE PROBABILE DEL CONSUMO NELL'ANNO 1930.

Genere di consumo	Milioni kWh	% del consumo	% del prodotto
Illuminazione ad uso di abitazioni, uffici, negozi	650	7,92	5,90
Illuminazione di stabilimenti, teatri, cinematografi	150	1,83	1,36
Illuminazione pubblica	150	1,83	1,36
Forza motrice a piccole e medie industrie..................	2.060	25,10	18,70
Grande industria che acquista energia	1.630	19,90	14,80
Industrie varie che producono energia per proprio conto ..	1.280	15,62	11,62
Impieghi diversi stagionali o di supero....................	1.350	16,44	12,61
Applicazioni agricole	110	1,46	1,02
Trazione ferroviaria e tramviaria	820	9,90	7,33
Totale consumo	8.200	100,—	74,70
Impiego diretto delle Centrali e Sottostazioni elettriche pei loro servizi	60	—	0,50
Perdite	2.740	—	24,80
Totale prodotto	11.000	—	100,—

Tabella XXXVII.

DIVISIONE DEL CONSUMO IN BASE AI DATI DELLA R. FINANZA

GENERE DI CONSUMO	Esercizio finanziario 1928÷1929	Esercizio finanziario 1929÷1930	Anno solare 1928	Anno solare 1929	Anno solare 1930
Consumo luce:					
a contatore in kWh	714.538.411	751.961.875	695.769.235	720.361.343	765.752.576
a forfait in kWh	64.635.065	61.914.636	65.285.148	64.972.657	63.773.242
Complessivo in kWh	779.173.476	813.876.511	761.054.383	785.334.000	829.525.818
Consumo non soggetto a tassa in kWh ...	7.798.052.684	9.672.165.976	—	—	—
Consumo Totale in kWh	8.577.226.160	10.486.042.487	—	—	—

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

ELENCO DELLE LINEE ELETTRICHE CON TENSIONE SUPERIORE AI 120.000 V

TABELLA XXXIV.

DITTA PROPRIETARIA	Località di origine e di arrivo	Data d'inizio di funz.	Tensione in Volt	Frequenza	Lunghez. km palific.	Tipo isolatori	Numero terne	Metallo conduttore	Sezione dei conduttori mmq.	Filo di guardia	Osservazioni
Soc. Idroelettrica Piemonte	Maën-Covalou	1926	135.000	50	11,3	a catena	1	rame	134	si	
» » »	Covalou-Torino	1926	135.000	50	88,9	a catena	2	rame	109	si	
» » »	Isollaz-Verrès	1928	135.000	50	4	a catena	1	rame	109	si	
» » »	Mirafiore-Isorella	1930	75.000 att. 135.000 def.	50	49	a catena	2	rame	70,5	si	
» » »	Cardano-Cislago	1929	220.000	42/50	243	a catena	1	alluminio alluminio	acc. 365 lega 380	si	2 terne da Cardano a Lavis 1 terna da Lavis a Cislago
» » »	Lavis-Vellai (Feltre)	1930	220.000	42/50	71	a catena	2	Aldrey	200	si	
Soc. Idroel. Piemontese-Lombarda E. Breda	Ponte Tresa-Veveri	—	70.000 att. 120.000 def.	50	60.7	a catena	1	rame	95	si	
« Cieli » Compagnia Imprese Elettriche Liguri	S. Dalmazzo-Cairo Montenotte	1929	75.000 att. 120.000 def.	50	72	a catena	2	rame	116÷84	no	
« Cieli »	Cairo Montenotte-Morigallo	1930	75.000 att. 130.000 def.	50/16	5[illegible]	a catena	2	rame	86	si	
« Cieli »	Salsominore-Sott-Morigallo-Bolzaneto (Genova)	1930	65.000 att. 130.000 def.	50	72	a catena	2	rame	50	si	
« Edison », Soc. Gen. Italiana	Cadarese Pallanzeno	1928	130.000	42	30	a catena	2	rame	134	si	
Edison di Elettricità	Rovesca Pallanzeno	1926	130.000	42	12	a catena	1	rame	107	si	
» » »	Pallanzeno-Arquata	1926	130.000	42	170,5	a catena	1	rame	107	si	
» » »	Arquata-Genova	1929	130.000	42	34	a catena	2	rame	107	si	
» » »	Pallanzeno-Magenta	1928	130.000	42	90	a catena	2	rame	134	si	
» » »	Magenta-Mortara	1928	130.000	42	26,5	a catena	1	rame	107	si	
» » »	Magenta-Baggio	1929	130.000	42	15	a catena	1	rame	107	si	
» » »	Pallanzeno-Baggio	1926	130.000	42	102	a catena	1	rame	107	si	
» » »	Baggio-Vigentina-Brugherio	1926	130.000	42	36	a catena	1	rame	107	si	
» » »	Ceretto-Mortara	1930	130.000	42	3,7	a catena	1	rame	107	si	
» » »	Bovisio - Palo tripartitore Paderno D.-Musocco-Baggio	1929	130.000	42	21,9	a catena	2	rame	107	si	
» » »	Palo tripartitore Paderno Dugn. Brugherio	1929	140.000	42	9,2	a catena	1	rame	107	si	
Soc. Elettrica Interregionale Cisalpina	S. Bernardo-Mese	1928	140.000	42/50	6	a catena	1	rame	129	si	
Id.	Mese-Breccia (Como)	1927	140.000	42/50	146	a catena	4	rame	129÷109	si	2 palificazioni
Id.	Breccia-Arquata Scrivia	1927	140.000	50	127	a catena	1	rame	109	si	
Id.	Breccia-Brugherio	1927	140.000	42	35	a catena	2	rame	109	si	
Id.	Brugherio-Reggio-Bologna (1)	1923	140.000	42	210	a catena	1	rame	109÷93	si	
Soc. Lombarda per Distribuz. di Energia Elettrica	Piattamala-Sondrio	1927	135.000	50	25	a catena	2	rame	120	si	
Id.	Mallero-Sondrio	1927	135.000	50	1,6	a catena	1	rame	120	si	
Id.	Sondrio-Barzio	1927	135.000	50	71	a catena	1	rame	120	si	
Id.	Barzio-Carona	1926	135.000	50	34.4	a catena	1	rame	120-134-152	si	
Id.	Barzio-Cislago	1927	135.000	50	105	a catena	4	rame	105÷120	si	2 palificazioni
Az. Elettr. Municipale - Milano	Fraele-Stazzona Nord Milano	1928	135.000	42	182	a catena	1	rame	120÷200	si	

Id.	*Sonico-Cedegolo-Gorlago*	1928	125.000	42	80.8	a catena	1	rame	103	no
Id.	Gorlago-S. Polo-Ligonchio	1928	125.000	42	167.6	a catena	1	rame	103	no
Ente Aut. Adige-Garda	Marco derivazione Verona-Modena-Bologna	1929	135.000	42	230	a catena	2	rame		
Soc. Gen. El. Tridentina	Foresta-Mezzocorona-Boretto-S. Polo d'Enza	1925	130.000	42	253	a catena	2	rame	103	no
Id.	Boretto-Reggio Emilia	1929	120.000	42	23.3	a catena	1	rame	103	no
Id.	Cogolo-Mezzocorona	1929	120.000	42	54.5	a catena	2	acciaio alluminio	210 { 171 all. 39 acc.	si
Id.	Pozzolago-Mezzocorona	1925	120.000	42	10	a catena	1	rame	80	no
Industriale Trentina di Elettr.	Dro-Bussolengo	1923	70.000 att. 120.000 def.	42	70	a catena	1	rame	100	si
Soc. Idroelettrica Cismon	S. Silvestro-Moline	1930	125.000	50/42	8,4	a catena	1	Aldrey	160	si
Id.	Moline di Sovramonte-Marghera	1929	125.000	50/42	81,3	a catena	1	alluminio	198	si
Forze Idrauliche del Veneto	Fadalto-Dolo	1924	135.000	42	77	a catena	1	rame	100	no
« Sade » Soc. Adriatica di Elettr.	Padova-Lonigo	1927	135.000	42	39,4	a catena	1	rame	80	no
Soc. Interprovinciale	Bussolengo-Sorio (Verona)	1922	65.000 att. 135.000 def.	42	18,6	a catena	1	rame	100	si
Soc. Venezia Giulia	Caneva di Sacile-Opicina	1926	135.000	42	113.5	a catena	1	rame	80	in parte
Soc. Forze Idrauliche del Veneto	Nove-Caneva	1929	135.000	42	13.5	a catena	1	rame	100	si
» » » » »	Caneva-Marghera	1929	135.000	42	61,87	a catena	1	rame	100	no
« Sade » Soc. Adriatica di Elettr.	Marghera-Rana-Paluello di Dolo	1930	135.000	43	13,3	a catena	1	Aldrey	200	no
Id.	Dolo-Portomaggiore	1927	135.000	42	85	a catena	1	rame	100	no
Id.	Vellai-Maser	1930	135.000	42	26,3	a catena	2	rame	103	si
Id.	Maser-Rana	1930	135.000	42	43,5	a catena	2	Aldrey	200	no
Id.	Rana-Porto Marghera	1930	135.000	42	1,1	a catena	2	rame	103	no
Soc. Elettrica del Valdarno	Ligonchio-Prato-Tavarnuzze	1928	120.000	50	108	a catena	1	rame	100÷128	in parte
Id.	Tavarnuzze-Chiusi	1925	120.000	50	100	a catena	1	rame	115	si
Id.	Tavarnuzze Sez. Castelfranco	1926	120.000	50	41,1	a catena	1	rame	97.2	no
Soc. Ligure Toscana di Elettr.	Sez. Castelfranco-Livorno	1927	120.000	50	41.1	a catena	1	rame	130	no
Soc. Emiliana di Eserc. Elettrici	Farneta-Foce Giovo	1927	60.000 att. 130.000 def.	50	28	a catena	1	rame	131.8	si
Soc. Ligure Toscana di Elettr.	Foce Giovo-Desertoli	1927	60.000 att. 120.000 def.	50	13.7	a catena	1	rame	115	no
Terni	Preci-Papigno	1928	120.000	50	50	a catena	1	rame	115	no
»	Papigno-Chiusi	1925	120.000	50	80	a catena	1	rame	115	no
»	Papigno-Camerino	1925	120.000	50	78	a catena	1	rame	198	no
»	Centrale Galleto-III salto Pescara	1930	155.000	45	130	a catena	1	allumin-acciaio		
Soc. Meridionale di Elettricità	Sila-Corigliano-Nuova Siri-Palagiano-Bari	1927	150.000	45	256.8	a catena	1	allum. - acciaio per i primi 65 km; rame il rimanente	171 all. 120÷130	si
Soc. Meridionale	III Salto Pescara-Frattamaggiore	1930	150.000	45	187	a catena	1	rame	150	si
Id.	II Ampollino (Sila)-Cent. Tusciano	1931	150.000	45	245	a catena	1	allum.-acciaio	≡150 rame	si
	Totale linee superiori ai 120 kV				5290,6					

(1) È stata la prima costruita in Italia ad altissima tensione.

Fonte: *UNFIEL*

APPLICAZIO

REGIONE	Impianti di sollevamento di acqua per irrigazione									
	N. Soc.	Numero impianti nel		Energia in kWh erogata nel		Superficie in ha irrigata nel		N. Soc.	Numero impiant nel	
		1929	1930	1929	1930	1929	1930		1929	1930
Piemonte	7	1 856 (6)	2 158 (7)	6 496 200 (6)	7 080 723 (7)	23 190 (6)	16 100 (6)	—	—	—
Lombardia	13	632 (9)	902 (13)	6 308 910 (9)	4 926 989 (11)	21 993 (8)	22 844 (7)	2	11 (2)	13 (
Veneto	12	431 (8)	498 (12)	3 412 378 (5)	2 477 585 (11)	63 593 (6)	8 334 (6)	10	144 (5)	179(
Emilia................	5	883 (4)	1 353 (5)	7 902 000 (5)	5 316 820 (5)	9 844 (3)	10 063 (4)	3	7 (2)	10 (
Liguria	7	1 984 (5)	2 694 (7)	3 906 000 (5)	4 607 126 (7)	7 133 (4)	5 720 (5)	—	—	—
Toscana	5	1 524 (3)	1 789 (5)	1 918 000 (3)	1 122 371 (3)	4 920 (3)	3 353 (3)	4	23 (1)	21 (
Marche, Umbria, Lazio, Abruzzi, Molise	8	137 (3)	1 129 (8)	1 249 145 (3)	2 491 673 (7)	1 748 (3)	3 947 (7)	2	6 (1)	10(
Campania, Puglie, Basilicata, Calabria	12	1 631 (7)	2 379 (12)	1 769 666 (7)	2 588 196 (11)	3 671 (5)	5 249 (8)	3	5 (3)	6 (
Sardegna, Sicilia	3	2 298 (2)	2 827 (3)	4 345 000 (2)	4 710 557 (2)	15 968 (1)	6 773 (1)	2	—	13 (
	72	11 376 (46)	15 729 (72)	37 307 299 (44)	35 322 040 (64)	152 060 (39)	82 383 (47)	26	196 (14)	252 (

N.B. - Consumo totale di energia risultante dalla tabella (che tiene conto solo dei dati parziali ricevuti dalle Associate,

Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

In questa tabella non sono comprese le applicazioni fatte da Aziende Elettriche Municipalizzate, i cui dati non ci so

Fonte: *UNFIEL*.

APPLICAZION

(Da

REGIONE	Impianti di pompe per uso di fattoria			Impianti per trebbiatura e sgranatura			Impianti per trinciatura foraggi, per presse ed elevatori			Impia frantoi	
	Società N.	Impianti N.	Energia erogata kWh	Società N.	Impianti N.	Energia erogata kWh	Società N.	Impianti N.	Energia erogata kWh	Società N.	Impian N.
Piemonte	7	592	85 260 (6)	8	759	2.747 835	4	82	43 700 (3)	—	—
Lombardia..................	7	1 555	1 034 606	10	409	729 358	4	143	14 324	4	74
Veneto	3	71	36 736	10	152	404 413	5	552	138 453	4	10
Emilia	3	550	129 272 (2)	2	201	276 600	2	101	10 500	2	19
Liguria	3	62	54 961	1	2	2 235	3	125	42 321	3	87
Toscana	1	250	5 000	1	11	50 000	3	1 136	54 500	3	82
Marche, Umbria, Lazio, Abruzzi, Molise	5	161	159 338	6	62	148 546	7	179	75 690	8	74
Campania, Puglie, Basilicata, Calabria	—	—	—	6	23	68 368	—	—	—	11	83
Sardegna, Sicilia	1	193	8 070	2	9	36 525	1	1	2 600	2	13
	30	3 434	1 513 243 (28)	46	1.628	4 463 880 (46)	29	2 319	382 088 (28)	37	2 82

N.B - Consumo totale di energia nel 1930 risultante dalla tabella (che tiene conto solo dei dati parziali ricevuti dalle Associ

Fra parentesi è indicato il numero di Società che hanno fornito dati.

In questa tabella non sono comprese le applicazioni fatte da Aziende Elettriche Municipalizzate i cui dati non ci

Fonte: *UNFIEL*.

LETTROAGRICOLE

TABELLA XXXVIII.

mpianti di bonifica				Impianti di aratura						
Energia in kWh erogata nel		Superficie in ha bonificata nel		N. Soc.	Numero impianti nel		Energia in kWh erogata nel		Superficie in ha arata nel	
1929	1930	1929	1930		1929	1930	1929	1930	1929	1930
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
821 000 (2)	718 000 (2)	61 995 (4)	13 080 (2)	1	1 (1)	1 (1)	—	—	—	—
3 324 400 (5)	14 937 176 (9)	306 439 (6)	469 109 (7)	4	29 (1)	20 (4)	—	980 834 (4)	4 055 (1)	1 060 (3)
2 647 500 (2)	1 096 607 (3)	116 550 (2)	166 428 (3)	1	10 (1)	4 (1)	18 500 (1)	313 000 (1)	2 100 (1)	1 400 (1)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 150 000 (1)	418 907 (2)	16 700 (1)	2 481 (1)	3	6 (2)	5 (3)	—	3 448 (3)	—	72 (1)
1 500 000 (1)	4 383 745 (3)	6 000 (1)	15 000 (2)	2	2 (2)	4 (2)	25 600 (2)	17 000 (1)	—	75 (1)
2 095 000 (3)	1 586 880 (3)	19 350 (1)	40 000 (3)	1	8 (1)	8 (1)	90 000 (1)	105 000 (1)	700 (1)	1 000 (1)
—	249 014 (2)	—	1 850 (2)	1	—	6 (1)	—	56 000 (1)	—	400 (1)
1 537 900 (14)	23 390 329 (23)	527 034 (14)	707 948 (20)	13	56 (6)	48 (13)	134 100 (4)	1 475 282 (11)	6 855 (3)	4 007 (8)

nel 1929 kWh 58 979 409
» 1930 » 60 187 651

ncora pervenuti.

LETTROAGRICOLE

l 1930)

TABELLA XXXIX.

molitura; ve e panelli, ecc.	Impianti per la lavorazione del latte			Frigoriferi per uso domestico e per conservazione latte, vino ecc.			Applicaz. termiche varie (serre, incubatrici, caldaie per mangimi essicatoi, scalda-acqua)			Fattorie elettrificate		
Energia erogata kWh	Società N.	Impianti N.	Energia erogata kWh	Società N.	Impianti N.	Energia erogata kWh	Società N.	Impianti N.	Energia erogata kWh	Società N.	Impianti N.	Energia erogata kWh
—	6	259	448 450 (5)	1	78	519 000	3	112	1 114 898 (2)	9	1 276	801 733 (8)
43 089 (3)	6	325	533 263	5	46	47 629	4	126	166 531	10	4 026	1 829 173 (6)
544 970	8	209	281 046	2	15	43 000	1	18	25 000	8	193	1 471 233 (6)
8 896 (1)	2	551	1 350 500	1	30	28 000	1	15	4 000	4	2 472	950 611
92 283	2	5	22 587	2	45	20 000	2	4	8 673	4	785	58 668 (2)
50 263 (2)	—	—	—	2	5	10 200	—	—	—	5	9 997	2 624 818 (2)
976 662	6	16	37 986	2	12	4 860	3	5	11 254	8	4 927	413 568 (6)
495 001 (10)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	1 698	187 936
108 764	2	5	13 197	1	2	3 540	—	—	—	2	3 014	1 517 319 (1)
319 928 (33)	32	1 370	2 687 029 (21)	16	233	676 229 (16)	14	280	1 330 356 (13)	60	28 388	9 855 059 (46)

24 227 812

pervenuti.

TABELLA XL.

STATISTICA DELLE FRAZIONI SERVITE DA DISTRIBUZIONI D'ENERGIA ELETTRICA

N.°	PROVINCIA	Numero delle frazioni		Popolazione		
		Totali	Servite	Totale	Servita	%
1	Alessandria	990	739	781.750	700.082	89,55
2	Aosta	540	359	226.887	207.696	91,54
3	Cuneo	961	549	623.598	504.025	80,82
4	Novara	588	501	384.408	376.441	97,93
5	Torino	860	616	1.026.560	970.894	94,58
6	Vercelli	656	598	340.846	332.887	97,66
7	Bergamo	742	637	555.686	538.654	96,93
8	Brescia	680	609	652.227	637.262	97,70
9	Como	778	604	456.930	442.023	96,74
10	Cremona	366	319	357.555	350.218	97,95
11	Mantova	304	254	376.901	352.428	93,51
12	Milano	1.022	795	1.734.151	1.704.005	98,26
13	Pavia	911	688	475.529	449.060	94,43
14	Sondrio	253	229	131.184	128.175	97,71
15	Varese	324	308	346.096	345.777	99,91
16	Genova	386	310	769.689	755.559	98,16
17	Imperia	187	141	150.835	138.059	91,53
18	Savona	324	260	205.465	174.476	84,92
19	Spezia	177	171	209.482	206.649	98,65
20	Bolzano	442	340	235.487	209.227	88,85
21	Trento	653	593	405.125	394.015	97,26
22	Belluno	521	456	234.583	221.007	94,21
23	Padova	328	280	587.943	534.469	90,90
24	Rovigo	201	124	287.248	232.215	80,84
25	Treviso	358	336	545.457	531.118	97,37
26	Udine	825	730	755.732	701.930	92,88
27	Venezia	219	149	519.208	471.469	90,80
28	Verona	408	357	523.390	501.697	95,85
29	Vicenza	490	389	543.439	511.055	94,04
30	Fiume	110	27	96.511	64.181	66,50
31	Gorizia	395	110	200.707	117.260	58,42
32	Pola	234	51	301.692	173.821	57,61
33	Trieste	218	51	325.940	296.826	91,07
34	Zara	13	4	18.623	15.322	72,27
35	Bologna	327	219	630.699	543.041	86,10
36	Ferrara	169	140	340.873	307.542	90,22
37	Forlì	329	153	391.026	274.583	70,22
38	Modena	293	197	412.628	348.135	84,37
39	Parma	447	353	361.227	327.974	90,79
40	Piacenza	298	202	285.852	247.468	86,57
41	Ravenna	120	79	257.604	203.835	79,13
42	Reggio Emilia	292	234	347.095	317.546	91,49
	TOTALE ITALIA SETTENTRION.	18.739	14.261	18.413.868	16.860.106	91,56
43	Arezzo	310	197	291.995	240.776	82.46
44	Firenze	461	339	794.081	744.799	93,79
45	Grosseto	99	92	164.990	159.005	96,37
46	Livorno	51	43	225.518	218.149	96,73
47	Lucca	386	346	324.493	311.326	95,94
48	Massa Carrara	196	183	178.510	174.519	97,76
49	Pisa	218	189	326.937	309.327	94,61
50	Pistoia	153	147	205.401	199.233	97,—
51	Siena	201	160	247.842	232.935	93,98
52	Ancona	220	208	334.654	294.595	88,03
53	Ascoli Piceno	341	203	265.164	221.986	83,72
54	Macerata	383	285	267.766	224.128	83,70
55	Pesaro Urbino	326	217	280.723	232.141	82,69
56	Perugia	638	416	480.612	408.543	85,—
57	Terni	165	135	162.292	145.821	89,85
58	Frosinone	273	141	390.420	318.426	81,56
59	Rieti	379	254	161.776	126.964	78,48
60	Roma	170	160	1.190.119	1.176.053	98,82
61	Viterbo	94	85	214.593	208.273	97,05
62	Aquila d'Abruzzi	294	226	325.573	307.992	94,60
63	Campobasso	234	172	355.262	333.637	93,91
64	Chieti	304	219	333.488	298.732	89,58
65	Pescara	127	93	167.074	150.882	90,31
66	Teramo	297	126	205.810	151.802	73,76
	TOTALE ITALIA CENTRALE	6.320	4.636	7.895.093	7.190.044	91,07
67	Avellino	243	174	385.685	335.763	87,05
68	Benevento	157	98	299.665	258.816	86,37
69	Napoli	424	320	1.971.147	1.921.157	97,46
70	Salerno	402	290	580.234	515.884	88,91
71	Bari	59	57	923.476	922.116	99,85
72	Brindisi	29	25	216.544	215.789	99,65
73	Foggia	71	63	476.212	469.015	98,49
74	Lecce	139	79	423.134	333.932	78,92
75	Taranto	33	32	274.907	274.786	99,95
76	Matera	36	33	139.463	136.486	97,86
77	Potenza	176	96	329.094	305.179	92,73
78	Catanzaro	281	149	514.123	400.264	77,85
79	Cosenza	254	176	495.884	414.874	83,66
80	Reggio Calabria	216	89	502.311	362.026	72,07
	TOTALE ITALIA MERIDIONALE	2.520	1.681	7.531.879	6.866.087	91,16
81	Agrigento	50	38	411.281	378.637	92,06
82	Caltanisetta	35	18	247.388	228.791	92,48
83	Catania	111	85	754.409	713.671	94,60
84	Enna	21	15	260.143	205.197	78,88
85	Messina	246	101	582.064	436.911	75,06
86	Palermo	132	95	860.303	796.047	92,53
87	Ragusa	17	7	252.546	208,179	82,43
88	Siracusa	27	21	284.068	272.717	96,—
89	Trapani	53	26	409.247	340.586	83,22
90	Cagliari	219	107	415.683	303.023	72,90
91	Nuoro	130	41	191.582	116.346	60,73
92	Sassari	96	59	256.909	228.039	88,76
	TOTALE ITALIA INSULARE	1.137	613	4.925.623	4.228 144	85,84
	TOTALE ITALIA	28.716	21.191	38.766.463 (1)	35.144.381	90,65

Fonte: *UNFIEL.*

(1) Popolazione presente al 1° dicembre 1921 e riferita, per quei Comuni che hanno subito variazioni nelle loro circoscrizioni territoriali, alle nuove circoscrizioni. (Dizionario dei Comuni del Regno a cura dell'Istituto Centrale di Statistica del Regno d'Italia Ed. 1930).

Da queste cifre approssimative si deducono alcune interessanti conclusioni.

L'illuminazione delle case, negozi ed uffici non raggiunge l'8 % del consumo totale. Valutando la *popolazione servita*, cioè quella che abita in centri o frazioni dove è disponibile l'energia, a 38,5 milioni (cifra riferita al nuovo censimento), se ne deduce che in Italia il consumo medio per queste applicazioni è di 16,9 kWh *per abitante servito* e di 15,9 kWh per *abitante assoluto*. Per *abitante servito* si intende quello che trovasi in condizioni di poter disporre di energia elettrica, anche se non se ne serve.

Altri dati interessanti sono quelli relativi al consumo industriale. Dell'energia totale venduta le piccole e medie industrie hanno consumato circa un quarto e le grandi industrie un quinto: mentre più di un settimo è rappresentato da produzione diretta. Quest'ultima va attribuita nella quasi totalità a grandi industrie manifatturiere o metallurgiche.

In complesso il consumo può così suddividersi:

Luce pubblica e privata	11,58 %
Consumo industriale	77,06 %
Consumo agricolo	1,46 %
Trazione	9,90 %
	100,00

La suddivisione del consumo quale risulta dai dati della R. Finanza è precisata nella Tabella XXXVII a pag. 565.

Un cenno particolare meritano le applicazioni agricole.

Si è ripetuto da qualche tempo, specialmente dalla stampa quotidiana, che il problema della diffusione dell'elettricità nelle campagne è di importanza vitale per la nostra agricoltura: e non sono mancate accuse alle Società elettriche perchè, secondo quanto qualcuno ha affermato, non facilitano tale diffusione.

Una inchiesta recente della UNFIEL ha posto in chiaro che l'accusa è assolutamente infondata. La situazione odierna delle utenze agricole in Italia è precisata nelle Tabelle XXXVIII e XXXIX a pag. 568-569.

Si noti che queste cifre sono parziali, mancando i dati di parecchie Imprese importanti e di tutte le piccole.

Un esame sommario ha permesso di accertare che in Alta Italia, in parte della Centrale e in qualche zona della Meridionale la grande maggioranza delle case coloniche, fattorie e cascine è allacciata alle reti di distribuzione almeno per uso di illuminazione: in parecchie zone prossime a centri importanti l'impiego dell'energia elettrica è integrale.

Ora, non si può rimproverare alle Imprese elettriche qualsiasi negligenza se hanno corrisposto alla richiesta d'allacciamento da parte degli agricoltori in modo così ampio. Se gli agricoltori non consumano energia per usi diversi dall'illuminazione vuol dire che non ne trovano la convenienza. Dalla UNFIEL ed anche da tecnici agricoli che con questa non hanno alcun rapporto è stato dimostrato che ciò non dipende dall'altezza dei costi dell'energia, ma dagli ingenti investimenti che quasi sempre occorrono per elettrificare e *meccanizzare* una tenuta od un podere. Il problema è pure ostacolato in molte regioni dove l'agricoltura è assai progredita dal frazionamento delle proprietà, che oltre a complicare il problema delle lavorazioni pesanti presenta un ostacolo rappresentato dalla mano d'opera a carattere familiare e da altri mutamenti che l'applicazione dell'energia elettrica in modo integrale porterebbe nei sistemi di coltivazione, sopratutto nei confronti del bestiame.

Quindi occorre non esagerare, e lasciare caso per caso la decisione al calcolo della convenienza.

Pur essendosi già diffuso in tutta Italia l'impiego agricolo dell'energia, è significativo che il suo consumo non abbia neppur raggiunto l'1,5% del totale. Il che vuol dire che la questione è di una importanza irrilevante per ciò che concerne la richiesta d'energia.

Diffusione dell'energia elettrica in Italia.

Finora non erano state fatte precise indagini sullo sviluppo dell'industria elettrica in Italia, dal 1883, anno nel quale fu iniziato a Milano il primo servizio di distribuzione d'energia d'Europa, fino al 1930. La UNFIEL ha di recente eseguito un censimento dei 7307 Comuni italiani, per averne dati esatti: ed è riuscita nell'intento di ottenere il 100% delle risposte; risultato ottenuto in parte anche con l'appoggio dei Prefetti e l'aiuto dei propri Fiduciari regionali.

I risultati di questo primo censimento integrale sono assai interessanti, tanto dal lato *storico* che da quello *statistico attuale*. I dati sono ancora in elaborazione e verranno completati mediante altre informazioni possedute o da raccogliersi dalla UNFIEL; essi formeranno l'oggetto a suo tempo di una pubblicazione speciale. Frattanto se ne sono prelevati i dati più importanti sulla diffusione dell'energia elettrica nel nostro Paese.

La statistica è stata provvisoriamente svolta prendendo come base le popolazioni del censimento 1921, secondo gli aggiornamenti più recenti dell'Istituto Centrale di Statistica. L'aver assunto provvisoriamente questi piuttosto che quelli del nuovo censimento non ha grande importanza, essendo l'elemento più importante costituito dalle *percentuali*, che possono variare di pochissimo. In un secondo tempo, quando saranno note le popolazioni risultanti dal censimento 1931 per i *Comuni* e per le *frazioni* essa sarà rifatta definitivamente. Nel frattempo i dati sono tenuti aggiornati in base a notizie sui nuovi centri che vengono man mano allacciati, che le Associate trasmettono mensilmente.

I *Comuni* considerati come aventi energia a disposizione sono tutti quelli ove almeno un centro abitato possiede una rete di distribuzione. Le *frazioni* elettrificate sono i centri o gli agglomerati nei quali è possibile avere una fornitura d'energia. Le *popolazioni servite* sono quelle che risiedono nelle frazioni anzidette, e cioè quella parte della popolazione del Regno che, *volendo*, può avere a sua disposizione energia elettrica: non è quindi da confondere con la *popolazione che si serve dell'energia*, questo dato essendo assai difficile da raccogliere specialmente in alcune regioni.

Lo spoglio delle schede ha dato i risultati provvisori raccolti nella Tabella XL: queste cifre ridotte a percentuali danno i risultati riportati nella Tabella XLI.

TABELLA XLI.

PERCENTUALI DEI COMUNI, DELLE FRAZIONI E DELLE POPOLAZIONI CHE HANNO DISPONIBILITÀ DI ENERGIA ELETTRICA (al 31 dicembre 1930).

REGIONI	% dei Comuni	% delle Frazioni	% degli abitanti
Italia Settentrionale	96,78	76,10	91,56
» Centrale	96,98	73,35	91,07
» Meridionale	81,18	66,70	91,16
» Insulare	66,93	53,91	85,84
TOTALE ITALIA	91,54	73,79	90,65

Fonte: *UNFIEL*.

Da queste notizie, raccolti per provincia, risultano alcuni fatti interessanti.

La più alta percentuale di popolazione avente a disposizione energia elettrica è data da Taranto (99,95 %), seguita da Varese (99,91), Bari (99,85), Brindisi (99,65), Roma (98,82), Spezia (98,65), Foggia (98,49), Milano (98,26), Genova (98,16),

Cremona (97,95), Novara (97,93), Matera (97,86), Massa-Carrara (97,76), Sondrio (97,71), Brescia (97,70), Vercelli (97,66), Napoli (97,46), Treviso (97,37), Trento (97,26), Viterbo (97,05), Pistoia (97).

Le elevate percentuali di alcune provincie meridionali (specialmente pugliesi) sono dovute al fatto che ivi la popolazione è tutta concentrata nelle città.

Le percentuali più basse sono date da: Pola (57,61 %), Gorizia (58,42), Nuoro (60,73), Fiume (66,50), Reggio Calabria (72,07), Zara (72,27), Cagliari (72,90), Teramo (73,76), Messina (75,06).

La bassa percentuale di Zara non è dovuta alla città ma alle isole che ne dipendono, sprovviste di distribuzione.

Tabella XLII.

LAMPADINE ELETTRICHE PRODOTTE IN ITALIA NEGLI ANNI 1928–29–30

Mesi	1928	1929	1930
Gennaio	1.398.514	1.827.809	2.074.326
Febbraio	1.441.271	1.802.615	1.961.436
Marzo	1.390.427	1.833.835	2.093.969
Aprile	1.260.818	1.369.976	1.984.221
Maggio	1.054.633	1.569.990	2.283.354
Giugno	1.242.119	1.710.836	1.852.899
Luglio	1.250.251	1.921.702	2.329.544
Agosto	803.458	1.388.488	1.598.062
Settembre	1.212.833	1.779.672	2.358.290
Ottobre	1.702.018	2.034.292	2.455.922
Novembre	1.699.341	2.044.600	2.138.524
Dicembre	1.671.850	2.190.281	2.222.736
Totale	16.127.533	22.474.096	25.353.283

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

Tabella XLIII.

PROVENIENZA DELLE LAMPADE IMPORTATE

Paesi di provenienza	Lampade importate dal 1° genn. al 31 dic. 1930			
	Pesanti fino a 70 grammi		Pesanti più di 70 grammi	
	Numero	Valore	Numero	Valore
Austria	1.528.124	1.669.722	7.995	52.542
Belgio	15.550	48.990	490	16.700
Francia	172.639	433.312	213	25.240
Germania	6.992.738	9.462.976	190.038	1.498.588
Gran Bretagna	72.132	145.677	1.101	49.510
Paesi Bassi	1.178.474	8.217.018	47.833	504.854
Svizzera	87.240	159.644	476	2.800
Ungheria	1.039.236	1.631.861	7.962	63.117
Giappone	27.300	27.910	—	—
Stati Uniti	14.663	50.264	—	—
Totale	11.128.096	21.847.874	256.108	2.213.351

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

Tabella XLV.

BILANCIO DELLE IMPORTAZIONI ED ESPORTAZIONI DEL MACCHINARIO E MATERIALE ELETTRICO
(in migliaia di Lire)

Denominazione	Importazione		Esportazione		Differenza fra Import. ed Esportazione		Differenza fra i Bilanci 1930–1929
	1929	1930	1929	1930	1929	1930	
Accumulatori	6.160	4.333	1.661	2.307	— 4.499	— 2.026	+ 2.473
Parti per detti	1.655	1.204	206	185	— 1.449	— 1.019	+ 430
Ampolle per lampadine elettriche	5.534	3.415	3	—	— 5.531	— 3.415	+ 2116
Apparecchi elettrici di misura	5.784	4.979	264	469	— 5.520	— 4.510	+ 1010
» » diversi	71.640	64.565	13.682	15.449	— 57.958	— 49.116	+ 8842
» » radio	76.276	88.766	1.967	3.597	— 74.309	— 85.169	— 10.860
» » vari	68.893	57.764	1.100	1.316	— 67.793	— 56.448	+ 11.345
Carboni per forni elettrici	11.913	9.713	394	248	— 11.519	— 9.465	+ 2054
Carboni per lampade ad arco, spazzole e simili	3.948	3.365	45	20	— 3.903	— 3.345	+ 558
Cavi isolati	2.594	2.109	16.995	9.442	+ 14.401	+ 7.333	— 7.068
Contatori elettrici	8.646	6.833	377	592	— 8.269	— 6.241	+ 2.028
Fili isolati	2.709	2.785	5.998	7.985	+ 3.289	+ 5.200	+ 1.911
Generatori di elettricità senza collettore	21.338	24.244	2.335	2.481	— 19.003	— 21.763	— 2.760
» » con collettore	26.267	30.831	32.489	29.977	+ 6.222	— 854	— 7.076
Isolatori in porcellana	2.333	1.241	1.932	1.397	— 401	+ 156	+ 557
» in vetro	46	80	48	152	+ 2	+ 72	+ 70
Lampade ad arco	57	40	19	—	— 38	— 40	— 2
» ad incandescenza	32.640	24.061	7.192	8.040	— 25.448	— 16.021	+ 9.427
Trasformatori statici	7.667	8.078	1.942	1.707	— 5.725	— 6.371	— 646
Tubi isolanti	53	102	178	148	+ 125	+ 46	— 79
Turbine idrauliche	1.131	760	80	—	— 1.051	— 760	+ 291
Totali	357.284	339.268	88.907	85.512	— 268.377	— 253.756	+ 14.621

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

Cremona (97,95), Novara (97,93), Matera (97,86), Massa-Carrara (97,76), Sondrio (97,71), Brescia (97,70), Vercelli (97,66), Napoli (97,46), Treviso (97,37), Trento (97,26), Viterbo (97,05), Pistoia (97).

Le elevate percentuali di alcune provincie meridionali (specialmente pugliesi) sono dovute al fatto che ivi la popolazione è tutta concentrata nelle città.

Le percentuali più basse sono date da: Pola (57,61 %), Gorizia (58,42), Nuoro (60,73), Fiume (66,50), Reggio Calabria (72,07), Zara (72,27), Cagliari (72,90), Teramo (73,76), Messina (75,06).

La bassa percentuale di Zara non è dovuta alla città ma alle isole che ne dipendono, sprovviste di distribuzione.

TABELLA XLII.

LAMPADINE ELETTRICHE PRODOTTE IN ITALIA NEGLI ANNI 1928-29-30

MESI	1928	1929	1930
Gennaio	1.398.514	1.827.809	2.074.326
Febbraio	1.441.271	1.802.615	1.961.436
Marzo	1.390.427	1.833.835	2.093.969
Aprile	1.260.818	1.369.976	1.984.221
Maggio	1.054.633	1.569.990	2.283.354
Giugno	1.242.119	1.710.836	1.852.899
Luglio	1.250.251	1.921.702	2.329.544
Agosto	803.458	1.388.488	1.598.062
Settembre	1.212.833	1.779.672	2.358.290
Ottobre	1.702.018	2.034.292	2.455.922
Novembre	1.699.341	2.044.600	2.138.524
Dicembre	1.671.850	2.190.281	2.222.736
TOTALE	16.127.533	22.474.096	25.353.283

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

TABELLA XLIII.

PROVENIENZA DELLE LAMPADE IMPORTATE

PAESI di provenienza	Lampade importate dal 1° genn. al 31 dic. 1930			
	Pesanti fino a 70 grammi		Pesanti più di 70 grammi	
	Numero	Valore	Numero	Valore
Austria	1.528.124	1.669.722	7.995	52.542
Belgio	15.550	48.990	490	16.700
Francia	172.639	433.312	213	25.240
Germania	6.992.738	9.462.976	190.038	1.498.588
Gran Bretagna	72.132	145.677	1.101	49.510
Paesi Bassi	1.178.474	8.217.018	47.833	504.854
Svizzera	87.240	159.644	476	2.800
Ungheria	1.039.236	1.631.861	7.962	63.117
Giappone	27.300	27.910	—	—
Stati Uniti	14.663	50.264	—	—
TOTALE	11.128.096	21.847.874	256.108	2.213.351

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

TABELLA XLV.

BILANCIO DELLE IMPORTAZIONI ED ESPORTAZIONI DEL MACCHINARIO E MATERIALE ELETTRICO
(*in migliaia di Lire*)

DENOMINAZIONE	Importazione		Esportazione		Differenza fra Import. ed Esportazione		Differenza fra i Bilanci 1930-1929
	1929	1930	1929	1930	1929	1930	
Accumulatori	6.160	4.333	1.661	2.307	— 4.499	— 2.026	+ 2.473
Parti per detti	1.655	1.204	206	185	— 1.449	— 1.019	+ 430
Ampolle per lampadine elettriche	5.534	3.415	3	—	— 5.531	— 3.415	+ 2116
Apparecchi elettrici di misura	5.784	4.979	264	469	— 5.520	— 4.510	+ 1010
» » diversi	71.640	64.565	13.682	15.449	— 57.958	— 49.116	+ 8842
» » radio	76.276	88.766	1.967	3.597	— 74.309	— 85.169	— 10.860
» » vari	68.893	57.764	1.100	1.316	— 67.793	— 56.448	+ 11.345
Carboni per forni elettrici	11.913	9.713	394	248	— 11.519	— 9.465	+ 2054
Carboni per lampade ad arco, spazzole e simili	3.948	3.365	45	20	— 3.903	— 3.345	+ 558
Cavi isolati	2.594	2.109	16.995	9.442	+ 14.401	+ 7.333	— 7.068
Contatori elettrici	8.646	6.833	377	592	— 8.269	— 6.241	+ 2.028
Fili isolati	2.709	2.785	5.998	7.985	+ 3.289	+ 5.200	+ 1.911
Generatori di elettricità senza collettore	21.338	24.244	2.335	2.481	— 19.003	— 21.763	— 2.760
» » con collettore	26.267	30.831	32.489	29.977	+ 6.222	— 854	— 7.076
Isolatori in porcellana	2.333	1.241	1.932	1.397	— 401	+ 156	+ 557
» in vetro	46	80	48	152	+ 2	+ 72	+ 70
Lampade ad arco	57	40	19	—	— 38	— 40	— 2
» ad incandescenza	32.640	24.061	7.192	8.040	— 25.448	— 16.021	+ 9.427
Trasformatori statici	7.667	8.078	1.942	1.707	— 5.725	— 6.371	— 646
Tubi isolanti	53	102	178	148	+ 125	+ 46	— 79
Turbine idrauliche	1.131	760	80	—	— 1.051	— 760	+ 291
TOTALI	357.284	339.268	88.907	85.512	— 268.377	— 253.756	+ 14.621

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

TABELLA XLIV.

IMPORTAZIONI ED ESPORTAZIONI DI MATERIALI CHE INTERESSANO L'INDUSTRIA ELETTRICA, DAL 1° GENNAIO A TUTTO IL 31 DICEMBRE 1929-1930.

N. d'ordine	DENOMINAZIONE	Numero di Statistica	Unità	IMPORTAZIONE Quantità 1929	IMPORTAZIONE Quantità 1930	IMPORTAZIONE Importo in migliaia di Lire 1929	IMPORTAZIONE Importo in migliaia di Lire 1930	Unità	ESPORTAZIONE Quantità 1929	ESPORTAZIONE Quantità 1930	ESPORTAZIONE Importo in migliaia di Lire 1929	ESPORTAZIONE Importo in migliaia di Lire 1930
	MATERIALE PER APPLICAZIONI ELETTROMECCANICHE											
1	Accumulatori	1323	Q.li	5.880	3.878	6.160	4.333	Q.li	1.727	2.657	1.661	2.307
	Parti per detti	1334	»	1.760	1.715	1.655	1.204	»	207	226	206	185
2	Ampolle per lampadine elettriche	1597 ter	»	4.587	2.797	5.534	3.415	»	3	—	3	—
3	Apparecchi elettrici di misura	1375	»	372	303	5.784	4.979	»	35	61	264	469
	» » diversi	1325	»	23.420	19.389	71.640	64.565	»	8.301	12.675	13.682	15.449
	» » telef.-telegr.: radio	1386 a	»	9.579	16.392	76.276	88.766	»	316	721	1.967	3.597
	vari	1386 b	»	6.868	6.374	68.893	57.764	»	254	349	1.100	1.316
4	Carboni per forni elettrici	1495	»	41.896	22.561	11.913	9.713	»	3.001	1.121	394	248
	» per lampade ad arco, spazzole e simili	1496-1497	»	1.954	1.882	3.948	3.365	»	95	21	45	20
5	Cavi isolati	2487-2488	»	2.299	2.296	2.594	2.109	»	36.850	21.029	16.995	9.442
6	Contatori elettrici	1378	»	2.172	1.602	8.646	6.833	»	160	295	377	592
7	Fili isolati	2485-2486	»	1.326	1.738	2.709	2.785	»	4.746	7.552	5.998	7.985
8	Generatori di elettricità senza collettore	1320	»	11.274	14.004	21.338	24.244		1.596	1.918	2.335	2.481
	Idem, con collettore	1321	»	9.662	12.771	26.267	30.831	»	26.250	23.815	32.489	29.977
9	Isolatori in porcellana	1555-1558	»	3.249	1.351	2.333	1.241	»	3.176	2.479	1.932	1.397
	» in vetro	1589	»	58	112	46	80	»	84	373	48	152
10	Lampade ad arco	2483	»	13	8	57	40	»	3	—	19	—
	» ad incandescenza	2484 (a-b)	»	4.144	2.920	32.640	24.061	»	1.319	1.323	7.192	8.040
11	Trasformatori statici	1322	»	4.855	5.248	7.667	8.078	»	2.595	2.699	1.942	1.707
12	Tubi isolanti	2488 *bis* (a-b-c)	»	65	128	53	102	»	159	91	178	148
	TOTALI	—	—	—	—	356.153	338.508	—	—	—	88.827	85.512
	MATERIE PRIME. MATERIALI DI APPLICAZIONE MISTA											
1	Turbine idrauliche	1225	Q.li	1.169	638	1.131	760	Q.li	74	—	80	—
2	Carbone fossile (escluso il coke)	1515	Tonn.	10.410.407	9.812.490	1.359.482	1.210.684	Tonn.	44.949	43.276	5.534	5.991
3	Macchine a vapore alternative	1221	Q.li	4.469	1.480	3.065	1.324	Q.li	320	125	163	32
	» » turbine	1224	»	2.604	3.221	4.957	5.504	»	120	—	152	—
4	Caldaie a vapore	1229-1231	»	7.218	16.118	3.530	8.529	»	380	1.037	278	599
5	Motori a combustione interna	1222	»	25.231	14.346	28.960	19.094	»	10.209	6.210	6.703	4.285
6	Pompe centrifughe	1278	»	3.542	3.919	5.098	6.529	»	708	667	780	609
7	Alluminio in lingotti	1149 b	»	23.863	5.123	21.500	4.026	»	1.207	4.143	724	3.141
8	Rame » » e in rottami	1111	»	562.174	520.316	398.487	315.089	»	17.717	13.778	8.555	5.458
9	Olio minerale grezzo	1724	»	597.955	964.389	21.624	34.847	»	48	185	9	28
	» » lubrificante	1725	»	833.820	849.471	123.933	131.499	»	66.323	51.205	14.512	10.097
	TOTALI	—	—	—	—	1.971.767	1.737.876	—	—	—	37.490	30.240

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

Passando alle *Regioni*, nel Piemonte è in testa Novara (97,93 %), in coda Cuneo (80,82). In Lombardia è in testa Varese (99,91) e in coda Mantova (93,51). In Liguria è in testa Spezia (98,65), in coda Savona (84,92). Nelle Venezie è in testa Treviso (97,37) e in coda Pola (57,61). Nell'Emilia è in testa Reggio (91,49) e in coda Forlì (70,22). In Toscana e Lunigiana è in testa Massa-Carrara (97,76) in coda Arezzo (82,46). Nelle Marche è in testa Ancona (88,03) e in coda Pesaro-Urbino (82,69). Nell'Umbria si va da Terni (89,85) a Rieti (78,48). Nel Lazio da Roma (98,82) a Frosinone (81,56). Negli Abruzzi da Aquila (94,60) a Teramo (73,76). La Campania va da Napoli (97,46) a Benevento (86,37). Le Puglie da Taranto (99,95) a Lecce (78,92). La Basilicata da Matera (97,86) a Potenza (92,73). Le Calabrie da Cosenza (83,66) a Reggio (72,07). La Sicilia da Siracusa (96,—) a Messina (75,06). La Sardegna da Sassari (88,76) a Nuoro (60,73).

Interessante è l'esame delle percentuali delle quattro grandi divisioni (Settentrionale, Centrale, Meridionale, Isole). Nell'Alta Italia e nella Centrale è altissima la percentuale dei *Comuni* in confronto delle altre due regioni: minore differenza si riscontra nelle percentuali delle *frazioni*. Ciò è dovuto al fatto che i Comuni sono molto più frazionati nel nord che non nel sud. L'Italia continentale ha una percentuale di popolazione servita quasi costante per le sue tre grandi regioni (da 91,07 a 91,56), le isole ne hanno una assai minore (85,84).

I Comuni *completamente privi* di distribuzione d'energia sono 618 con una popolazione di 1.358.913 abitanti, quelli forniti sono 6689.

Le cifre sopra indicate, ripeto, vanno intese come ancora provvisorie.

L'indagine sull'epoca di inizio della distribuzione nei singoli Comuni è pure interessante, e ne saranno resi noti i risultati di dettaglio nella pubblicazione alla quale ho fatto cenno.

Delle grandi città ebbero una regolare distribuzione di energia, Milano nel 1883, Roma nel 1886, Palermo nel 1887, Napoli e Venezia nel 1890, Torino nel 1893, Firenze nel 1895, Genova nel 1897, Bologna e Bari nel 1898, Trieste nel 1900, Cagliari nel 1914.

VII – Le costruzioni e importazioni di materiale elettrico.

Lampade elettriche. Le Tabelle XLII e XLIII a pagina 572 dànno le consuete notizie sulla produzione, importazione ed esportazione delle lampade elettriche.

Importazioni ed esportazioni. La Tabella XLIV a pagina 573 fornisce i dati sul movimento doganale durante il 1930, pei titoli che interessano l'industria elettrica.

Nella Tabella XLV a pag. 572 sono riportati i dati sul bilancio delle importazioni ed esportazioni di materiale elettrico nel 1929 e 1930.

Ing. Ettore Cesàri.

ING. GIACOMO SFONDRINI

Il calcolo grafico generale dei canali e delle condotte d'acqua

Il tecnico che si occupa in modo speciale di elaborare, esaminare e confrontare fra loro progetti idraulici è quasi sempre soggetto ad un lavoro lungo e minuto di calcolo degli elementi metrici e fisici delle sezioni fluide di canali e di condotte, sia per stabilirne la convenienza, sia per esaminare quelle che sono sottoposte alla verifica, sicchè a lungo andare finisce per escogitare qualche mezzo che renda facile e speditivo il suo compito col prepararsi dei prontuari e dei grafici studiati con opportunità di criteri, onde riescano il meglio possibile idonei all'uso che egli si è prefisso.

Rimontando alquanto nel tempo, troviamo, una raccolta di diagrammi numerici e grafici « Portata e velocità in canali e condutture determinate con tavole grafiche, usate dagli Uffici del R. Genio Civile e della Società Italiana per Condotte di Acqua » dell'Ing. G. B. Conti, ex-Capo Sezione di questa Società. (Ristampa Società Editrice Tecnico Scientifica - Milano, Via Serbelloni, n. 7).

È un fascicoletto di 27 tavole con 22 diagrammi, di cui lo Ufficio Tecnico della Società Italiana Condotte d'Acqua si è servito sopratutto per il progetto della rete d'irrigazione del canale Villoresi e dei numerosi acquedotti. Di esse, N. 13 tavole riguardano sezioni di canali in terra e rivestiti con scarpate 1,5 × 1 ed 1 × 1, e N. 5 tavole riguardano le condotte metalliche. Le prime sono calcolate in base alla formula di Ganguillet e Kutter con un coefficiente di scabrezza $n = 0{,}025$ per quelli in terra e $n = 0{,}020$ per quelli rivestiti, e danno i valori delle dimensioni per sezioni di canali di portata da 0,50 a 100 m³/sec, e relative velocità e pendenza unitaria per ‰.

Le seconde si fondano sulla formula di Darcy, coi coefficienti per tubi di ghisa incrostati ed altro materiale analogamente scabro e determinano la portata e la velocità nelle condotte di diametro da m 0,01 a m 5,00.

Risulta evidente che questi diagrammi hanno carattere puramente peculiare, e bene rispondono allo scopo per cui furono studiati, cioè di progettare e preventivare rapidamente la spesa di un canale o di una rete di canali, secondo i due unici tipi normali precedentemente stabiliti o di assegnare prontamente i diametri di una condotta distributrice, calcolarne il peso, ecc.

È certamente questa l'unica pubblicazione del genere che per altro fu molto apprezzata e incontrò vivo interesse fra gli Ingegneri di quel tempo, in cui l'industria idroelettrica era appena all'inizio.

Per quanto non suscettibili di un'applicazione generale, pure questi diagrammi servirono ottimamente a dare un'indicazione di orientamento per le soluzioni dei vari casi che si presentavano allo studio, riuscendo per mezzo di essi più facile e precisa la determinazione dei valori fisici fondamentali (velocità e pendenza) più convenienti.

Col procedere del tempo, col rapido e straordinario svilupparsi degli impianti idroelettrici, col continuo evolversi della idrotecnica ed insieme col sorgere di nuovi bisogni e di nuove necessità costruttive (gallerie forzate e tubazioni in cemento armato), il calcolo delle condutture venne di mano in mano modificandosi, e, se per il passato era di regola generale usare quasi esclusivamente la formula di Ganguillet e Kutter per canali di grossa portata, quella di Bazin per i piccoli canali e quella di Darcy per le tubazioni forzate, si venne in seguito gradatamente accentuando la convenienza di adottare una formula unica tanto per i calcoli relativi alle condotte che per quelli sui canali. Da qui la tendenza che si iniziò con un noto studio di Fantoli « Relazione di giudizio intorno ai calcoli delle condotte forzate metalliche e di cemento per la rete dell'Acquedotto Pugliese » — Genova 1910 — e che andò sempre più imponendosi — ad usare per il calcolo dei tubi le formule proposte per quello dei canali, e particolarmente quelle di Kutter e di Bazin, tendenza che possiamo dire sorpassata e diventata ormai una vera regola entrata nell'uso pratico generale.

Questa unificazione di calcolo delle condutture d'acqua ha portato anche, come era d'altronde intuitivo, a dare preferenza alle formule di più semplice e facile applicazione e spiccatamente a quella di Bazin:

$$V = \frac{87}{1 + \gamma / \sqrt{R}} \sqrt{Ri}$$

Come ben vedesi in questa formula entra come dimensione lineare caratteristica il raggio medio R (che per condotte circolari si trasforma in $\frac{D}{4}$): e per il fatto che il rapporto $\frac{Ri}{V^2}$ è uguale ad una funzione del raggio medio e del coefficiente di scabrezza, essa viene posta nella categoria della formula di Darcy $\left(i = \frac{V^2}{D}\beta\right)$ per cui viene giustificato il suo impiego anche al calcolo delle condotte forzate in genere. Così pure può dirsi della formula di Kutter.

Ciò premesso, la preparazione di un grafico che lega gli elementi γ, V, R ed I, in base ad una delle due formule succennate, può offrire rapidamente il risultato di calcolo delle condutture di tutti i tipi sia a pelo libero sia a pelo forzato e presentare vantaggi pratici apprezzabili, particolarmente da chi, come già detto all'inizio, abitualmente è occupato in questo genere di lavori.

Presento dunque un « Grafico per il calcolo generale dei canali e delle condutture » secondo la formula di Bazin, più sopra riprodotta. La genesi, per quanto laboriosa, risulta assai chiara e l'uso altrettanto evidente e facile.

In molti trattati e manuali di idraulica sono riportate speciali tabelle dei valori del coefficiente $X = \frac{87}{1 + \gamma / \sqrt{R}}$ della formula di Bazin ridotta alla più semplice espressione

$$V = X \sqrt{Ri}$$

per i diversi valori di γ e di R; e lo scopo ovvio è unicamente quello di agevolare l'uso della formula stessa.

Il grafico che propongo dà per contro immediatamente i valori che si ricercano e non soltanto, ma pone di colpo sott'occhio anche tutte le varie soluzioni possibili a cui può arrivare un dato problema, qualora si faccia variare il valore di qualcuno dei suoi termini.

ABBACO DELLE DIMENSIONI UNITARIE.

Dei quattro elementi R, γ, V, i, il più importante è R poichè è la dimensione lineare caratteristica della sezione liquida rappresentativa delle condizioni geometriche del canale o della condotta; il valore di γ è assegnato a priori, quello di V è implicitamente noto con il valore di R. Rimane la i che è generalmente il valore che interessa. È ovvio però che dati tre qualunque dei quattro elementi si potrà sempre trovare il quarto.

La ricerca di R presuppone stabilita la sezione, cioè la sagoma del canale o della galleria o il diametro della tubazione più conveniente, sia nei riguardi della natura geologica del terreno o della roccia da incidere che della resistenza al movimento dell'acqua. Data la portata e stabilita la velocità massima di esercizio, bisogna, in base a questa, dimensionare la sezione liquida, secondo il tipo prescelto, trovare il perimetro bagnato, ed infine il valore di R. Il che, se può riuscire abbastanza semplice e sollecito per le sezioni di canali all'aperto e per le tubazioni, non lo è punto per le sagome policentriche delle gallerie.

Tutto questo lavoro di dimensionamento delle sezioni non riesce quasi mai di primo colpo, ma ordinariamente richiede un certo numero di tentativi e di prove prima di arrivare ai risultati voluti. Perciò ad ovviare a questo inconveniente e per rendere più efficace e rapido l'uso del diagramma ho creduto necessario di compilare un quadro delle dimensioni unitarie (cioè di sezione fluida di mq 1,00) dei tipi di canali e condotte che più generalmente si presentano nella pratica.

In questo quadro o abbaco che dir si voglia, sono raccolti i valori del perimetro bagnato P, del raggio medio R e dell'altezza dell'acqua h sul fondo, dei seguenti tipi di sezione.

1°) Sezioni trapezie con pareti a scarpa $K = 0{,}00$, $0{,}25$, $0{,}50$, ecc. sino a $K = 3{,}00$ e con larghezza del fondo $l = 0{,}5$ h, $0{,}75$ h, sino a $l = 4$ h.

2°) Sezioni trapezie a massimo raggio medio con pareti a scarpa K, come sopra.

3°) Sezioni trapezie a minimo disperdimento con pareti a scarpa K come sopra.

4°) Sezioni trapezie con fondo ad arco circolare di saetta uguale a 0,20 della larghezza ($s = 0{,}20$ l) e a pareti inclinate con scarpa $K = 0{,}00$, $0{,}25$, $0{,}50$.

5°) Conduttura in pressione - Gallerie a sezione circolare, condotte forzate metalliche ed in cemento armato e gallerie con calotta circolare di raggio r e piedritti ed arco rovescio di raggio $2\,r$.

6°) Condutture a pelo libero - N. 3 tipi di sezione di gallerie con pelo d'acqua a m $0{,}293\ r$ dal vertice della calotta.

L'uso dell'abbaco è semplice ed assiomatico.

È noto che in figure simili, le dimensioni lineari sono fra di loro proporzionali in ragione della radice quadrata delle loro aree, perciò, occorrendo una sezione che abbia un'area A, per cercare le dimensioni, cioè: larghezza del fondo l, altezza dell'acqua h, perimetro bagnato P e raggio medio R o il valore di r di un tubo o galleria, non si dovrà far altro che moltiplicare per $\sqrt{A}$ le dimensioni unitarie dell'abbaco relative al tipo di sezione fissato. Noto R, e scelto il coefficiente di scabrezza γ, il diagramma dà subito il valore della pendenza se si tratta di canali o della perdita di carico se di condotte o gallerie forzate.

Il lavoro preparatorio per l'uso del diagramma si riduce dunque all'estrazione di una radice quadrata (data dai manuali) e di una moltiplicazione; e per il disegno della sezione di altre due se trattasi di canali o gallerie a pelo libero, e di una sola se trattasi invece di condotte forzate.

L'uso del diagramma è poi altrettanto semplice e spedito. Dall'asse inferiore delle ascisse o delle γ si segue (verticalmente) l'ordinata della γ stabilita sino ad incontrare la curva del R calcolato, (curva o punto prossimo). Da questa curva o punto si procede (orizzontalmente) parellelamente all'asse delle ascisse sino ad incontrare quella della velocità, l'ordinata del punto di incontro segna sull'asse superiore delle ascisse o delle i il valore della pendenza o della perdita di carico.

Coefficienti di scabrezza.

La ricerca dei coefficienti di scabrezza dei diversi tipi di canali aperti o in galleria, fu oggetto sia in Italia che all'estero di numerose determinazioni sperimentali che hanno portato a risultati veramente importanti consacrati in pregevoli ed utili memorie. Generalmente questi risultati sono riferiti alle formule di Bazin, di Ganguillet e Kutter e di Kutter. Successive esperienze, eseguite in Italia ed in Svizzera, confermano appunto l'applicabilità delle suddette formule alle condotte forzate (gallerie e tubazioni) ed hanno stabilito i relativi coefficienti da usare. Nell'ultimo quinquennio sono state eseguite in Italia dall'Ing. Scimemi (sugli impianti della Società Idroelettrica Veneta, coadiuvato dai tecnici della Società stessa) e recentemente dagli Ingg. Contessini, Calciati e Motta, diverse ed interessanti misure di tal genere su condotte in acciaio ed in cemento armato. Per la più rapida consultazione e scelta ho raccolto pertanto in un quadro tutti i valori dei coefficienti da usare con la formula di Bazin, cioè quelle originali di Bazin e quelle risultanti dalle accennate esperienze.

Ed ora passiamo ad illustrare il metodo di calcolo con alcuni esempi:

Si debbano progettare:

1°) Un canale con pareti rivestite e lisciate grossolanamente, con scarpa $K = 0{,}75$, a massimo raggio medio R, per i seguenti dati

$$Q = \text{mc } 32; \qquad V = 2; \qquad \gamma = 0{,}36.$$

Si ha: $A = 32 : 2 = 16$; $\sqrt{A} = \sqrt{16} = 4$;

dall'abbaco si ha: $R = 0.3785 \times 4 = 1.5140$

e dal grafico si ha: $i = 0.59\ ^0/_{00}$

Se il canale fosse lisciato bene ma non perfettamente, potrebbe scegliersi $\gamma = 16$, ed allora si avrebbe $i = 0.44\ ^0/_{00}$.

Le dimensioni sarebbero le seguenti:

$$h = l = 0.755 \times 4 = 3.020$$

2°) Un canale trapezio con $k = 1$; $l = 4$h, rivestiti di ciottolato in malta idraulica per i seguenti dati:

$$Q = \text{mc } 100; \qquad V = 1.50; \qquad \gamma = 0.16$$

Si ha: $A = 100 : 1.50 = 66.66$; $\sqrt{A} = \sqrt{66.66} = 8.17$

dall'abbaco si ha: $R = 0.3274 \times 8.17 = 2.674$

e dal grafico si ha: $i = 0.190\ ^0/_{00}$.

Le dimensioni sarebbero:

$$h = 0.4472 \times 8.17 = 3.654$$
$$l = 4h = 4 \times 3.654 = 14.616$$

3°) Un canale in muratura con intonaco di cemento lisciato, fondo circolare con $S = 0.20\,l$, massimo R, per i seguenti dati:

$$Q = 8; \qquad V = 1.75; \qquad \gamma = 0.16$$

$$A = \frac{8}{1.75} = 4.5714; \quad \sqrt{A} = \sqrt{4.5714} = 2.138 = \sim 2.14$$

dall'abbaco si ha: $R = 0.3795 \times 2.14 = 0.812$

e dal grafico: $i = 0.69\ ^0/_{00}$.

Le dimensioni saranno:

$$l = 0.8764 \times 2.14 = 1.875 = \sim 1.88$$
$$h = 0.754 \times 2.14 = 1.613 = \sim 1.62$$

4°) Una galleria (tipo N. 3) cioè a pelo libero di sagoma policentrica del tipo r e $2\,r$, rivestita e lisciata sufficientemente bene, per i seguenti dati:

$$Q = 66; \qquad V = 2.5; \qquad \gamma = 0.25$$

Si ha:

$$A = \frac{66}{2.5} = 26.4; \qquad \sqrt{A} = \sqrt{26.40} = 5.14$$

dall'abbaco si ha: $R = 0.2882 \times 5.14 = 1.48$

e dal grafico: $i = 0.70\ ^0/_{00}$.

Le dimensioni saranno:

raggio della calotta $r = 0.5752 \times 5.14 = 2.96$

raggio dei piedritti ad arco rovescio $2r = 2 \times 2.96 = 5.92$

saetta del segmento di aereazione $s = 0.293 \times 2.96 = 0.87$

5°) Una tubazione forzata in cemento armato, ben lisciato per i dati seguenti:

$$Q = 35; \qquad V = 3.00; \qquad \gamma = -0.02.$$

Si ha:

$$A = \frac{35}{3} = 11.66; \qquad \sqrt{A} = \sqrt{11.66} = 3.41$$

dall'abbaco si ha: $R = 0.282 \times 3.41 = 0.96$

e dal grafico: $i = 1.22\%_0$.

ed il raggio r del tubo sarà dato da: $r = 0.564 \times 3.41 = 1.923$

6°) Una galleria policentrica a r e $2r$, (tipo N. 2) in pressione, rivestita con muratura di cemento lisciato, per i seguenti dati:

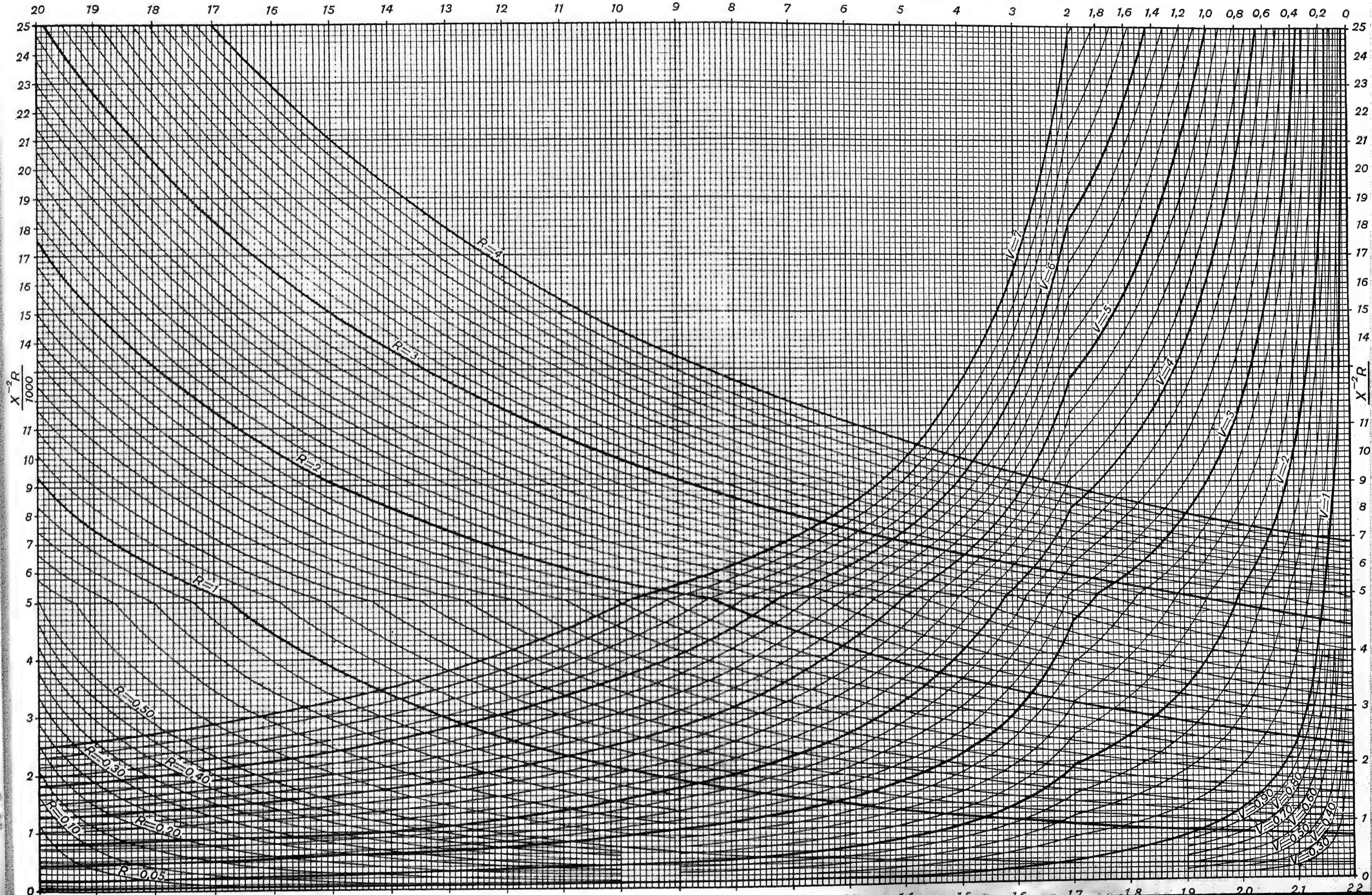
$$Q = 81; \qquad V = 3.00; \qquad \gamma = 0.10$$

L'ENERGIA ELETTRICA - Vol. VIII, Fasc. VII, pagg. 577-578

GRAFICO PER IL CALCOLO GENERALE DEI CANALI E DELLE CONDUTTURE

Secondo la $V = \dfrac{87}{1 + \dfrac{\gamma}{\sqrt{R}}} \sqrt{Ri} = X\sqrt{Ri}$ di Bazin

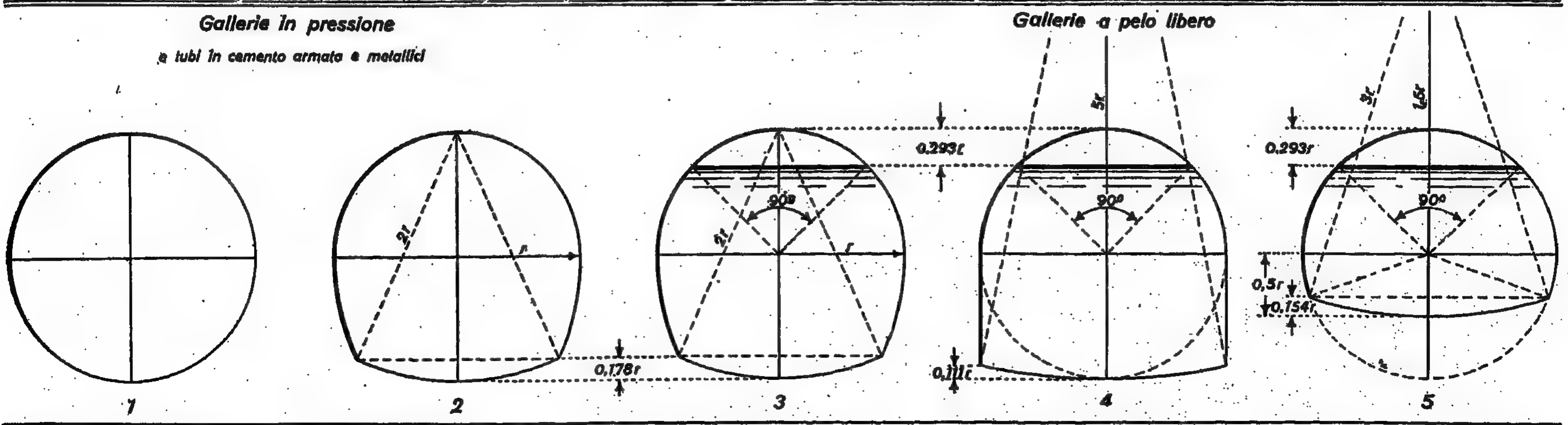
R = Raggio medio V = Velocità γ = Coefficiente di scabrezza i = Pendenze o perdite di carico per ‰



DIMENSIONI DEI VARI TIPI DI CANALI E CONDOTTE CON SEZIONE FLUIDA DI AREA mq 1.00

K = scarpa; l = larghezza del fondo; h = altezza d'acqua; $m = \frac{l}{h}$; P = perimetro bagnato; R = raggio medio

$l = m\,h$	K	0.00 1 h	0.25 1.03h	0.50 1.118h	0.75 1.249h	1.00 1.414h	1.25 1.60h	1.50 1.80h	1.75 2.015h	2.00 2.236h	2.25 2.46h	2.50 2.69h	2.75 2.925h	3.00 3.162h	con fondo circolare $s = 0.20\,l$ K = 0.00	K = 0.25	K = 0.50
$l = 0.5\,h$	P	3.5355	2.9572	2.7360	2.6832	2.7073	2.7950	2.9033	3.0274	3.1379	3.2707	3.3968	3.5222	3.6473	3.4905	2.9502	2.7409
	R	0.2828	0.3382	0.3654	0.3727	0.3679	0.3572	0.3443	0.3319	0.3186	0.3057	0.2943	0.2837	0.2741	0.2864	0.3388	0.3648
	h	1.4142	1.1547	1.00	0.8944	0.8164	0.7554	0.7071	0.6683	0.6324	0.6030	0.5773	0.5545	0.5345	1.3679	1.1290	0.9832
$l = 0.75\,h$ ...	P	3.1754	2.811	2.6707	2.6533	2.7028	2.7930	2.9111	3.0229	3.1428	3.2756	3.4013	3.5287	3.6530	3.1087	2.7844	2.6561
	R	0.3149	0.3559	0.3739	0.3771	0.3695	0.3580	0.3449	0.3707	0.3181	0.3052	0.2938	0.2833	0.2743	0.3216	0.3594	0.3745
	h	1.147	1.—	0.8944	0.8164	0.7554	0.7071	0.6683	0.6324	0.6030	0.5773	0.5545	0.5345	0.5164	1.0994	0.9638	0.8670
$l = h$	P	3.000	2.7377	2.6419	2.6456	2.7068	2.8068	2.9128	3.0351	3.1532	3.2848	3.4122	3.5383	3.6620	2.92	2.682	2.612
	R	0.3333	0.3650	0.3784	0.3779	0.3694	0.3580	0.3432	0.3299	0.3170	0.3042	0.2930	0.2826	0.2730	0.343	0.372	0.383
	h	1.—	0.8944	0.8164	0.7559	0.7071	0.6683	0.6324	0.6034	0.5773	0.5545	0.5345	0.5164	0.5000	0.939	0.85	0.782
$l = 1.25\,h$ ...	P	2.9068	2.7031	2.6351	2.6516	2.7253	2.8141	2.9282	3.0481	3.1673	2.3000	3.4258	3.5510	3.6734	2.7917	2.6268	2.5781
	R	0.3440	0.3698	0.3794	0.3771	0.3687	0.3553	0.3415	0.3279	0.3154	0.3029	0.2902	0.2816	0.2721	0.3577	0.3806	0.3875
	h	0.8944	0.8164	0.7559	0.7071	0.6683	0.6324	0.6030	0.5773	0.5545	0.5345	0.5164	0.5000	0.4850	0.8261	0.7636	0.7131
$l = 1.50\,h$ ...	P	2.8574	2.6917	2.6417	2.6732	2.7370	2.8341	2.9477	3.2050	3.1867	3.3173	3.4420	3.5657	3.6882	2.71	2.594	2.562
	R	0.3498	0.3714	0.3785	0.3759	0.3653	0.3528	0.3392	0.3117	0.3137	0.3014	0.2905	0.2803	0.2711	0.369	0.387	0.390
	h	0.8164	0.7559	0.7071	0.6683	0.6324	0.6030	0.5773	0.5545	0.5345	0.5164	0.5000	0.4850	0.4714	0.744	0.698	0.658
$l = 1.75\,h$ ...	P	2.8327	2.6947	2.6638	2.6877	2.7605	2.8575	2.9699	3.2230	3.2079	3.3370	3.4600	3.5836	3.7043	2.6676	2.5656	2.5494
	R	0.3525	0.3710	0.3772	0.3720	0.3764	0.3498	0.3364	0.2102	0.3117	0.2996	0.2889	0.2790	0.2690	0.3761	0.3897	0.3921
	h	0.7554	0.7071	0.6683	0.6324	0.6030	0.5773	0.5545	0.5345	0.5164	0.5000	0.4850	0.4714	0.4588	0.6786	0.6426	0.6118
$l = 2\,h$	P	2.8284	2.7139	2.6788	2.7135	2.7872	2.8834	2.9964	3.2430	3.2310	3.3581	3.4808	3.6025	3.7225	2.64	2.55	2.540
	R	0.3535	0.3702	0.3733	0.3685	0.3586	0.3465	0.3337	0.3083	0.3095	0.2977	0.2873	0.2775	0.2686	0.379	0.393	0.394
	h	0.7071	0.6683	0.6324	0.6030	0.5773	0.5545	0.5345	0.5164	0.5000	0.4850	0.4714	0.4588	0.4472	0.626	0.598	0.573
$l = 2.5\,h$	P	2.8458	2.7503	2.7341	2.7730	2.8478	2.9435	3.0530	3.2883	3.2819	3.4061	3.5257	3.6448	3.7625	2.60	2.54	2.540
	R	0.3513	0.3635	0.3656	0.3605	0.3511	0.3397	0.3275	0.3040	0.3047	0.2935	0.2836	0.2744	0.2658	0.385	0.394	0.394
	h	0.6324	0.6030	0.5773	0.5546	0.5345	0.5164	0.5000	0.4850	0.4714	0.4588	0.4472	0.4364	0.4264	0.546	0.527	0.509
$l = 3\,h$	P	2.8865	2.8068	2.7986	2.8402	2.9140	3.0070	3.1140	3.3401	3.3370	3.4580	3.5749	3.6912	3.8061	2.580	2.538	2.550
	R	0.3464	0.3561	0.3572	0.3521	0.3431	0.3325	0.3211	0.2993	0.2996	0.2991	0.2797	0.2709	0.2727	0.388	0.395	0.392
	h	0.5773	0.5546	0.5345	0.5164	0.5000	0.4850	0.4714	0.4588	0.4472	0.4364	0.4264	0.4170	0.4082	0.487	0.473	0.460
$l = 3.5\,h$	P	2.942	2.8717	2.8670	2.9100	2.9830	3.0739	3.1778	3.3952	3.3949	3.5128	3.6264	3.7408	3.8235	2.58	2.540	2.550
	R	0.3401	0.3482	0.3486	0.3455	0.3352	0.3252	0.3146	0.2945	0.2945	0.2846	0.2756	0.2673	0.2575	0.387	0.394	0.392
	h	0.5345	0.5164	0.5000	0.4850	0.4714	0.4588	0.4472	0.4364	0.4264	0.4170	0.4082	0.4000	0.3892	0.439	0.429	0.420
$l = 4\,h$	P	3.000	2.9394	2.9396	2.9822	3.0534	3.1421	3.2432	3.4527	3.4542	3.5696	3.6804	3.8048	3.9025	2.578	2.55	2.562
	R	0.3333	0.3401	0.3401	0.3317	0.3274	0.3182	0.3083	0.2896	0.2894	0.2826	0.2716	0.2646	0.2563	0.388	0.392	0.390
	h	0.5000	0.4850	0.4714	0.4588	0.4472	0.4364	0.4264	0.4170	0.4082	0.4000	0.3922	.03852	0.3780	0.402	0.393	0.387
Sezione a massimo R	m	2.00	1.562	1.236	1.—	0.828	0.700	0.606	0.530	0.472	0.42	0.385	0.34	0.325	massimo R assoluto K = 0.57735	m = 1.1547	
	P	2.228	2.689	2.653	2.642	2.702	2.793	2.901	3.018	3.144	3.27	3.391	3.52	3.646		P = 2.6292	
	R	0.353	0.372	0.375	0.3785	0.370	0.358	0.3448	0.3313	0.318	0.306	0.294	0.284	0.274		R = 0.3795	
	l	1.414	1.159	0.944	0.755	0.612	0.500	0.417	0.351	0.300	0.257	0.226	0.196	0.178		l = 0.8764	
	h	0.707	0.742	0.764	0.755	0.739	0.716	0.689	0.662	0.636	0.612	0.588	0.569	0.548		h = 0.754	
Sezione a minimo disperdimento	m	4.00	3.124	2.48	2.—	1.656	1.400	1.212	1.06	0.944	0.84	0.77	0.68	0.650	minimo disperdimento assoluto K = 1.13	m = 1,52	
	P	3.00	2.823	2.731	2.713	2.750	2.825	2.920	3.033	3.157	3.26	3.402	3.514	3.648		P = 2.7869	
	R	0.333	0.354	0.366	0.368	0.363	0.354	0.342	0.329	0.316	0.307	0.293	0.285	0.274		R = 0.3589	
	l	2.00	1.702	1.436	1.206	1.016	0.860	0.735	0.631	0.550	0.475	0.426	0.366	0.340		l = 0.9338	
	h	0.50	0.544	0.579	0.603	0.613	0.614	0.606	0.596	0.583	0.566	0.553	0.539	0.523		h = 0.6144	



Sezione circolare	Calotta circolare r Piedritti e arco rov. $2\,r$	Calotta circolare r Piedritti e arco rov. $2\,r$	Calotta circolare r Pareti verticali-arco rov. $5\,r$.	Cal. circ. r, Arc. rov. $3\,r$, Altezza del vertice della calotta sul fondo $1.50\,r$
$P = 3.544$; $R = 0.282$ $r = 0.564$ ($A = 3.1415\,r^2$)	$P = 3.5926$; $R = 0.2781$ $r = 0.5497$ ($A = 3.31\,r^2$)	$P = 3.4117$; $R = 0.2882$ $r = 0.5752$ ($A = 3.025\,r^2$)	$P = 3.597$; $R = 0.278$ $r = 5.577$ ($A = 3.2154\,r^2$)	$P = 2.95$; $R = 0.341$ $r = 0.708$ ($A = 1.9835\,r^2$)

Le dimensioni di una sezione di area qualunque A si avranno moltiplicando per $\sqrt{A}$ quelle di area mq 1.00.

VALORI DEL COEFFICIENTE DI SCABREZZA γ DELLA FORMULA DI BAZIN

$$V = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \sqrt{Ri}$$

Canali e gallerie a pelo libero.

1. Cemento lisciato con molta cura e mantenuto liscio. Tavole piallate, costruzione accurata. In caso di canali metallici: chiodatura a testa cieca; nessun risalto nelle giunture delle lamiere. Andamento del canale a lunghi tratti rettilinei con grandi curve di raccordo .... $\gamma = 0.06$

2. Cemento lisciato e tavole piallate come prima; curve di raccordo ben eseguite; ma non ampie. Acqua non perfettamente limpida........ $\gamma = 0.10$

3. Cemento non perfettamente lisciato, con leggeri risalti ai giunti. Tavole piallate, ma con qualche fessura fra tavola e tavola. Chiodatura ordinaria; nessun risalto nelle giunture delle lamiere. Muratura regolare di mattoni e pietre squadrate. Curve non molto ampie, acqua limpida $\gamma = 0.16$

4. Cemento lisciato male con qualche rugosità. Tavole grezze con fessure fra tavola e tavola. Canali in terra in ottime condizioni di manutenzione; pareti e fondo senza alcuna vegetazione. Curve piuttosto ampie. Depositi limitati al fondo $\gamma = 0.36$
Rivestimento in cemento *gun* .... $\gamma = 0.35 \div 0.40$

5. Canali in cemento con mancanza d'intonaco; risalti marcati ai giunti. Depositi di lino o muschio alle pareti. Andamento tortuoso del canale. Muratura di pietrame ordinario .... $\gamma = 0.46$

6. Sezioni in terra molto regolari o rivestite di ciottoli, pareti rese liscie da leggeri depositi di melma; senza vegetazione e curve ampie. Muratura irregolare e fondo liscio per depositi di fango $\gamma = 0.85$

7. Eventuali canali in ferro con chiodatura ordinaria, con risalti a tutte le giunture delle lamiere. Canali in terra ben costruiti che presentino il fondo con deposito di ghiaia od altro materiale minuto e pareti liscie; oppure letto liscio con vegetazione bassa sulle pareti. Muratura vecchia con fondo fangoso .... $\gamma = 1.00$

8. Canali in terra con erba bassa al fondo e alle pareti. Rivi e fiumi con andamento poco regolare ma senza vegetazione o deposito di materiali sul letto .... $\gamma = 1.30$

9. Canali in terra con grovigli di vegetazione, erosioni o irregolari depositi di ghiaia. Manutenzione trascurata.......................... $\gamma = 1.73$

10. Canali a manutenzione abbandonata, con rive sconnesse; canali con vegetazione occupante gran parte della sezione .... $\gamma = 2.30$

Condotte forzate in cemento armato e gallerie in pressione

(Ing. Scimemi)

1. Rivestimento in cemento lisciato a mano $\gamma = +0.009$
2. » » » accuratamente lisciato a mano $\gamma = -0.02$
3. » » » lisciato a mano e catramato .... $\gamma = +0.06$

Condotte forzate metalliche chiodate

(Ing. Scimemi)

1. Condotte senza chiodature longitudinali ed a semplice chiodatura trasversale, giunti conici $\gamma = 0.10$

2. Condotte con chiodatura longitudinale doppia e trasversale semplice; giunti cilindrici.... $\gamma = 0.16$

3. Condotte con chiodatura longitudinale tripla o quadrupla e trasversale doppia senza coprigiunto interno .... $\gamma = 0.20$

4. Condotte con chiodatura longitudinale sestupla, trasversale doppia o tripla e coprigiunto interno .... $\gamma = 0.40$

5. Condotte con maggiori accidentalità o incrostate .... $\gamma = 0.55$

Si ha:

$$A = \frac{81}{3} = 27; \qquad \sqrt{A} = \sqrt{27} = 5.196$$

dall'abbaco si ha: $R = 0.02781 \times 5.196 = 1.44$

dal grafico: $i = 0.98\ ^0/_{00}$

e il raggio r sarà dato da: $r = 0.5497 \times 5.196 = 2.85$

7°) Una condotta forzata metallica con chiodatura longitudinale doppia, trasversale semplice, e i giunti cilindrici per i seguenti elementi:

$$Q = 20; \qquad V = 5; \qquad \gamma = 0.16$$

Si ha:

$$A = \frac{20}{5} = 4; \qquad \sqrt{A} = \sqrt{4} = 2$$

dall'abbaco si ha: $R = 0.282 \times 2 = 0.564$

dal grafico si ha: $i = 8.60\ ^0/_{00}$

ed il raggio della tubazione sarà: $r = 2 \times 0.564 = 1.128$

8°) Si determini il coefficiente γ e quindi la natura del rivestimento da applicarsi ad un canale a massimo R; scarpa $K = 1$, di area A = mq 8, della portata di mc 14, pendenza $i = 0,8\ ^0/_{00}$

si ha: $V = \frac{14}{8} = 1.75$

dall'abbaco si ha: $R = 0.370 \sqrt{8} = 0.370 \times 2.83 = 1.04$

dal grafico si ha: $\gamma = 0.44$

cioè il γ, corrispondente alla quinta categoria di Bazin.
Le dimensioni sono date da:

$$h = 0.739 \times 2.83 = 2.09; \quad l = 0.612 \times 2.83 = 1.73$$

9°) Si determini la portata di una galleria del tipo 5 avente il raggio principale di m 2; $\gamma = 0.36$; $i = 0.60$

$$\sqrt{A} = \frac{2}{0.708} = 2.824;$$

$$R = 0.341 \sqrt{A} = 0.341 \times 2.824 = 0.965$$

il grafico dà: $V = 1.52$

e la portata sarà:

$$A\ V = 2.824^2 \times 1.52 = 7.975 \times 1.5 = \text{mc } 12.12$$

10°) Si determinino la portata e le dimensioni di un canale del tipo $l = 2h$, $K = 1,25$, con rivestimento di scabrezza $\gamma = 0.36$.

Il fondo deve avere la pendenza $i = 6.00\ ^0/_{00}$ e la velocità dev'essere $V = 2$

dal grafico: per $i = 0.60$ e $V = 2$ si ha: $R = 1.50$

dall'abbaco si ha: R unitario 0.3465 per cui

$$1.50 = 0.3465 \sqrt{A}; \quad \sqrt{A} = \frac{1.50}{0.3465} = 4.332 \quad \text{e} \quad A = 18.76$$

e la portata sarà 18.76×2 = mc. 37.52

e le dimensioni del canale saranno:

$$h = 0.5545 \times 4.332 = 2.402; \quad l = 2 \times 2.40 = 4.804$$

11°) Infine si progetti un canale in ghiaia della portata di mc 10, con scarpa $K = 2$, larghezza del fondo $l = 2h$, con pendenza $i = 0.30\ ^0/_{00}$, e coefficiente di scabrezza $\gamma = 1$.

Il problema è indeterminato perchè dei quattro elementi R, γ, i, V, ne mancano due, cioè R e V, epperciò bisogna risolverlo per tentativi (due o tre al massimo) provando diversi valori di V.

Se si suppone $V = 1$, sarà in tal caso $A = 10$, e $\sqrt{A} = 3.16$ ed allora R dovrebbe essere:

$$R = 0.3095 \times 3.16 = 0.98$$

mentre il grafico dà $R = 1.50$.
Si provi allora $V = 0.80$ ed allora si avrà:

$$A = \frac{10}{0.8} = 12.50 \quad \sqrt{A} = 3.53$$

e $$R = 0.3095 \times 3.53 = 1.095$$

valore che risolve il problema perchè coincide con quello dato dal grafico.
Le dimensioni del canale pertanto saranno:

$$h = 0.50 \times 3.50 = 1.765; \qquad l = 2 \times 1.765 = 3.53$$

CONCLUSIONE.

Gli esempi svolti mettono in evidenza la semplicità del metodo, l'uso facile delle tavole, la rapidità del calcolo e la sicurezza dei risultati. In special modo nei casi in cui le incognite sono due (come all'esempio ultimo), il grafico dà prontamente con pochi tentativi i valori che risolvono il problema, valori che col calcolo numerico diretto sarebbe troppo lungo e laborioso ottenere.

ING. GIACOMO SFONDRINI.

Dott. Fritz Kesselring

della «Siemens-Schuckertwerke»

L'interruttore ad espansione, un nuovo interruttore ad alta potenza senza olio

Generalità.

Per la inserzione e la disinserzione sotto carico di circuiti di corrente ad alta tensione si sono impiegati sino ad oggi senza eccezione interruttori in olio, i cui principi costruttivi sono rimasti praticamente gli stessi negli ultimi 30 anni, mentre con adatti accorgimenti, e precisamente con successive modificazioni dei contatti, con l'introduzione di camere di estinzione, etc., si è potuto aumentare la loro capacità di rottura, pure impiegando la stessa quantità di materiale. Le fabbriche di materiale elettrico sono oggi in grado di poter costruire interruttori in olio per tutte le potenze che si verificano praticamente nell'esercizio di centrali e di reti e per le massime correnti finora raggiunte nelle manovre d'inserzione delle stesse. L'interruttore in olio offre senza dubbio grandi vantaggi, che consistono principalmente nella semplicità della sua costruzione e nella facilità della sua manutenzione; accanto a questi esso presenta però uno svantaggio che ne diminuisce di molto il pregio, e cioè che il mezzo in cui avviene l'estinzione, l'olio, è combustibile e produce incendiandosi metano, etilene ed idrogeno; questi gas, venendo a contatto con l'ossigeno dell'aria, formano una miscela esplosiva che può produrre danni gravissimi, aggravati dal fumo proveniente dalla combustione dell'olio. È estremamente importante richiamare l'attenzione dei tecnici sul fatto che simili esplosioni degli interruttori in olio non sono legate alla esistenza di grandi potenze di disinserzione; è provato invece che correnti dell'ordine di pochi Ampère sono sufficienti per provocare danni spaventosi. Se per esempio il meccanismo di comando di un interruttore in olio ha un funzionamento difettoso, e precisamente tale che i contatti dell'interruttore vengono a toccarsi appena oppure a trovarsi affacciati, si forma nell'olio un piccolo arco, il quale col tempo può decomporre l'olio con conseguente sviluppo dei gas sopra menzionati che riempirebbero il locale del quadro di una miscela esplosiva. La esperienza appoggiata dalla statistica insegna che i guasti degli interruttori in olio provengono più spesso da difettoso funzionamento del meccanismo di comando che non dalla grandezza delle potenze da disinserire.

È quindi perfettamente comprensibile che l'esame e l'esatta valutazione di questi dati di fatto abbiano diretto gli sforzi del costruttore a sostituire l'olio con un altro mezzo non combustibile. La soluzione che si presentava per prima era quella di tentare di costruire degli interruttori in aria anche per tensioni superiori a 1000 V. È merito della Westinghouse Electric and Manufacturing Co. di Pittsburg di avere trovato per prima la soluzione pratica del compito propostosi sviluppando il cosidetto interruttore De-Jon. Una seconda soluzione, il cosidetto interruttore ad aria compressa, fu trovata dai Sigg. Whitney e Wedmore in Inghilterra e dal Prof. Ruppel in collaborazione con l'Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in Germania. Anche le Siemens-Schuckertwerke si sono occupate della costruzione di interruttori ad aria compressa negli anni 1927-'28. Parallelamente a questi venne però sviluppata la costruzione dell'interruttore ad espansione, del quale si parlerà in questa nota. Nel corso delle esperienze risultò che l'interruttore ad espansione è sotto alcuni punti di vista superiore agli interruttori ad aria compressa, poichè esso possiede tutti i vantaggi che durante 30 anni assicurarono il primato all'interruttore in olio fra tutti gli altri tipi di interruttori. L'interruttore ad espansione, contrariamente all'interruttore in olio, lavora con un liquido non combustibile, costituito essenzialmente da acqua con aggiunta di altre sostanze in proporzioni determinate. Poichè centinaia di interruttori di questo tipo sono stati messi in servizio e si sono ottimamente affermati negli ultimi due anni, è opportuno esaminare più da vicino il principio fisico su cui si basano le loro particolarità costruttive.

I principi scientifici su cui è fondato l'interruttore ad espansione.

Consideriamo un circuito di corrente induttivo, in cui la forza elettromotrice ad esempio è di 60 000 V e la corrente di 100 A; se lo si interrompe in atmosfera di aria asciutta a mezzo di elettrodi metallici, allontanandoli in direzione rettilinea, l'arco che ne deriva si spegne in generale solamente quando la sua lunghezza ha oltrepassato i 18 metri. Se si immergono gli stessi elettrodi in un liquido (per esempio acqua o olio), l'arco si spegne quando ha raggiunto una lunghezza di ca m 1,80. Da ciò deriva in primo luogo la considerazione che la presenza di un liquido influisce in maniera essenzialmente sfavorevole sulle condizioni di esistenza dell'arco. Noi ci proponiamo adesso il compito di approfondire l'esame dei fenomeni fisici causati dalla presenza del liquido, con lo scopo di trovare delle misure adatte a diminuire maggiormente la lunghezza dell'arco.

Qualunque arco a corrente alternata si spegne, indipendentemente dal fatto che il mezzo circostante sia l'aria o un liquido, ogni volta che la corrente passa per il valore zero. Il fenomeno fisico può presentarsi soltanto in due modi e precisamente: se la ionizzazione del mezzo circostante per urto o per emissione dai contatti incandescenti ha il sopravvento sulla deionizzazione, che avviene per l'avvicinarsi e per il raggrupparsi di nuovo degli ioni, l'arco si accende di nuovo; altrimenti l'arco rimane spento definitivamente.

In aria di normale composizione il procedimento della deionizzazione avviene con relativa lentezza, in modo che lo spegnimento dell'arco ha luogo non prima che esso abbia raggiunto lunghezze rilevanti. Se al contrario l'arco si forma in atmosfera di idrogeno, la deionizzazione viene straordinariamente accelerata, sopratutto a causa dell'alta conducibilità termica dell'idrogeno. La formula seguente dà la massima lunghezza raggiungibile da un arco in atmosfera di idrogeno:

$$l = \frac{U}{0,29} \qquad [1]$$

in cui U rappresenta la tensione dopo lo spegnimento, espressa in kV, ed l la lunghezza dell'arco in cm (1). Se si paragona la lunghezza dell'arco risultante dalla formula [1] con le distanze percorse dai contatti mobili degli interruttori in olio all'atto della disinserzione fino a raggiungere la loro posizione finale, e che indicheremo con la denominazione « distanze d'interruzione », si vede che queste ultime, a parità di tensione U,

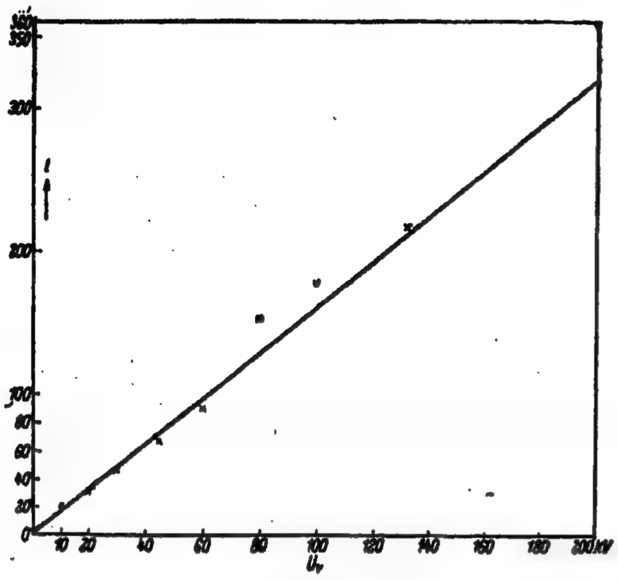


Fig. 1.

sono praticamente eguali alle lunghezze risultanti dalla formula [1], come si ricava dalla fig. 1, in cui sono riportate le distanze d'interruzione di vecchi modelli di interruttori in olio delle *SSW*, mentre la curva a tratto pieno corrisponde alla formula [1].

Da tutto ciò risulta che lo spegnimento dell'arco, allorchè sono in giuoco piccole correnti, è da ascriversi alla presenza dell'idrogeno. È notorio che i gas che si formano negli interruttori in olio all'atto della disinserzione contengono sino al 70 % di idrogeno.

Nell'interruzione di correnti superiori ai 1000 A in interruttori a liquido si sono però determinate sperimentalmente lunghezze di arco molto inferiori a quelle risultanti dalla formula [1], il che porta alla conclusione che deve esistere un altro fattore che contribuisce alla deionizzazione. Si potè accertare che nello spazio sferoidale che circonda l'arco non si trovano soltanto gas ma anche altri vapori in quantità rilevante (2).

Studi eseguiti per la determinazione della variazione di temperatura nelle immediate vicinanze dell'arco hanno dimostrato che a non più di 2 mm di distanza dalla zona calda, la quale presenta una temperatura assoluta minima di 3000°, si hanno temperature di poche centinaia di gradi. Il controllo sperimentale ha confermato questo risultato ottenuto per mezzo del calcolo. Queste esperienze dimostrano che non è vero che l'arco si trova in un'atmosfera di gas, ma che esso è circondato strettamente da uno strato di vapore.

L'A. osservò che gli archi elettrici dovuti a corrente alternata che si verificano in un mezzo liquido, si spengono senza avere oltrepassato lunghezze anche piccole, ogni volta che, per una qualunque causa esterna, abbia luogo improvvisamente una diminuzione di pressione nell'atmosfera di vapore che circonda l'arco. Basandosi sulla formazione di nebbia riscontrata la prima volta da Thomsen e Wilson, Gerdien ha richiamato per primo l'attenzione sul fatto che la diminuzione di pressione ha per effetto una deionizzazione. Notoriamente si possono rendere visibili gli ioni e gli elettroni, portandoli in un'atmosfera satura di vapore e lasciando espandere quest'ultimo adiabaticamente. Le particelle portanti la carica elettrica formano allora dei centri di concentrazione per il vapore di acqua. Per poter comprendere chiaramente il fenomeno della deionizzazione provocata dall'effetto Wilson, è necessario esaminare più da vicino il meccanismo della formazione delle goccie. Da diversi autori, e particolarmente da Véronnet (1), è stato dimostrato che tra un eletttrone ed un atomo neutro esiste una forza di attrazione che diminuisce in ragione della 4ª potenza della distanza. Dalla legge enunciata si ricava che questa forza di attrazione ha un effetto utile solamente quando la distanza tra atomo ed elettrone è minima.

In un gas, che obbedisce alla legge generale dei corpi gassosi

$$pv = RT \qquad [2]$$

le distanze fra gli atomi e fra le molecole sono relativamente grandi. È noto che i gas obbediscono tanto più esattamente alla legge [2], quanto più piccola è la pressione e più alta la temperatura; allora le forze di attrazione che si verificano fra le molecole esercitano una influenza che non è più suscettibile di misura. Se però si aumenta la pressione e il gas viene raffreddato in maniera da passare allo stato di vapore, i suoi cambiamenti di stato non trovano più la loro espressione nella equazione [2], bensì in quella di Van der Waal

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT \qquad [3]$$

La grandezza a ha un valore costante e determinato per ogni gas, che può essere misurato direttamente, e coincide col valore ricavato dalla equazione [B]. Noi ricaviamo da ciò che in una massa di vapore le molecole sono così vicine le une alle altre che si attraggono fra di loro. Poichè a causa della temperatura alquanto bassa anche la loro velocità di movimento è bassa in paragone a quella che si ha nei gas, queste forze hanno una funzione essenziale nei fenomeni fisici nell'interno di una massa di vapore. Se una particella caricata elettricamente entra in una simile atmosfera di vapore, essa verrà sempre a trovarsi ad una distanza minima da una qualunque molecola e sarà da questa attratta. Così si forma un ione che a sua volta attirerà altre molecole neutre. Alla fine di questo processo si forma la nota goccia dell'esperienza di Wilson.

Succederà molto raramente che un elettrone introdotto in un gas in cui le distanze delle molecole e la loro velocità di movimento sono molto grandi, possa arrivare così vicino ad una molecola da attirarla provocando la formazione di un

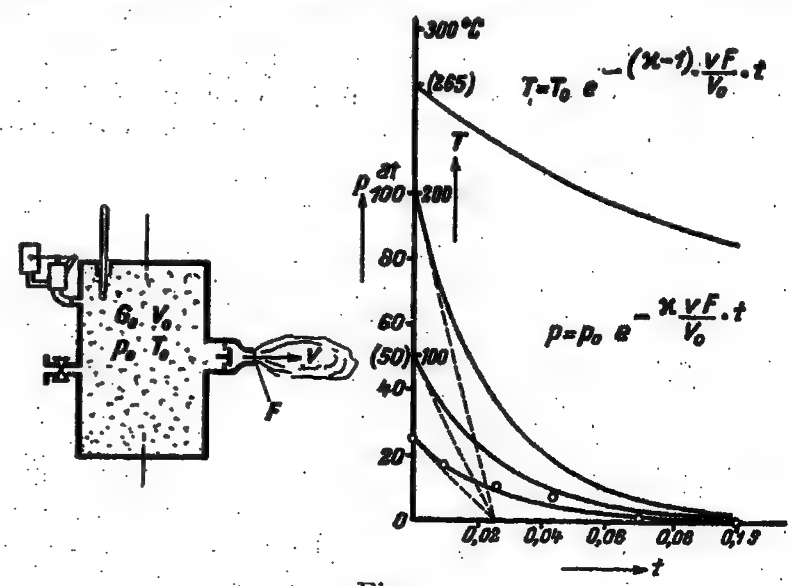


Fig. 2.

ione. Questa considerazione fissa la differenza fondamentale fra la deionizzazione per mezzo di gas e quella per mezzo di vapori.

Riconosciuto che il vapore saturo esercita un'azione estremamente intensa di collegamento degli elettroni, ricerchiamo il modo di generare con mezzi tecnici semplici un'atmosfera di vapore nelle immediate vicinanze dell'arco. Se in un recipiente chiuso da tutte le parti avente il volume V_0 (fig. 2) viene in-

(1) Lo sviluppo di questa formula si trova in un articolo di prossima pubblicazione.

(2) Confronta v. Engel, « Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern ». IX volume, I° numero, pag. 1.

(1) Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Paris.

trodotta una quantità di vapore G_0, ad una determinata temperatura T_0 corrisponde una determinata pressione P_0. Se si lascia uscire questo vapore attraverso una valvola di sezione F, si può determinare in maniera semplice, con l'ausilio di un indicatore, la variazione della pressione nel tempo. I risultati di alcune misure sono riprodotti nella fig. 2. La variazione della pressione obbedisce ad una legge che si può esprimere come segue:

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{k v F}{V_0} t} \qquad [4]$$

da cui con sostituzioni elementari si ricava l'equazione esprimente la legge di variazione della temperatura:

$$T = T_0 e^{-\frac{(k-1) v F}{V_0} t} \qquad [5]$$

Arriviamo così alla conclusione che la diminuzione di pressione in conseguenza dell'uscita del vapore provoca una caduta di temperatura. Ciò risulta in maniera particolarmente evidente dal diagramma dell'entropia della fig. 3. Lo stato

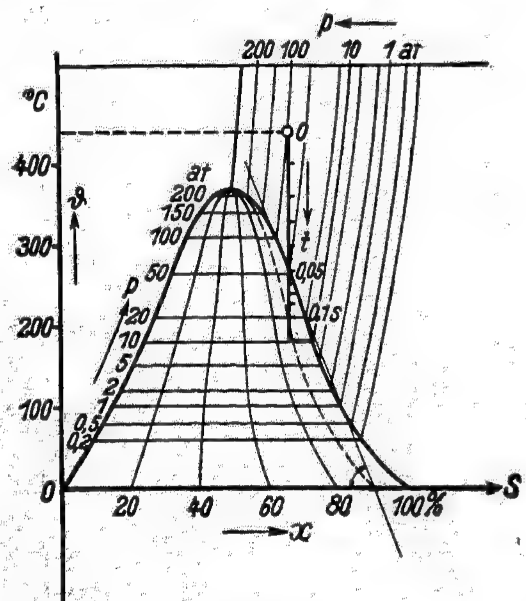


Fig. 3.

iniziale sia indicato dal punto O, al quale corrisponde una pressione di 100 at ed una temperatura di circa 440° C. In una trasformazione adiabatica si può assumere che sia costante il valore dell'entropia, non tenendo conto delle variazioni che servono a ristabilire l'equilibrio delle temperature nell'interno della massa di vapore considerata. La trasformazione allora si compie lungo una parallela all'asse delle ordinate, passante per il punto O. Su questa linea esprimente un cambiamento di stato del vapore, si possono quindi riportare i tempi applicando il metodo di calcolo su menzionato. Nell'esempio considerato si vede che la pressione cade da 100 a 50 at nel tempo di 0,05 sec. Dopo questo tempo il vapore, originariamente surriscaldato, è raffreddato al punto da convertirsi in vapore saturo. Nel campo del vapore saturo la trasformazione avviene con rapidità minore. Per le nostre ulteriori considerazioni è essenziale la quantità di condensato che si separa a causa del progressivo raffreddamento. Il contenuto percentuale di liquido separatosi appare rappresentato nel diagramma dell'entropia dal tratto orizzontale intercettato fra la curva del vapore saturo e la linea indicante il cambiamento di stato del vapore e passante per il punto O. Si ricava per esempio che alla pressione di 10 at, circa il 10 % del vapore si è convertito in liquido. Se si conduce la tangente alla curva limite, si vede che in linea di approssimazione si può assumere essere la quantità di vapore condensato proporzionale all'abbassamento di temperatura. Per questa ragione è più giusto d'ora innanzi riguardare la caduta di temperatura come la grandezza che definisce l'*andamento del fenomeno*, nonostante che un primo esame faccia apparire detto fenomeno dipendente unicamente dalla caduta di pressione.

La fig. 4 mostra un dispositivo per generare una rilevante caduta di temperatura, dispositivo che nella sua semplicità si adatta in particolar modo agli interruttori. Nella detta figura 1 rappresenta una camera metallica sul cui fondo è applicato il

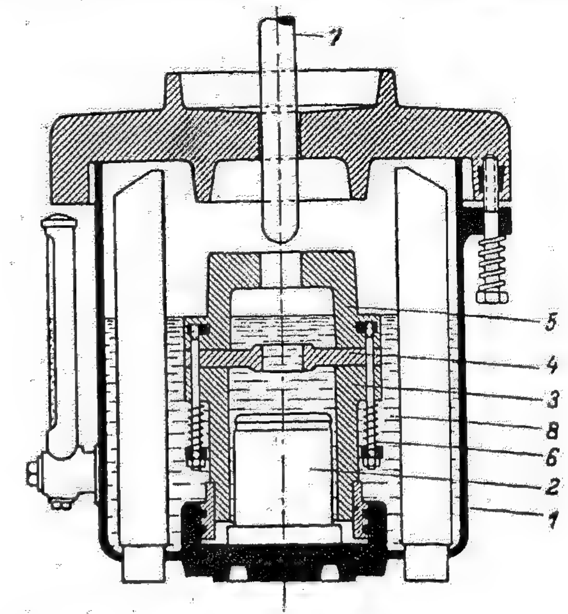


Fig. 4.

contatto fisso 2. Questo contatto è circondato da un cilindro metallico 3, il quale porta un piatto costituito di materiale isolante 4. Superiormente trovasi un pezzo isolante 5; le parti 3, 4 e 5 vengono tenute insieme dalla pressione esercitata dalle molle 6; 7 è il contatto mobile che alla disinserzione viene tirato verso l'alto. Entrambe le camere sono piene di liquido, poniamo ad es. acqua. Quando i contatti 2 e 7 si staccano, si forma in generale un arco che produce l'evaporazione di una parte del liquido. Ad una ben determinata pressione, risultante dalla tensione di taratura delle molle 6, si forma in seguito alla compressione delle stesse un interspazio circolare al disopra o al disotto del piatto 4, ed attraverso di esso il vapore può passare direttamente nella camera 1, dove si condensa nuovamente. Che l'azione di questa camera si esplichi in modo oltremodo favorevole ai nostri scopi, appare senz'altro dall'esame dell'equazione [4]. Se si differenzia e si pone $t = 0$, si ha l'espressione della caduta di pressione

$$\left(\frac{dp}{dt}\right)_{t=0} = -k p_0 \frac{vF}{V_0} \qquad [6]$$

cioè la caduta di pressione è tanto più grande quanto maggiore è la sezione di uscita F nonchè la velocità di uscita v, la quale ultima è funzione delle resistenze idrodinamiche. Queste però diventano piccolissime adottando il dispositivo della fig. 4. Altro fattore essenziale per ottenere una grande caduta è di rendere piccolo il volume di vapore V_0, ciò che si può raggiungere senz'altro dimensionando opportunamente le camere 3 e 5.

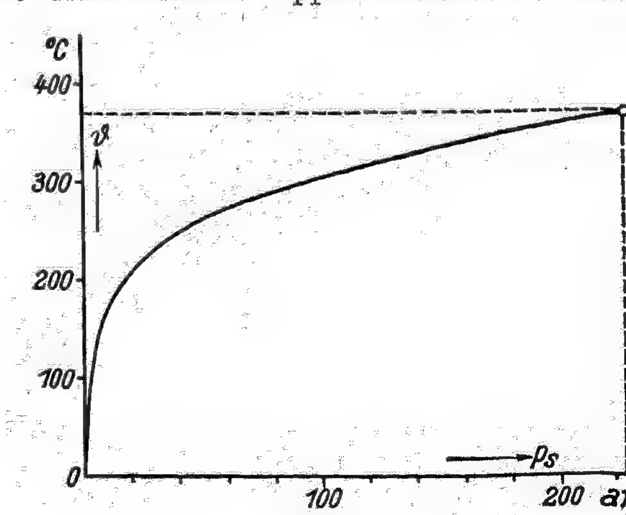


Fig. 5.

Infine, l'equazione [6] dice che aumentando la pressione iniziale p_0, aumenta anche la caduta di pressione, e quindi quella di temperatura. Dalla fig. 5 risulta però che lavorando con pres-

sioni superiori alle 30 at non si consegue alcun risultato pratico, perchè al disopra di quel limite una variazione di pressione sia pur rilevante provoca una caduta di temperatura minima; in altre parole alle alte pressioni l'interruttore lavora con un cattivo rendimento, mentre l'impiego di alte pressioni implica costruzioni molto pesanti e costose. Perciò le molle 6 sono tarate per pressioni variabili fra 15 e 30 at, secondo le diverse esigenze di esercizio. Si arriva così al riconoscimento della funzione della camera di espansione rappresentata nella fig. 4 che realizza costruttivamente le condizioni necessarie al verificarsi dei fenomeni regolati da quelle leggi che noi abbiamo trovato per mezzo del calcolo.

Il processo di estinzione dell'arco in un mezzo liquido avviene secondo quanto abbiamo detto finora nella maniera seguente:

Dopo la separazione dei contatti, una parte del liquido che circonda immediatamente l'arco evapora, un'altra parte passa allo stato gassoso. Al passaggio della corrente per lo zero l'arco si spegne. Si forma quindi fra i contatti un campo elettrico la cui intensità dipende dal modo di variazione della tensione dopo l'interruzione. Questo campo elettrico esercita una forza sulle particelle caricate elettricamente imprimendo loro una accelerazione. Se esistono ancora abbastanza elettroni liberi questi possono acquistare velocità sufficienti a permettere la ionizzazione per urto. Si formano nuove particelle portatrici di carica elettrica che aumentano rapidamente, il che porta in ultima analisi ad una nuova accensione dell'arco. Se invece i raggruppamenti di elettroni intorno alle molecole di vapore hanno luogo con maggior rapidità che non la formazione di nuove particelle portanti carica elettrica, il numero degli elettroni e degli ioni rimasti liberi diminuisce col progredire del tempo; si rende così impossibile una nuova accensione dell'arco; infatti dall'unione di un elettrone con una molecola di acqua nasce un ione di dimensioni circa 30 000 volte maggiori, che non è quasi più passibile di subire un'accelerazione nel campo elettrico. In generale il fenomeno non si limita ad una sola molecola, ma si formano in breve tempo piccole goccie di acqua secondo la nota esperienza di Wilson.

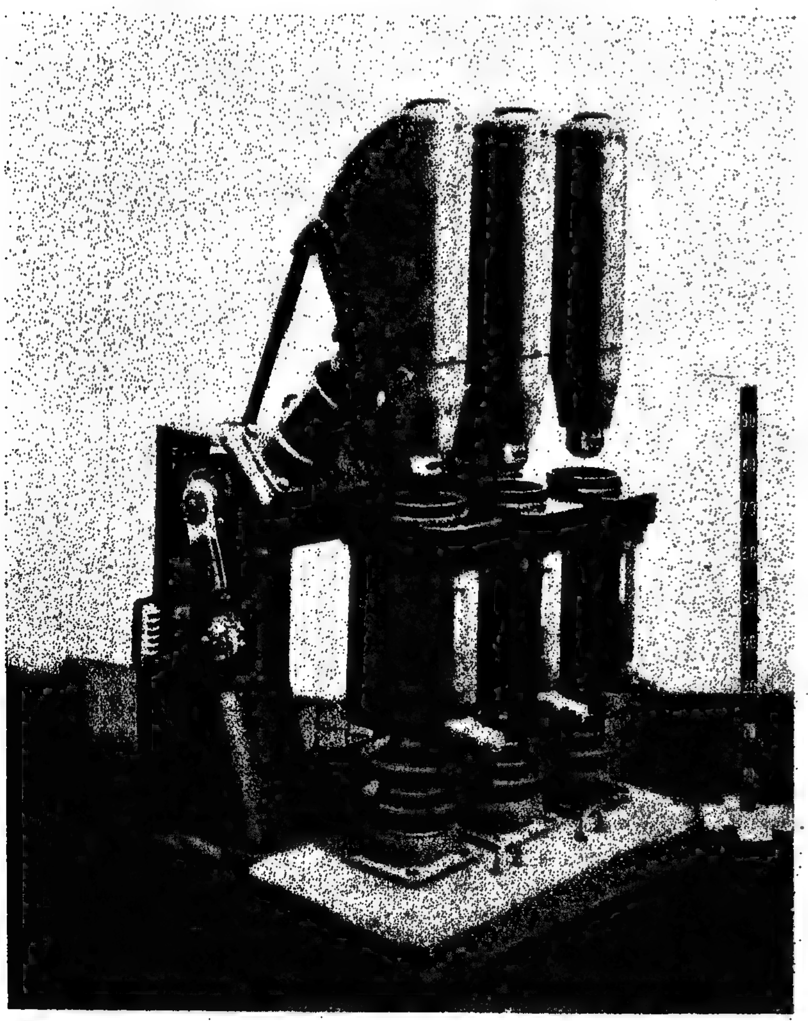


Fig. 6.

CENNI SULLA COSTRUZIONE DELL'INTERRUTTORE AD ESPANSIONE.

La parte essenziale dell'interruttore, la cosidetta camera ad espansione, fu già descritta nella figura 4. La figura 6 mostra un interruttore ad espansione completo per 10 kV e 30 kA corrente massima di disinserzione. La camera di espansione ed

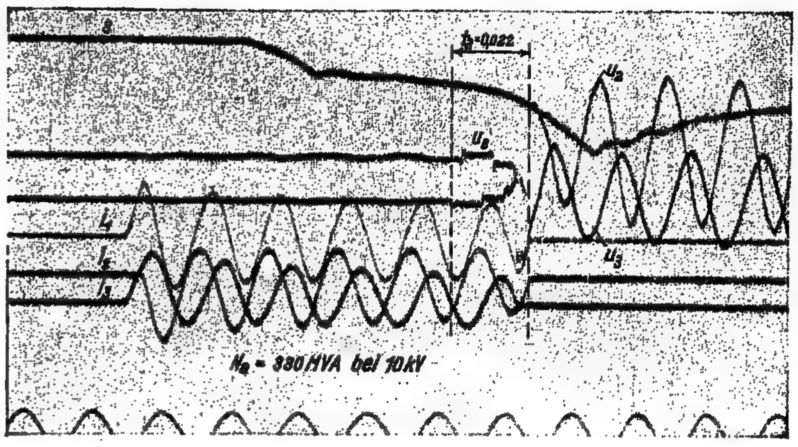


Fig. 7.

il meccanismo di comando per i contatti mobili sono fissati per mezzo di isolatori portanti su di una intelaiatura di ferro. L'albero di inserzione è portato da appositi supporti nello zoccolo di ferro ed accoppiato per mezzo di un'asta isolante col meccanismo di comando dei contatti mobili. La fig. 7 dà la

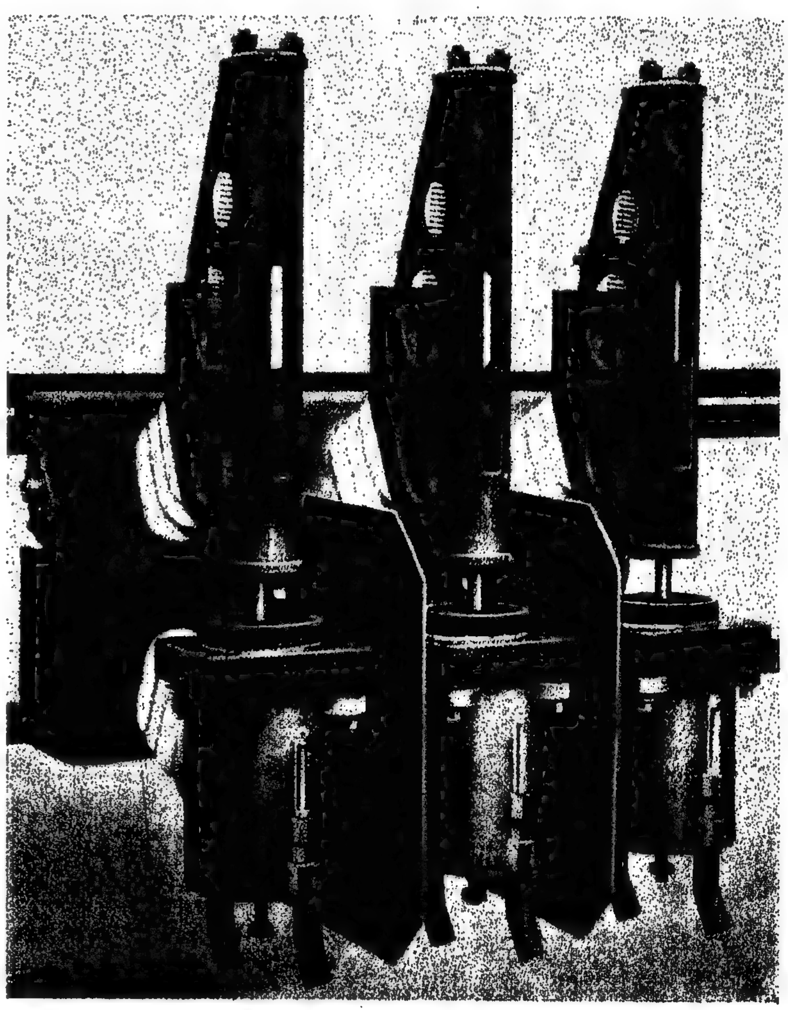


Fig. 8.

riproduzione oscillografica di un processo di disinserzione. L'arco risulta spento dopo 0,022 sec. Un altro modello d'interruttore per una corrente di disinserzione di 15 kA è rappresentato nella fig. 8. La differenza essenziale rispetto al modello della fig. 6 è che esso può essere fissato come un coltello separatore alla parete o ad una intelaiatura di ferro. La sua costruzione corrisponde del resto per quanto riguarda le parti essenziali a quella dell'interruttore della fig. 6.

Poichè la costruzione esterna dell'interruttore ad espansione descritto si differenzia generalmente da quella di un interruttore in olio, in seguito all'adozione di una sola interruzione per

polo, il dimensionamento dei locali dei quadri deve essere eseguito in base a criteri completamente nuovi. Tanto risulta chiaramente da un paragone fra le figure 9*a* e 9*b*, dall'esame

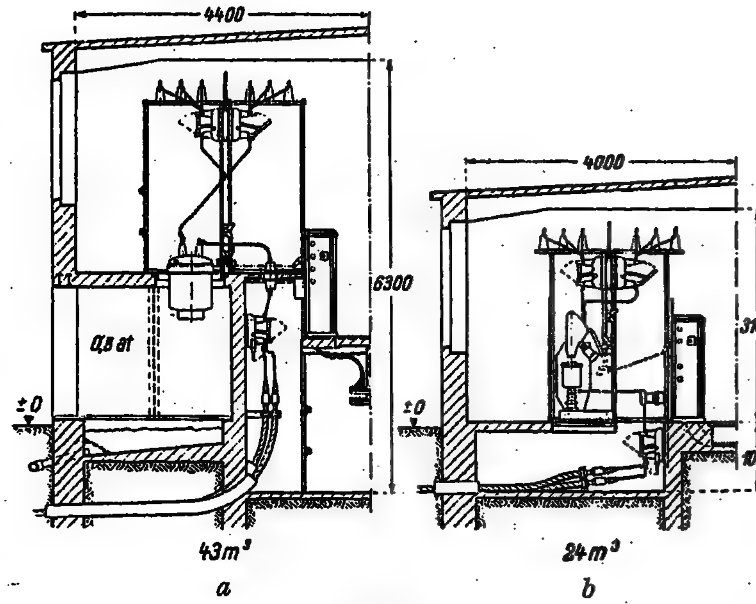


Fig. 9.

delle quali si vede anche che i quadri con interruttori ad espansione importano in generale un notevole risparmio di spazio e quindi di opere murarie. Studi di ordine economico dimostrarono che i quadri con interruttori ad espansione per installazione all'aperto risultano più convenienti di quelli per installazione in luogo chiuso allorchè la tensione di esercizio sorpassa i 30 kV, ed in omaggio a questa considerazione furono in un primo tempo costruiti per tensioni sino a 30 kV interruttori in esecuzione adatta per luoghi chiusi, e per tensioni superiori ai 30 kV fino a 220 kV interruttori per installazione all'aperto. La fig. 10 mostra un interruttore ad espansione per l'aperto e per una tensione di esercizio di 100 kV, avente capacità di disinserire 10 kA ciò che corrisponde ad una capacità di rottura di 1,5 milioni di kVA.

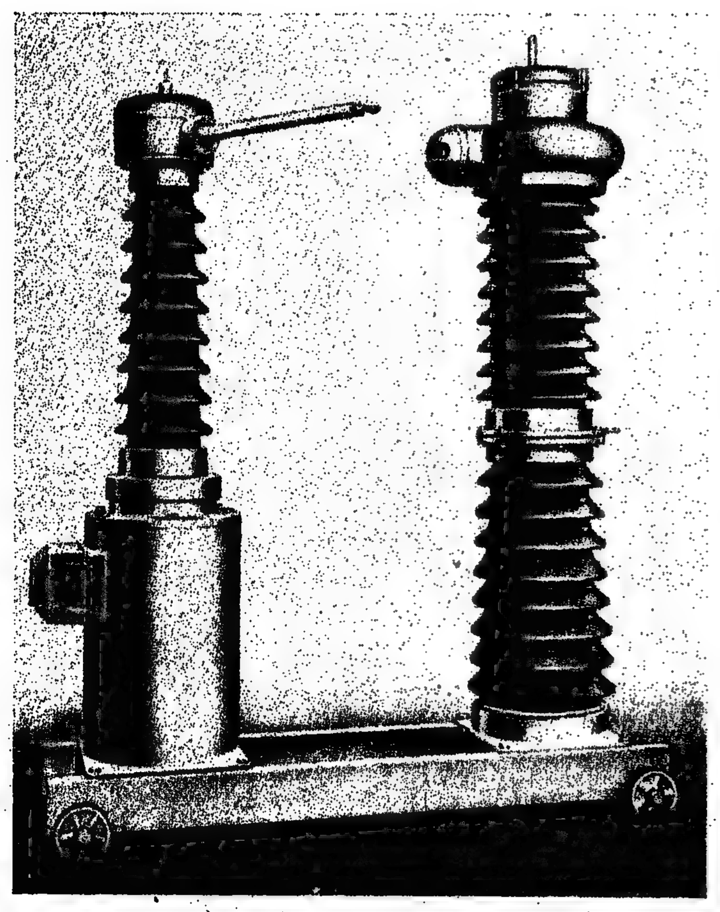


Fig. 10.

L'interruttore di potenza ad interruzione semplice è fissato sopra un robusto isolatore portante, e consta essenzialmente di una camera ad espansione elastica a diversi salti. Il suo azionamento avviene per mezzo di un coltello separatore costruito in modo da formare insieme con l'interruttore di potenza un complesso unico; l'isolatore su cui è fissato il braccio mobile del coltello viene fatto girare a mezzo di un comando a distanza che si trova sotto l'isolatore stesso. La fig. 11 fornisce una

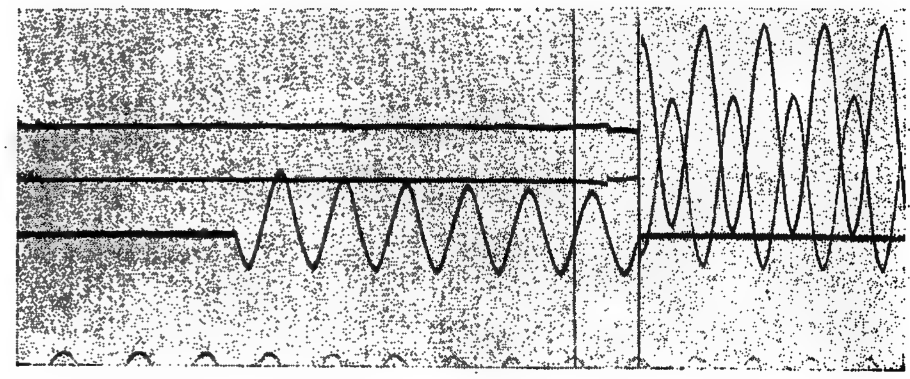


Fig. 11.

riproduzione oscillografica del processo di disinserzione a 100 kV tensione concatenata. L'arco risulta spento dopo 0,02 sec, cioè dopo 2 mezze onde. Questo dovrebbe essere il primo interruttore a liquido a 100 kV in cui la durata dell'arco si limita a 2 sole mezze onde.

Esperienze di esercizio.

Nella primavera del 1930 fu messo in servizio il primo interruttore ad espansione, il quale costruttivamente corrispondeva al modello della fig. 6. Dopo che la pratica ebbe confermato senza eccezione i risultati delle esperienze fatte nella sala di prova ad alta potenza — 1 milione di kVA — (vedi fig. 12) e consacrato come ottima la costruzione meccanica dell'interruttore, furono costruiti rapidamente altri interruttori. Fino al marzo del corrente anno si erano sperimentati in servizio già 150 interruttori installati presso 23 diverse Società elettriche di



Fig. 12.

produzione e di distribuzione di energia, e si può dire senza esagerare che i risultati di queste esperienze hanno oltrepassato anche le nostre speranze più ardite. La perdita di liquido e l'abbruciamento dei contatti rimasero in proporzioni così limitate che, per es., non si poteva notare praticamente alcun cambiamento della superficie dei contatti in un interruttore che fu inserito e disinserito 1800 volte in 6 mesi. Solamente dopo 1500 manovre di tal genere si rese necessario un ulteriore parziale riempimento di liquido. Poichè l'interruttore ad espansione racchiude in sè tutti i vantaggi di quello in olio ed in contrapposto a quest'ultimo dispone di un mezzo non combustibile e quindi perfettamente innocuo, è giustificato il credere che in avvenire il suo impiego si estenderà alla grande maggioranza degli impianti elettrici.

Dott. F. Kesselring.

ING. GINO CRIVELLARI
VICE-DIRETTORE TECNICO DELLA S. I. P.

Note pratiche sul calcolo delle correnti di corto circuito iniziali e permanenti col metodo analitico a reattanze percentuali e col metodo semi-sperimentale (1)

PREMESSA.

Lo scopo della presente relazione è quello di illustrare sommariamente i criteri informatori che guidano il calcolo delle correnti di corto circuito tri-bi-unipolari permanenti e iniziali negli impianti elettrici e di indicare con esempi numerici la materialità delle operazioni stesse in considerazione del punto di vista essenzialmente pratico di queste stesse note.

Trascureremo di approfondire le ragioni teoriche che giustificano le modalità dei calcoli stessi accennando ad esse per quel tanto che basta per operare con discernimento ed abbondando invece in esempi numerici anche quando l'evidenza dei fondamenti teorici a cui questi si ispirano potrebbe per molti rendere superflui gli esempi stessi.

All'esattezza scientifica, che avrebbe condotto a calcoli troppo complessi, è stata sistematicamente sostituita quella pratica approssimazione che concilia l'attendibilità dei risultati con la semplicità dei calcoli in modo che questi possano essere eseguiti anche da personale non eccessivamente specializzato.

Quando l'impianto è semplice, è cioè alimentato da una sola centrale con una o più macchine dello stesso tipo ed attraverso cabine di trasformazione successive collegate fra loro in serie da una sola linea a una o più terne in parallelo e con la *totalità del carico normale* a valle del punto presso in considerazione per il calcolo del corto circuito, allora, e solo allora, i metodi esatti possono preferirsi a quelli approssimati.

Fra i primi citiamo per esempio il metodo del Rüdenberg (2) col quale si viene a tenere conto dello stato di saturazione del circuito magnetico del generatore prima e dopo il corto circuito in corrispondenza al grado di eccitazione considerato.

Quando si hanno invece diverse Centrali in parallelo con macchine di tipo diverso con carichi singoli a cos φ diversi e variabili di ora in ora, il tenere conto con eccessivo scrupolo di ogni elemento perturbatore dà semplicemente l'illusione dell'esattezza alla fine del laborioso risultato ottenuto.

Agli scopi prettamente utilitari è più vantaggioso sintetizzare le caratteristiche di ogni macchina con la semplice conoscenza delle correnti di c. c. ai morsetti iniziale (sola componente alternata) e permanente corrispondenti a quello stato medio effettivo di eccitazione che si ritiene possa verificarsi in pratica ed essere il più gravoso (1) e non preoccuparsi della effettiva influenza che la forma della caratteristica a vuoto ha sul calcolo dei c. c. secondo che questi sono più o meno elettricamente distanti dal generatore. Le caratteristiche dei generatori sono state così sempre indicate sotto la forma di tre reattanze percentuali (sincrona – dispersione – reazione d'indotto) riferite alla tensione a carico ed ammettendo l'invariabilità di questi valori qualunque sia l'entità del c. c. che attraversa la macchina.

Tutto ciò non è esatto, ma sufficientemente approssimato per lo scopo che deve proporsi l'industriale elettrico in relazione anche al tempo che ha disponibile per questo genere di calcolazioni.

Con questi concetti sono stati compilati dei diagrammi che permettono di conoscere rapidamente le impedenze percentuali delle linee aeree alle diverse tensioni di esercizio e per diverse sezioni di conduttori in rame, ottenendosi così anche per questo elemento dell'impianto, un coefficiente omogeneo con quello normalmente conosciuto per le macchine le cui reattanze industrialmente sono espresse in forma percentuale di caduta di tensione a pieno carico.

I diagrammi sono riferiti per ora alla sola frequenza di 50 periodi, per quelle a 16 2/3, 42 e 46 periodi abbiamo per ora semplicemente allegata una tabella con i valori delle resistenze, induttanze, reattanze ed impedenze dai quali facilmente si può risalire alle reattanze percentuali.

Chiudiamo infine l'esposizione accennando al metodo semi-sperimentale che permette di dedurre direttamente sugli impianti in esercizio la corrente di c. c. iniziale, permanente e ritardata, sollevando l'esercente dall'esecuzione di calcoli che per quanto semplici, presi singolarmente tronco per tronco, risultano in ogni modo di applicazione alquanto laboriosa per gli impianti complessi, di tipo a maglia chiusa o con parecchi centri di alimentazione.

In appendice abbiamo inoltre riportato l'applicazione del metodo a reattanze percentuali alla linea a 220 kV dell'Isarco e di quello semi-sperimentale alla ricerca della corrente di c. c. permanente su due importanti gruppi di impianti della S.I.P. funzionanti normalmente non in parallelo, ma tra i quali potevansi pure effettuare dei paralleli momentanei.

(1) La presente memoria è stata compilata dall'Autore per incarico del Presidente del Sottocomitato Interruttori del C. E. I. allo scopo che essa formi oggetto di discussione del Sottocomitato stesso e serva di base per una appendice da porsi alle Norme Interruttori.

(2) REINHOLD RÜDENBERG: « Kurzschlussströme beim Betrieb von Grosskraftwerken ». Berlin – Julius Springer 1925.

(1) Salvo indicazioni contrarie generalmente i costruttori danno le correnti di c. c. iniziale e permanenti ai morsetti di macchina in corrispondenza all'eccitazione di pieno carico a cos φ = 0,8 in ritardo.

DIAGRAMMI PER IL CALCOLO RAPIDO DELLA IMPEDENZ[A]

***

Metodo analitico.

1) *Corrente di c. c. iniziale e permanente.*

La corrente di c. c. iniziale è la corrente che si determina all' inizio del c. c. Essa si compone di una componente unidirezionale - transitoria, di una componente alternata - transitoria e di una componente alternata-permanente. Il valore della componente unidirezionale o continua dipende dall'istante di chiusura del c. c. ed è tanto maggiore quanto più è diverso quel momento da quello che corrisponderebbe al naturale passaggio per lo zero della componente alternata totale iniziale, ossia praticamente quanto più siamo lontani dall'istante in cui si verifica il massimo valore della tensione. Interpolando si ricava che il suo valore teorico massimo per $t = 0$ può raggiungere tutto al più *quello dell'ampiezza della corrente alternata totale iniziale.* Effettivamente solo 8/10 di questo valore si sommano alla prima ordinata massima della corrente alternata totale iniziale.

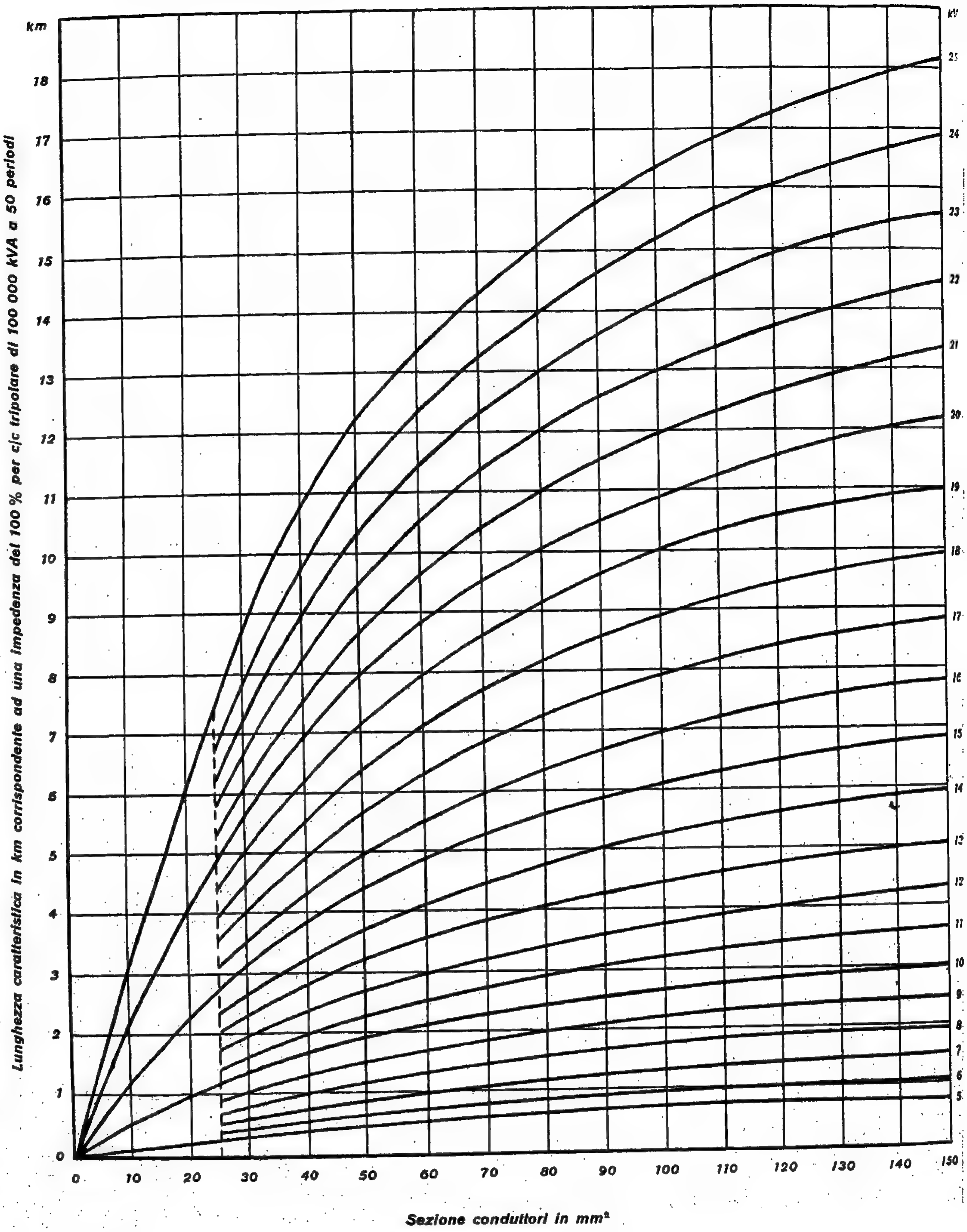


Fig. 1.

La componente alternata totale iniziale dipende esclusivamente dalla reattanza di dispersione dei generatori e dalla impedenza dei trasformatori e delle linee interessate dalla corrente di c. c., ed il suo valore decresce fino a ridursi al valore della corrente di c. c. permanente allorquando la reazione d'indotto nei generatori ha raggiunto il suo pieno effetto.

La decrescenza dei valori della componente unidirezionale e di quella alternata avvengono all'incirca secondo una legge esponenziale con una costante di tempo, per c. c. ai morsetti dei generatori, di circa 0,1 secondi per la componente unidirezionale e di un secondo per la componente alternata. Dette costanti di tempo si riducono notevolmente per c. c. sulle reti e tanto più quanto più elettricamente distante dai generatori trovasi il punto del c. c. considerato.

2) *Corti circuiti tripolari.*

Se indichiamo per un generatore della potenza di P_g kVA con I_n, $I_{c/cp}$, $I_{c/ci}$, i valori conosciuti efficaci rispettivi della corrente normale di pieno carico ad un cos φ determinato (generalmente cos φ = 0,8 in ritardo) e delle correnti alternate di c. c. permanente e iniziale che si verificano nelle previste condizioni di eccitazione di p. c., si ha che la reattanza di dispersione e la reattanza sincrona e la reazione d'indotto del generatore sono espresse approssimativamente in forma percentuale dalle formule:

ERCENTUALE DELLE LINEE PER CORTO CIRCUITO TRIPOLARE

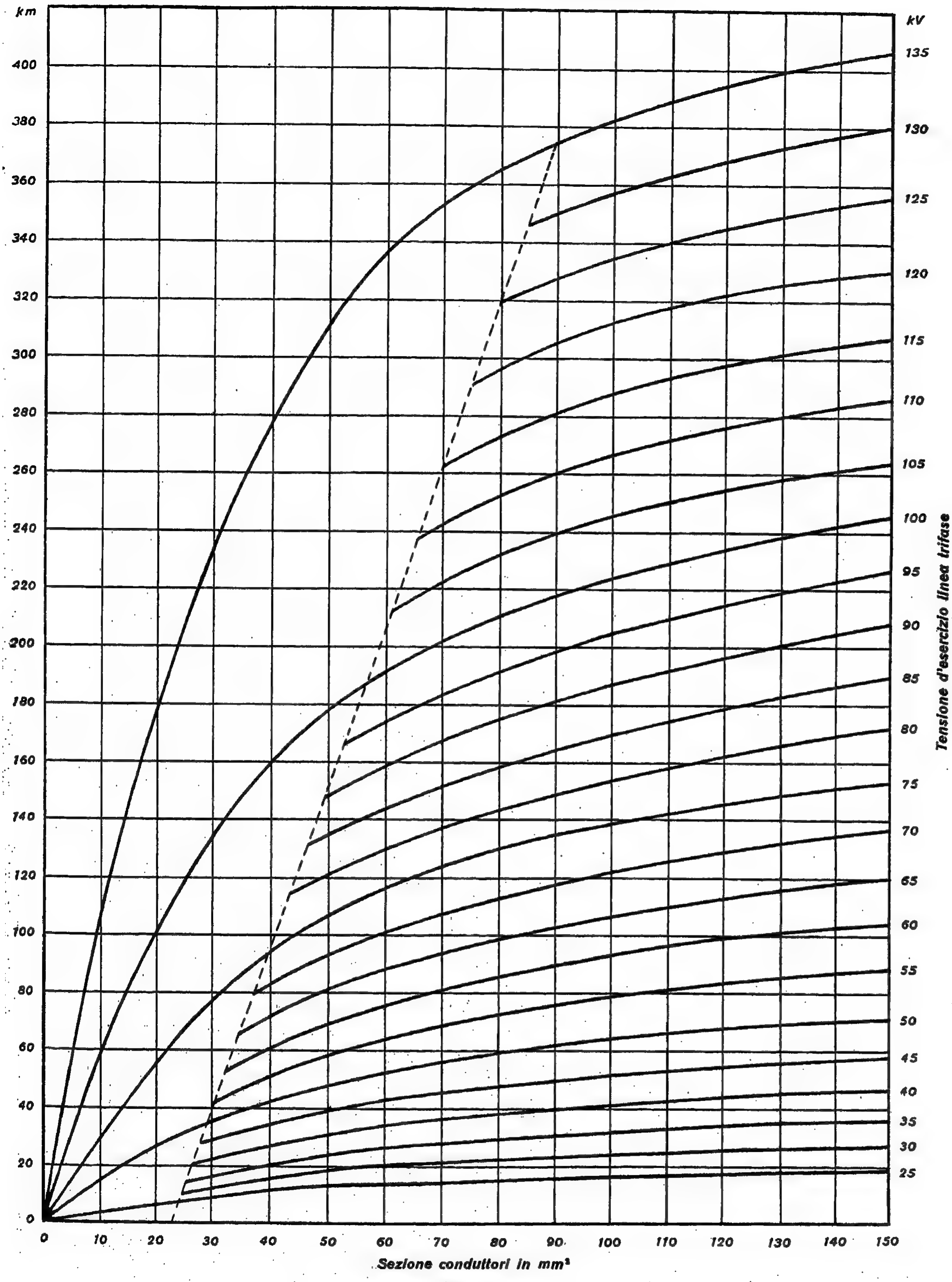


Fig. 2.

Per linee a 220 kV con conduttori in alluminio, (∅ 25 mm circa, distanza tra i conduttori m 7,50), la lunghezza caratteristica varia da 1050 a 1150 km secondo che i conduttori sono in un piano o ai vertici di un triangolo equilatero.

reattanza di dispersione $x_d = 100 \cdot \frac{I_n}{I_{c/ci}}$

reattanza sincrona $x_s = 100 \cdot \frac{I_n}{I_{c/cp}}$

da cui:

reazione d'indotto $x_i = x_s - x_d$

Avremo quindi, trascurando o meno la reazione di indotto:

corrente di c. c. iniziale

$$I_{c/ci} = I_n \cdot \frac{100}{x_d};$$

corrente di c. c. permanente

$$I_{c/cp} = I_n \cdot \frac{100}{x_s}$$

Se allora nelle formule precedenti anzichè esprimere il carico normale dell'alternatore con la corrente I_n lo esprimiamo con la corrispondente potenza P_n in kVA, *anche i c. c. verranno espressi con un termine di potenza e che ha un significato esclusivamenmatematico di prodotto della corrente di c. c. per la tensione e per $\sqrt{3}$.* Avremo quindi:

potenza di c. c. iniziale:

$$P_{c/ci} = P_n \cdot \frac{100}{x_d};$$

Potenza di c. c. permanente:

$$P_{c/cp} = P_n \cdot \frac{100}{x_s};$$

Con questa forma di espressione il calcolo della equivalente corrente di c. c. in un punto qualsiasi è facilitato poichè, se si esprimono le impedenze percentuali dei generatori, dei trasformatori e delle linee sulla base di una potenza comune arbitraria P kVA, si ha che il c. c. in termini di potenza è espresso dalla semplice formula

$$P_{c/c} = P \cdot \frac{100}{z_g + z_t + z_l}$$

in cui z_g, z_t, z_l sono le reattanze percentuali dei generatori dei trasformatori e delle linee a monte del c. c. Dal valore $P_{c/c}$ si ricava subito la corrente di c. c.

$$I_{c/c} = \frac{P_{c/c}}{kV \cdot \sqrt{3}}$$

Con questo sistema si evitano gli errori che si possono commettere nel riportare le varie impedenze ohmiche ad una

tensione unica e nel convertire le impedenze percentuali del macchinario e dei trasformatori in valori ohmici.

Se la impedenza percentuale Z_x di un elemento di circuito è conosciuta in funzione di una potenza P_x diversa da quella comune P adottata, il valore Z, riportato a quest'ultima, sarà dato da:

$$Z = Z_x \cdot \frac{P}{P_x}$$

Per quanto riguarda le linee esterne abbiamo ritenuto opportuno esprimere nei diagrammi delle figg. 1 e 2 le impedenze per mezzo della lunghezza caratteristica L in chilometri, che equivale a quella per la quale si verifica una impedenza del 100 % con un c. c. tripolare simmetrico di 100 000 kVA. La reattanza percentuale Z_l di una linea di data sezione, tensione di esercizio e lunghezza l, sulla base di una potenza arbitraria P, espressa in kVA, sarà data perciò da:

$$Z_l = 100 \; \frac{l}{L} \cdot \frac{P}{100\,000}$$

in cui L è la lunghezza caratteristica ricavata dai diagrammi per una linea esterna di quella data sezione e tensione di esercizio (v. figg. 1 e 2).

ESEMPIO: Si voglia determinare la corrente di c. c. tripolare iniziale e permanente nel punto A di un impianto costituito come dallo schema qui riportato:

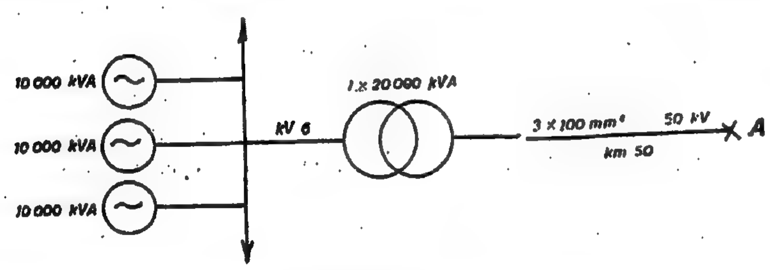


Fig. 3.

ed avente le seguenti caratteristiche elettriche:

Centrale: N. 3 alternatori da 10 000 kVA, 6 000 V e tali che:

$$\frac{I_{c/ci}}{I_n} = \frac{\text{corrente di c. c. iniziale}}{\text{corrente normale}} = 5.3$$

$$\frac{I_{c/cp}}{I_n} = \frac{\text{corrente di c. c. permanente}}{\text{corrente normale}} = 2;$$

N. 1 trasformatore da 20 000 kVA con rapporto 6000/50 000 V, tensione di c. c. 9%

Linea: lunghezza km 50, conduttori 3×100 mmq.

Assumendo una potenza base arbitraria P di 50 000 kVA avremo, espresso in %:

reattanza propria di dispersione dei generatori $= \frac{100}{5{,}3} = 18{,}7$

reattanza propria sincrona dei generatori $= \frac{100}{2} = 50$

reattanza base di dispersione del gruppo generatore $= 18{,}7 \times \frac{50\,000}{30\,000} = 31{,}2$

reattanza base sincrona del gruppo generatore $= 50 \times \frac{50\,000}{30\,000} = 83{,}3$

impedenza base del trasformatore $= 9 \times \frac{50\,000}{30\,000} = 15$

Lunghezza caratteristica della linea:

dai diagrammi si ricava L = km 64 per cui l'impedenza base in % della linea è $100 \; \frac{50}{64} \times \frac{50\,000}{100\,000} = 39;$

avremo quindi:

reattanza totale in % per c. c. iniziale $= 31{,}2 + 15 + 39 = 85{,}2$

reattanza totale in % per c. c. permanente $= 83{,}3 + 15 + 39 = 137{,}3$

per cui:

(c. c. iniziale) $P_{c/ci} = 100 \; \frac{50\,000}{85{,}2} = 58\,500$ kVA

(c. c. permanente) $P_{c/cp} = 100 \; \frac{50\,000}{137{,}3} = 36\,500$ kVA

corrispondenti rispettivamente sulle sbarre di macchine e in linea a:

5 650 e 675 A per il c. c. iniziale,

3 500 e 420 A per il c. c. permanente.

Prima di chiudere l'argomento del c. c. tripolare accenneremo brevemente alla tensione di ritorno ed ai diversi modi in uso per valutare la corrente di c.c. iniziale; modi che possono ingenerare degli equivoci nell'apprezzamento delle garanzie offerte per gli interruttori.

a) Tensione di ritorno: chiamasi tensione di ritorno il valore efficace della tensione alternata che si manifesta fra i morsetti degli interruttori *immediatamente* dopo l'apertura definitiva del c. c. Detta tensione è generalmente inferiore a quella normale preesistente al c. c. ed *approssimativamente*, non tenendo conto della modifica delle cadute di tensione provocata dall'eventuale modifica del carico normale per effetto del c. c., è data dalla tensione normale moltiplicata per il rapporto tra la corrente di c. c. permanente e quella iniziale

$$V_r = V_n \cdot \frac{I_{c/cp}}{I_{c/ci}}$$

Siccome detto rapporto tende ad avvicinarsi all'unità man mano che il punto della rete preso in considerazione per il c. c. si allontana elettricamente dai generatori, ne risulta che in mancanza di dati sicuri è buona norma prendere senz'altro per tensione di ritorno la tensione normale di esercizio. Il valore di detta tensione di ritorno è fondamentale per la sollecitazione interna degli interruttori all'atto dell'interruzione di un c. c. di data intensità efficace.

Confondendosi spesso, per ragioni di prudenza detta tensione di ritorno con quella normale, l'espressione convenzionale della capacità di rottura degli interruttori viene ad essere spesso espressa in funzione dello stesso numero di kVA *da noi usato per le calcolazioni.*

I due concetti ed i due scopi sono però essenzialmente diversi se per gli interruttori vogliamo esprimere una grandezza che sia in relazione al lavoro di rottura.

b) Corrente iniziale di c. c.: nella determinazione della capacità convenzionale di rottura degli interruttori per i c. c. iniziali, a differenza di quanto avviene per i c. c. permanenti, si possono adottare espressioni numeriche ben diverse per esprimere la stessa cosa a seconda del modo con cui si intende identificata la corrente di c. c. asimmetrica.

Tre sono infatti le consuetudini (vedi fig. 4):

1° Assumere per la corrente il valore efficace I_a della sola componente alternata.

2° Assumere per la corrente il valore efficace I_{ac} della corrente risultante intesa come radice quadrata della somma

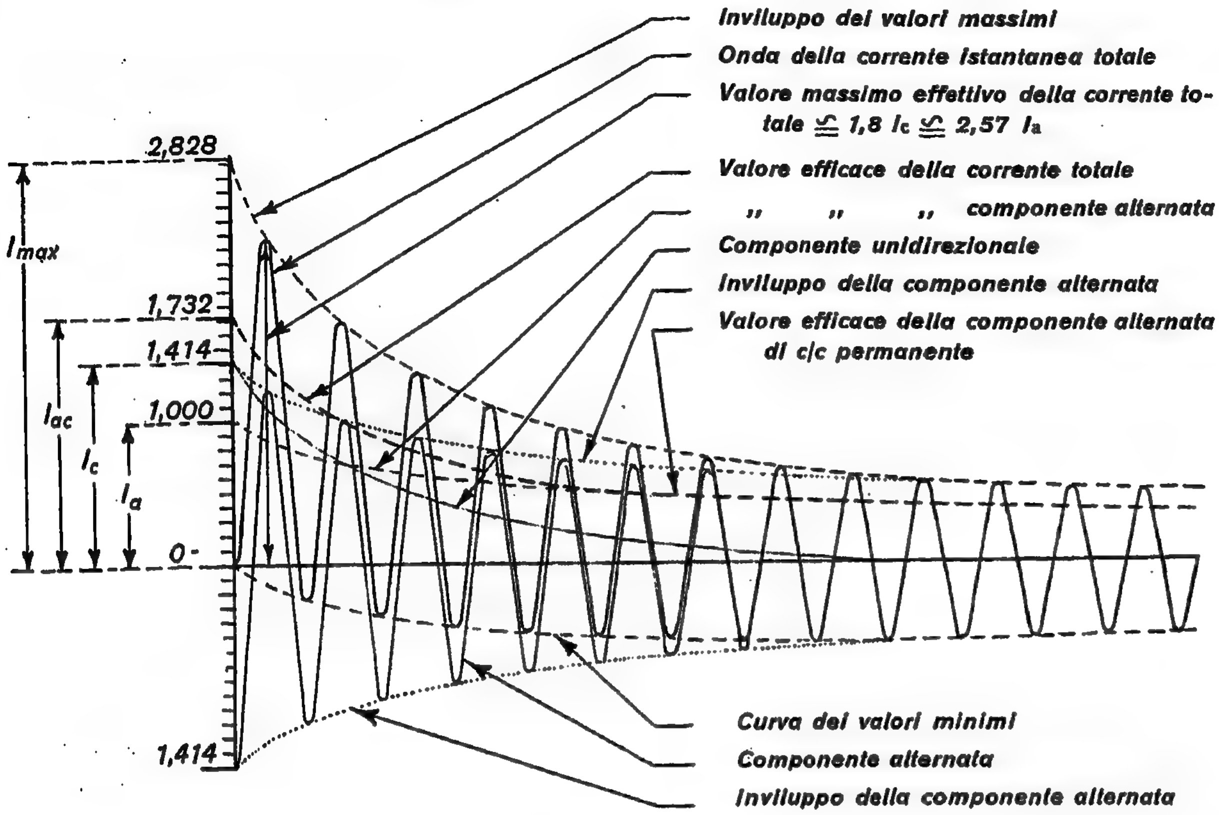


Fig. 4.

dei quadrati del valore efficace I_a della componente alternata e di quello I_c della componente continua, ossia

$$I_{ac} = \sqrt{I_a^2 + I_c^2}$$

Essendo al massimo $I_c = I_a \sqrt{2}$ avremo al massimo:

$$I_{ac} = I_a \sqrt{3} = 1{,}732\, I_a$$

ossia la capacità di rottura verrà espressa in questo secondo caso da un numero $\sqrt{3}$ volte più grande di quello adottato con la prima convenzione.

3° Assumere per la corrente il valore istantaneo I_{max} della corrente. Detto valore è dato dalla somma aritmetica della componente continua I_c con quello dell'ampiezza della componente alternata misurata sulla prima alternanza.

Avremo quindi al massimo:

$$I_{max} = I_c + \sqrt{2}\, I_a = 2\sqrt{2}\, I_a = 2{,}828\, I_a.$$

Praticamente per effetto della elevata attenuazione della componente continua questa si riduce a 0,8 del suo valore massimo in corrispondenza a quello massimo della corrente alternata, per cui

$$I_{max} = 1{,}8\ \sqrt{2}\ I_a = 2{,}57\ I_a.$$

Ossia in questo terzo caso la capacità di rottura verrà espressa da un numero variabile da 2.85 a 2.57 volte quello adottato con la prima convenzione.

Occorre perciò, per il confronto delle garanzie offerte per interruttori destinati ad aprire c. c. iniziali, ben chiarire con il fornitore il modo con cui si è inteso di misurare il fattore corrente nella espressione della capacità di rottura.

Per quanto riguarda invece il fattore «tensione di ritorno», nel caso di apertura di c.c. iniziali, non vi è equivoco poichè per detta tensione devesi sempre assumere almeno il valore normale efficace della tensione di esercizio.

Per c. c. ritardati valgono considerazioni analoghe per la valutazione della corrente, mentre per il termine tensione occorre chiarire se si è inteso di assumere il valore della tensione normale V_n o quello della tensione di ritorno $V_r = V_n \frac{I_{c/c}}{I_{c/ci}}$ in cui $I_{c/c}$ è il valore efficace della componente alternata al momento dell'apertura, e $I_{c/ci}$ quello pure efficace della sola componente alternata iniziale.

3) *Corto circuito bipolare.*

Più comune del c. c. tripolare simmetrico è il c. c. bipolare, cioè quello fra due fasi.

Il calcolo in questo caso si può ricondurre a quello del c. c. tripolare di pari intensità nel punto del c. c., tenendo conto in qual modo si devono considerare modificate le impedenze percentuali dei vari elementi del circuito a monte, già conosciute ed espresse in funzione del c. c. tripolare simmetrico *di pari intensità base.*

Considerazioni teoriche, confermate anche da esperienze, dimostrano che in tal caso le impedenze di linea e dei trasformatori devono intendersi uguali a $\frac{2}{\sqrt{3}}$ volte quelle adottate per c. c. tripolare, mentre la reattanza di dispersione dei generatori, per effetto della mutua induzione fra gli avvolgimenti statorici, può ritenersi uguale a quella adottata per il c. c. tripolare. La reazione d'indotto invece dovrà ritenersi uguale a $\frac{1}{\sqrt{3}}$ di quella per il c. c. tripolare.

Risalendo dal punto del c. c. ai generatori si osserva che il c. c. si mantiene di tipo bipolare qualora i trasformatori abbiano le connessioni primarie e secondarie dello stesso tipo cioè λ/λ oppure Δ/Δ mentre se le connessioni sono λ/Δ o Δ/λ un c. c. bipolare al secondario si riporta al primario interessando tutte e tre le fasi in modo tale che se il rapporto di trasformazione è 1/1 le intensità primarie divengono rispettivamente $\frac{2}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}}$ di quella al secondario.

Si dimostra però che anche in questo caso per il calcolo delle impedenze percentuali vale quanto già detto per il c. c. bipolare *purchè ci si riferisca sempre ad una potenza convenzionale di c. c. tripolare di intensità uguale a quella del c. c. bipolare puro verificatosi a valle nel punto preso in considerazione.*

Esempio: Si prenda lo stesso esempio già trattato precedentemente e si supponga di volere calcolare il c. c. bipolare in *A*.

Assumendo come prima una potenza base tripolare di 50 000 kVA avremo un'intensità base di c. c. bipolare di $\frac{50\,000}{50 \times \sqrt{3}} = 123$ A e per gli altri dati quanto è specificato nella tabellina che segue.

Avremo quindi:

impedenza totale in % per
- c. c. iniziale: $31{,}2 + 17{,}4 + 45{,}2 = 93{,}8$
- c. c. permanente: $31{,}2 + 30 + 17{,}4 + 45{,}2 = 123{,}8$

Fig. 5. - DIAGRAMMI PER IL CALCOLO RAPIDO DELL'IMPEDENZA PERCENTUALE DELLE LINEE ESTERNE PER CORTO-CIRCUITO UNIPOLARE

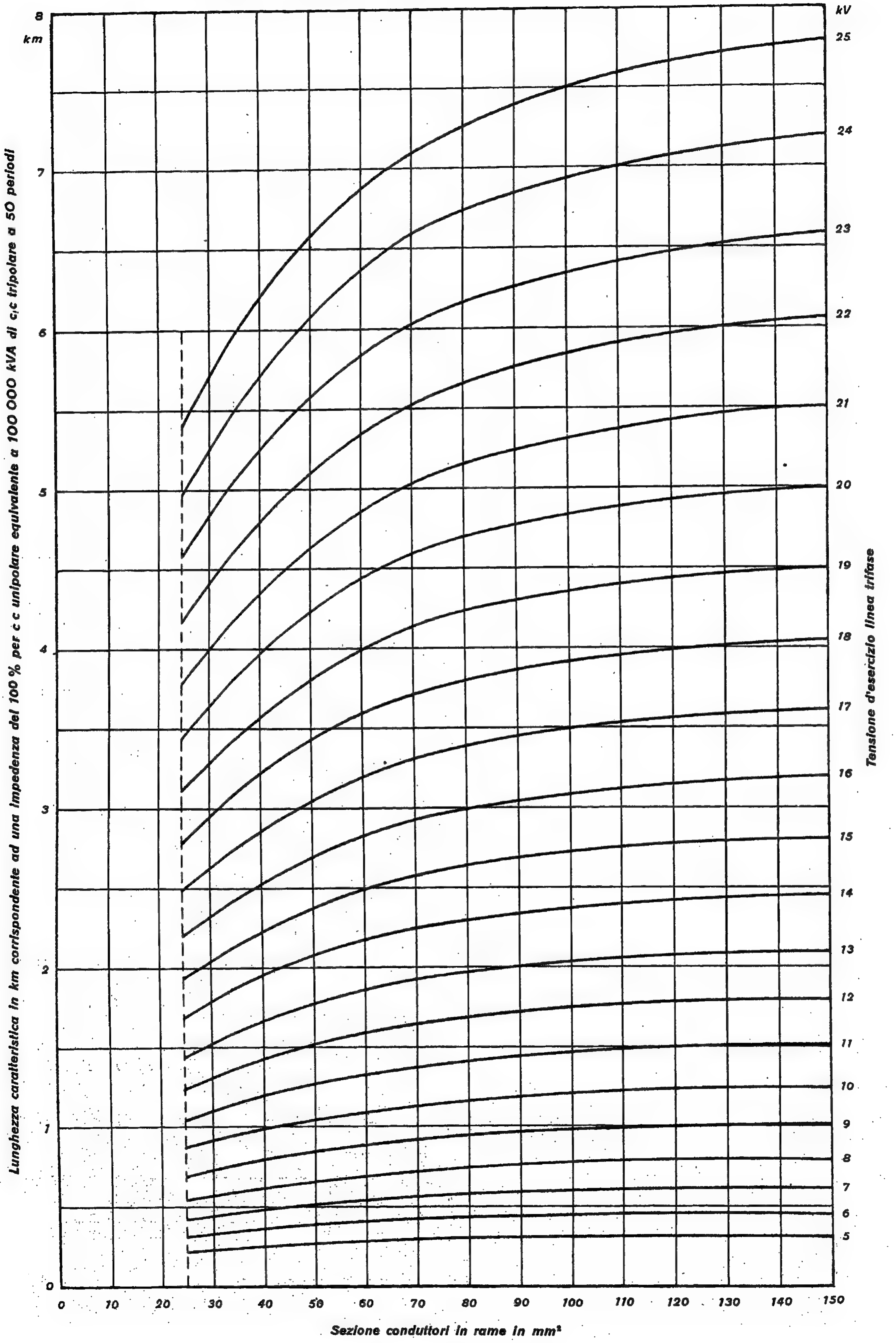
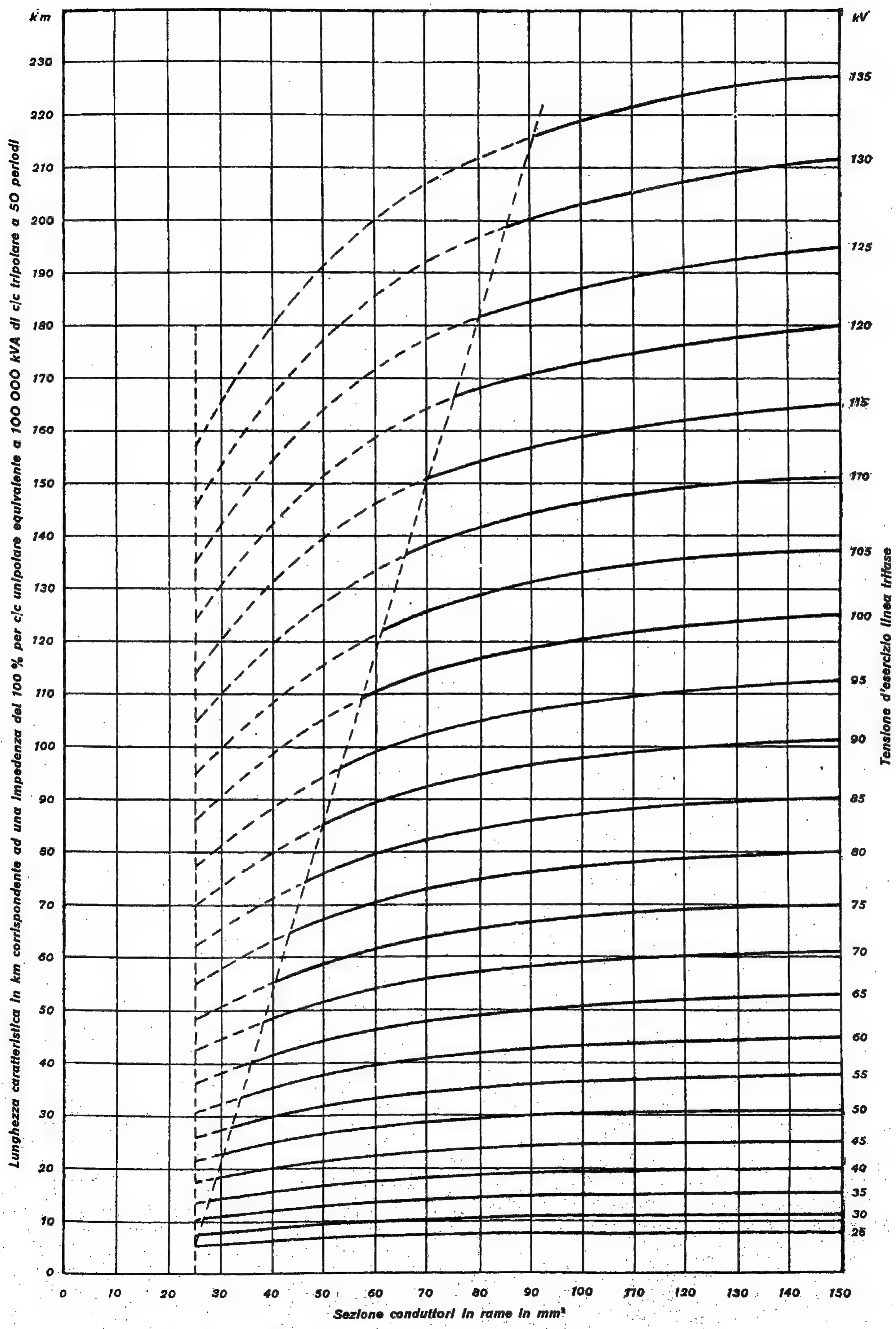


Fig. 6. - DIAGRAMMI PER IL CALCOLO RAPIDO DELL' IMPEDENZA PERCENTUALE DELLE LINEE ESTERNE PER CORTO-CIRCUITO



Per linee a 220 kV con conduttori in alluminio (∅ 25 mm circa) la lunghezza caratteristica per c/c unipolari è di circa 650 km (per c/c tripolari è invece di circa 1100 km)

	Impedenze o reattanze in %	
	tripolari	bipolari
Reattanza dispersione generatori	31,2	31,2
Reazione di indotto generatori	83,3—31,2=52,1	$52{,}1 \frac{1}{\sqrt{3}} = 30$
Impedenze trasformatori..	15	$15 \frac{2}{\sqrt{3}} = 17{,}4$
Impedenza linea	39	$39 \frac{2}{\sqrt{3}} = 45{,}2$

per cui:

$$\text{potenza c. c.} \begin{cases} \text{iniziale} = \text{kVA}\,100 \dfrac{50\,000}{93{,}8} = 53\,500 \text{ kVA} \\ \text{permanente} = \text{kVA}\,100 \dfrac{50\,000}{123{,}8} = 40\,500 \text{ kVA;} \end{cases}$$

per il c. c. tripolare avevamo trovato rispettivamente

kVA 58 500 e kVA 36 500

Qualora il trasformatore abbia le connessioni Δ/Δ o ⅄/⅄ il c. c. si manterrà bipolare pure nel circuito di macchina e la corrente avrà quindi sulle sbarre di macchina ed in linea i seguenti valori:

	Corrente di c. c.	
	iniziale	permanente
Sulle sbarre delle macchine	$\frac{53\,500}{6\times\sqrt{3}} = 5\,150\text{A}$	$\frac{40\,500}{6\times\sqrt{3}} = 3\,900\text{A}$
In linea	$\frac{53\,500}{50\times\sqrt{3}} = 620\text{A}$	$\frac{40\,500}{50\times\sqrt{3}} = 468\text{A}$

Qualora il trasformatore elevatore avesse le connessioni ⅄/Δ o Δ/⅄ l'intensità di c. c. bipolare in linea non è modificata, poichè le reattanze percentuali non cambiano; ma sulle tre fasi delle sbarre di macchina avremo le seguenti intensità:

Fase	Corrente di c. c.	
	iniziale	permanente
A (la più carica)	$5\,150 \frac{2}{\sqrt{3}} = 5\,950\text{A}$	$3\,900 \frac{2}{\sqrt{3}} = 4\,500\text{A}$
B e C (le meno cariche)	$5\,150 \frac{1}{\sqrt{3}} = 2\,975\text{A}$	$3\,900 \frac{1}{\sqrt{3}} = 2\,250\text{A}$

In altre parole il c. c. bipolare si trasforma in uno pseudo c. c. tripolare che potremo chiamare, tanto per intenderci, bi-tripolare.

4) *Corto circuito unipolare.*

Ancora più comune del c. c. tra due fasi e del conseguente c. c. bipolare è il contatto di una fase verso terra. In questo caso però si ha un vero c. c. se il trasformatore od i trasformatori che alimentano la linea hanno il secondario a stella con neutro francamente a terra. Se ciò non si verifica, attraverso la terra accidentale si ha una corrente notevolmente inferiore dovuta al ritorno delle correnti di capacità verso terra delle altre due fasi sane. Noi ci occuperemo solo del primo caso, cioè di quando, avendosi nel trasformatore alimentatore immediatamente a monte il neutro secondario a terra, si ha un vero e proprio c. c. unipolare per un accidentale contatto di una fase con la terra.

In questo caso il ritorno della corrente avviene attraverso il terreno ed il circuito così formato dal conduttore e dal terreno, presenta una reattanza chilometrica superiore a quella stellata di un conduttore per c. c. tripolare. Alla frequenza di 50 periodi essa è dell'ordine di circa 0,85 ÷ 0,75 ohm per km per conduttori di sezione crescente da 25 a 150 mmq. La resistenza chilometrica del terreno, sempre per corrente alla frequenza di 50 periodi, è dell'ordine di 0,10 ohm. Secondo personali esperienze condotte su linee di montagna e di pianura è stato trovato che la reattanza è pressochè indipendente dalla natura del terreno sottostante, mentre la resistenza chilometrica può variare notevolmente. Mentre per una linea in montagna è stato misurato 0,11 ohm/km, per una in pianura, ampiamente coltivata a risaie, è stato trovato 0,4 ohm/km.

Comunque queste forti variazioni nella resistenza chilometrica di fronte alla schiacciante preponderanza della reattanza non hanno importanza per il calcolo della corrente di c. c unipolare. *Anche qui, come per il c. c. bipolare, ci riferiremo per la valutazione delle reattanze ad una potenza base tripolare equivalente di pari intensità a quella del c.c. unipolare nel punto considerato*, modificando i singoli valori delle impedenze e reattanze percentuali tripolari corrispondenti secondo quanto staremo per dire.

Supponiamo innanzi tutto che il c. c. unipolare si mantenga tale fino al generatore e poichè ciò avvenga si richiede che tutti i trasformatori interessati dal c. c. abbiano le connessioni primarie e secondarie a stella con neutro a terra, e che pure il generatore abbia la connessione statorica a stella con neutro a terra.

In questo caso si dimostra che per il calcolo della corrente di c. c. unipolare riferita ad una potenza di c. c. tripolare equivalente, le impedenze percentuali tripolari dei trasformatori restano invariate mentre quelle di linea sono deducibili dai diagrammi delle figg. 5 e 6 tracciati con i dati sperimentali trovati e con le stesse modalità adottate per i diagrammi dei c. c. tripolari. Naturalmente in questo caso le lunghezze caratteristiche sono assai inferiori a quelle adottate per il c. c. tripolare simmetrico. La reattanza di dispersione dei generatori, per effetto della mutua induzione tra gli avvolgimenti statorici risulta $\frac{\sqrt{3}}{2}$ volte quella corrispondente al c. c. tripolare. La reazione d'indotto invece dovrà ritenersi uguale a 1/3 di quella adottata per il c. c. tripolare.

Se un trasformatore, sul secondario del quale si verifichi il c. c. unipolare, ha il primario a triangolo, allora a monte di esso il c. c. unipolare si trasforma in c. c. bipolare, che chiameremo per intenderci uni-bipolare, con una intensità, per un rapporto di trasformazione 1/1, uguale a $\frac{1}{\sqrt{3}}$ di quella del c. c. unipolare a valle. In tal caso per le linee, i trasformatori e i generatori a monte percorsi dalla corrente di c. c. uni-bipolare, modificata o meno a sua volta in corrente di c. c. uni-tripolare con dei trasformatori ⅄/Δ o Δ/⅄, valgono le impedenze percentuali equivalenti tripolari adottate per il c. c. bipolare moltiplicate però per $\frac{1}{\sqrt{3}}$.

Ossia, riassumendo e riferendoci direttamente al c. c. tripolare equivalente di pari intensità al c. c. unipolare, avremo:

Per circuiti percorsi da correnti uni-bipolari e uni-tripolari

Impedenza di linea	$= \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{2}{3}$	di quella adottata per c.c. tripolare
» trasformatori	$= \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{2}{3}$	» » » »
Reattanza dispers. generatori	$= 1 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$	» » » »
Reazione d'indotto	$= \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{3}$	» » » »

ESEMPIO: Si prenda lo stesso esempio adottato per i c. c. tripolari e bipolari e si voglia calcolare il c. c. unipolare in A.

Connessioni generatore: ⏚ con neutro a terra.

Connessioni trasformatore: ⏚/⏚ con i due neutri a terra.

Avremo allora che il c. c. unipolare si manterrà tale per tutto il suo percorso. Prendendo una potenza base arbitraria tripolare equivalente di 50 000 kVA corrispondente perciò ad un c. c. tripolare di 173 A e quindi ad uno unipolare di pari intensità avremo:

Per la linea dai diagrammi della fig. 6 si ha che per $\Omega = 3 \times 100$ mmq $V = 50$ kV e una potenza base di 100 000 kVA la lunghezza caratteristica è:

$$L = \text{km } 30$$

e quindi per 50 000 kVA l'impedenza in % di linea risulta di:

$$100 \times \frac{50\,000}{100\,000} \times \frac{50}{30} = \qquad 83{,}2$$

D'altra parte si ha l'impedenza in % del trasformatore

$$1 \times 15 \qquad 15,$$

la reattanza di dispersione dei generatori in %

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times 31{,}2 \qquad 27{,}2,$$

la reazione d'indotto del gruppo generatori

$$\frac{1}{3} \times 52{,}1 \qquad 17{,}4.$$

Per ciò avremo:

impedenza totale in % per c. c. $\begin{cases} \text{iniziale: } 83{,}2 + 15 + 27{,}2 = 125{,}4 \\ \text{permanente: } 83{,}2 + 15 + 27{,}2 + 17{,}4 = 142{,}8 \end{cases}$

e quindi

potenza c. c. tripolare equivalente $\begin{cases} \text{iniziale} = 100 \dfrac{50\,000}{125{,}4} = 40\,000 \text{ kVA} \\ \text{permanente} = 100 \dfrac{50\,000}{142{,}8} = 35\,000 \text{ »} \end{cases}$

valori inferiori a quelli rispettivi del c. c. tripolare a causa della aumentata impedenza di linea.

In questo caso l'intensità nella fase interessata sulle sbarre di macchina e in linea sarà data dai valori seguenti:

	Corrente di c. c.	
	iniziale	permanente
Sulle sbarre di macchina	$\frac{40\,000}{6 \times \sqrt{3}} = 3\,850$ A	$\frac{35\,000}{6 \times \sqrt{3}} = 3\,370$ A
In linea	$\frac{40\,000}{50 \times \sqrt{3}} = 564$ A	$\frac{35\,000}{50 \times \sqrt{3}} = 405$ A

Qualora invece si abbia il trasformatore con le connessioni Δ/⏚ allora a monte di questo il c. c. unipolare diventa uni-bipolare e non avendosi linee esterne tra il trasformatore e i generatori, le reattanze da prendersi in considerazione saranno quelle di prima ad eccezione della sola reattanza di dispersione del gruppo dei generatori, che sarà in %:

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \times 31{,}2 = 18 \text{ anzichè } 27{,}2;$$

avremo quindi:

impedenza totale c. c. in % $\begin{cases} \text{iniziale: } 83{,}2 + 15 + 18 = 116{,}2 \\ \text{permanente: } 83{,}2 + 15 + 18 + 17{,}4 = 133{,}6 \end{cases}$

per cui

potenza c. c. tripolare equivalente $\begin{cases} \text{iniziale} = 100 \times \dfrac{50\,000}{116{,}2} = 43\,000 \text{ kVA} \\ \text{permanente} = 100 \times \dfrac{50\,000}{133{,}6} = 37\,400 \text{ »} \end{cases}$

con valori superiori a quelli precedentemente trovati. Le intensità di corrente unipolari corrispondenti saranno date dalla formula $\frac{\text{kVA}}{\text{kV} \times \sqrt{3}}$ per il tronco di linea ove il c. c. è unipolare, mentre per la corrente di tipo uni-bipolare che percorre le sbarre di macchina sarà il corrrispondente valore come sopra calcolato moltiplicato a sua volta per $\frac{1}{\sqrt{3}}$.

Avremo quindi:

	Corrente di c. c.	
	iniziale	permanente
Sulle sbarre di macchina	$\frac{43\,000}{6\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{3}} = 2380$ A	$\frac{37\,400}{6\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{3}} = 2070$ A
In linea	$\frac{43\,300}{50\sqrt{3}} = 495$ A	$\frac{37\,400}{50\sqrt{3}} = 434$ A

Se in un impianto la corrente di c. c. unipolare dopo essere trasformata in uni-bipolare viene a sua volta per effetto di trasformatori Δ/⅄ o ⅄/Δ trasformata in uni-tripolare, valgono per il calcolo delle reattanze di questi tronchi di circuito le stesse considerazioni svolte per i tronchi percorsi dalle correnti uni-bipolari.

Riportandoci ad un valore unitario della corrente di c. c. unipolare e supponendo uguali all'unità i successivi rapporti di trasformazione, le intensità dei tronchi percorsi dalla corrente uni-tripolare risultano:

per la fase più carica: $I_1 = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{2}{3}$

per le fasi meno cariche: $I_2 = I_3 = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{3}$.

Riprendendo allora l'esempio precedente per il caso del c. c. iniziale e supponendo che tra i generatori ed il punto del c. c. anzichè una sola trasformazione si fossero avute due trasformazioni successive con trasformatori Δ/⅄ e Δ/⏚, allora sui generatori la corrente di c. c. unipolare di linea avrebbe interessato le tre fasi ed a *pari* corrente di c. c. unipolare in linea avremmo avuto sulle sbarre di macchina:

per la fase più carica $\frac{43\,300}{6 \times \sqrt{3}} \times \frac{2}{3} = 2\,760$ A,

per le fasi meno cariche $\frac{43\,000}{6 \times \sqrt{3}} \times \frac{1}{3} = 1\,380$ A,

anzichè 2 380 A su due fasi o 3 850 A su una fase sola, come prima avevamo trovato per il c. c. uni-bipolare ed unipolare.

Riassumendo, se indichiamo con l'unità le reattanze e le impedenze percentuali da adottare per il calcolo di un c. c. tripolare simmetrico, quelle da adottare per c. c. bipolari ed unipolari di pari potenza base tripolare equivalente (*ossia di pari intensità*) risultano date dalla seguente tabella:

TIPO c/c	Connessioni		Impedenze percentuali			
	trasformatori	generatori	linea	trasformatori	generatori: dispersione	generatori: reazione indotto
bi-tripolare.	qualsiasi	qualsiasi	1	1	1	1
bipolare / bitripolare	qualsiasi	qualsiasi	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}15$	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}15$	~ 1	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
unipolare	Y/Y	Y	>1 (v. diagramma)	1	$\sim \frac{\sqrt{3}}{2} = 0{,}87$	$\frac{1}{3}$
uni-bipolare / uni-tripolare	Δ/Y (1)	qualsiasi	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$ (2)	$\sim \frac{1}{\sqrt{3}} = 0{,}58$	$\frac{1}{3}$

(1) Per l'ultimo trasformatore il cui secondario alimenta direttamente il corto circuito unipolare.

(2) Il coefficiente 2/3 non si applica alla impedenza dell'ultimo gruppo di trasformatori Δ/Y che alimenta direttamente il c. c. unipolare, ma a quelli situati a monte di detto gruppo.

5) *Alimentazione da più linee convergenti.*

Si voglia determinare la corrente di c. c. nei punti A e B alimentati da due linee convergenti. Siano Z_1, Z_2, Z_3 le impedenze percentuali, riferite alla stessa potenza P_0 base, dei diversi tronchi come indicato nella fig. 7.

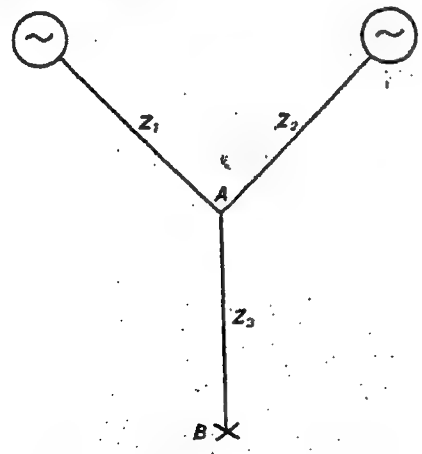


Fig. 7.

Avremo allora che la potenza di c. c. P_A in A sarà data da:

$$P_A = 100\, P_0 \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}\right)$$

per cui la impedenza percentuale equivalente Z_A del sistema formato dalle due alimentazioni sarà data da:

$$Z_A = \frac{100\, P_0}{P_A} = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

ossia le due impedenze vanno considerate, agli effetti del calcolo, come se fossero in parallelo. Analogamente quando le linee convergenti siano più di due.

La impedenza Z_B per il punto B sarà perciò data da:

$$Z_B = Z_A + Z_3 = \frac{Z_1\, Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3$$

Trovata la potenza P_B e quindi la corrente di c. c. in B, la ripartizione in A del c. c. stesso avverrà in ragione inversa alle singole impedenze.

Avremo quindi

$$P_{B1} = P_B \frac{Z_A}{Z_1}$$

$$P_{B2} = P_B \frac{Z_A}{Z_2}$$

Esempio: Si abbia una rete a 25 kV come indicato dallo schema precedente e si voglia calcolare la potenza di c. c. in B sapendo che sulla base di 50 000 kVA le impedenze hanno i seguenti valori percentuali

$$Z_1 = 40\ \%$$
$$Z_2 = 70\ \%$$
$$Z_3 = 35\ \%$$

Avremo allora:

impedenza risultante in % in A

$$Z_A = \frac{40 \times 70}{40 + 70} = \frac{2\,800}{110} = 25{,}4,$$

impedenza totale in % in B: $Z_B = 35 + 25{,}4 = 60{,}4$

per cui la potenza di c. c. in B sarà:

$$P_B = 100\ \frac{50\,000}{60{,}4} = 83\,000 \text{ kVA}$$

Detta potenza si ripartirà tra le centrali N. 1 e N. 2 come segue:

$$P_{B1} = 83\,000 \cdot \frac{25{,}4}{40} = 53\,000 \text{ kVA}$$

$$P_{B2} = 83\,000 \times \frac{25{,}4}{70} = 30\,000 \text{ kVA}$$

Avremo quindi le seguenti correnti di c. c.

località A: $\frac{83\,000}{25 \times \sqrt{3}} = 1\,920$ A

centrale N. 1: $\frac{53\,000}{25 \times \sqrt{3}} = 1\,230$ A

centrale N. 2: $\frac{30\,000}{25 \times \sqrt{3}} = 690$ A

Il procedimento è valevole tanto per c. c. tripolari che bipolari o unipolari.

6) *Coefficienti e tabelle pratiche per il calcolo delle correnti di c. c.*

In mancanza di dati esatti si può ritenere *grosso modo* che nei generatori si abbiano i seguenti rapporti tra il valore efficace della sola componente alternata delle correnti di c. c. in

ziale e permanente da un lato e la corrente normale di pieno carico a cos $\varphi = 0{,}8$ in ritardo dall'altro (1).

Tipo c. c.	Rapporto fra la corrente iniziale di c. c. e la corrente normale		Rapporto fra la corrente permanente di c. c. e la corrente normale	
	Generatori		Generatori	
	lenti	veloci	lenti	veloci
tripolare	5	10	3	1,8
bipolare	5	10	3,5	2,8
unipolare	6	12	4,5	4

Le reattanze percentuali tripolari equivalenti spettanti rispettivamente alla dispersione ed alla reazione di indotto si possono ritenere perciò circa le seguenti:

Tipo c. c.	Reattanze percentuali per c. c. tripolare			
	per la dispersione		per la reazione d'indotto	
	macchine lenti	macchine veloci	macchine lenti	macchine veloci
tripolare	20	10	13	45
bipolare	20	10	7,5	26
unipolare	17	9	~ 4,5	15

seconda del tipo di trasformatore. In ogni modo è così semplice e comune la determinazione della tensione di c. c. che si può facilmente misurare il valore volta per volta se non lo si conoscesse.

Per le linee esterne per i c. c. tripolari valgono per la frequenza 50 i diagrammi delle figg. 1 e 2. Indirettamente per i c. c. bipolari valgono gli stessi diagrammi purchè si abbia l'avvertenza di moltiplicare per $\frac{\sqrt{3}}{2}$ le rispettive lunghezze caratteristiche tripolari o moltiplicarne per $\frac{2}{\sqrt{3}}$ le reattanze calcolate per il caso di c. c. tripolare.

Per i c. c. unipolari alla frequenza di 50 periodi valgono i diagrammi delle figg. 5 e 6.

Per le frequenze di 16 2/3, 42, 46 periodi abbiamo preparato la tabella seguente la quale dà per alcune sezioni e distanze tra i conduttori le impedenze chilometriche per fase dalle quali si può ricavare la impedenza percentuale.

Nel calcolo della impedenza percentuale di un tronco di linea si opera quindi come indicato nell'esempio numerico seguente.

Esempio: Trovare la impedenza percentuale sulla base di 50 000 kVA di un tronco di linea a 135 kV avente le seguenti caratteristiche: frequenza 46 periodi; sezione conduttori 120 mmq; distanza fra i conduttori m 5; lunghezza linea km 150.

TABELLA DELLE CARATTERISTICHE ELETTRICHE PRINCIPALI PER LINEE TRIFASI A 16 2/3 - 42 - 46 - 50 PERIODI CON I CONDUTTORI IN RAME DISPOSTI A TRIANGOLO EQUILATERO

Distanza tra i conduttori in metri	Sezione conduttori mmq	Resistenza per conduttore ohm/km a t = 20°	Induttanza per fase millihenry per km	Reattanza ohm/km per fase				Impedenza ohm/km per fase			
				alla frequenza di periodi				alla frequenza di periodi			
				16 2/3	42	46	50	16 2/3	42	46	50
0,75	25	0,709	1,16	0,122	0,308	0,337	0,336	0,720	0,773	0,785	0,798
	50	0,358	1,09	0,114	0,287	0,314	0,341	0,376	0,458	0,426	0,494
	70	0,256	1,06	0,110	0,278	0,305	0,331	0,279	0,378	0,398	0,418
	120	0,150	1,00	0,105	0,263	0,288	0,314	0,183	0,303	0,325	0,348
	150	0,120	0,98	0,102	0,258	0,282	0,307	0,158	0,284	0,306	0,330
1,50	25	0,709	1,30	0,137	0,344	0,377	0,410	0,722	0,788	0,803	0,819
	50	0,358	1,22	0,128	0,323	0,354	0,385	0,380	0,482	0,504	0,526
	70	0,256	1,19	0,125	0,314	0,344	0,374	0,285	0,405	0,429	0,453
	120	0,150	1,14	0,119	0,300	0,328	0,357	0,192	0,335	0,361	0,387
	150	0,120	1,11	0,118	0,294	0,324	0,354	0,168	0,317	0,343	0,370
3,00	25	0,709	1,44	0,151	0,381	0,418	0,454	0,725	0,805	0,823	0,842
	50	0,358	1,36	0,143	0,360	0,394	0,428	0,385	0,508	0,533	0,558
	70	0,256	1,33	0,139	0,351	0,385	0,418	0,291	0,434	0,362	0,490
	120	0,150	1,28	0,134	0,337	0,369	0,401	0,201	0,369	0,398	0,428
	150	0,120	1,25	0,131	0,331	0,363	0,394	0,178	0,352	0,382	0,412
5.00	25	0,709	1,50	0,157	0,395	0,434	0,472	0,726	0,812	0,832	0,852
	50	0,358	1,42	0,149	0,375	0,410	0,446	0,388	0,518	0,545	0,572
	70	0,256	1,39	0,145	0,367	0,401	0,436	0,294	0,448	0,476	0,505
	120	0,150	1,34	0,140	0,353	0,386	0,420	0,205	0,384	0,415	0,446
	150	0,120	1,31	0,137	0,345	0,378	0,412	0,182	0,365	0,397	0,429

Per i trasformatori la impedenza percentuale corrisponde alla tensione di c.c. ed è dell'ordine dal 4 al 10 % circa ed oltre a

Avremo allora:

$$\text{intensità base} = \frac{50\,000}{135 \times \sqrt{3}} = 214 \text{ A}$$

(1) Tabella ricavata dalle « Direttive svizzere per la scelta degli interruttori ».

Dalla tabella si ricava:

impedenza chilometrica: 0,415 ohm/km

e quindi si deduce:

impedenza totale della linea: $0{,}415 \times 150 = 62{,}2$ ohm
caduta di tensione base: $62{,}2 \times 214 = 13\,300$ V
tensione di fase: $135\,000/\sqrt{3} = 78\,000$ V

$$\text{impedenza percentuale} = 100 \times \frac{13\,300}{78\,000} = 17\ \%$$

Per i corti circuiti unipolari puri (non modificati) a frequenza diversa da quella di 50 periodi l'impedenza percentuale di linea si può dedurre assumendo una resistenza del terreno alla corrente alternata compresa tra 0,4 e 0,11 ohm/km (1) ed assumendo per la induttanza espressa in millihenry/km i valori dati dalla seguente formula sperimentale:

$$L = 3{,}00 - 0{,}46 \log_{10} d$$

ove d è il diametro del conduttore in mm.

Per ricavare la reattanza percentuale al c. c. unipolare si procede come nell'esempio seguente:

Esempio: Ricavare l'impedenza percentuale per c. c. unipolare della linea di cui all'esempio precedente tenendo come potenza base quella di 50 000 kVA corrispondente a 214 A a 135 kV e assumendo una resistenza del terreno di 0,11 ohm/hm.

Avremo allora:

resistenza conduttore	0,150	ohm/km
» terreno	0,110	»
resistenza di linea	0,260	ohm/km

Induttanza per $d = 14$ mm in mh/km

$L_{\text{mh/km}} = 3{,}00 - 0{,}46 \log_{10} 14 = 3{,}00 - 0{,}52 = 2{,}46$ millihenry/km

per cui per $f = 46$ avremo una reattanza chilometrica di

$$X = \frac{2{,}46 \times 2\pi \times 46}{1\,000} = 0{,}707 \text{ ohm/km}$$

Impedenza chilometrica

$$Z = \sqrt{\overline{0{,}707}^2 + \overline{0{,}260}^2} = 0{,}755 \text{ ohm/km}$$

Avremo quindi per km:

caduta di tensione base $= 0{,}755 \times 214 = 161$ V/km

e quindi per tutta la linea:

$\Delta E_{\text{base}} = 161 \times 150 = 24\,200$ V per fase.

La reattanza percentuale corrispondente ad un c. c. unipolare di 214 A (50 000 kVA tripolari equivalenti a 135 kV) sarà quindi dato da:

$$100\ \frac{24\,200}{135\,000/\sqrt{3}} = 31{,}20\ \%$$

mentre quella per c. c. tripolare di pari potenza base risultava appena del 17 %.

7) *Corti circuiti su reti in cavo.*

Per c. c. su reti in cavo il calcolo colle impedenze percentuali non è sufficientemente approssimato, poichè per queste non si possono sommare aritmeticamente le impedenze delle linee in cavo con quelle delle linee esterne, nè tanto meno con quelle delle macchine elettriche. In questo caso occorre procedere con i metodi esatti tenendo conto cioè della effettiva resistenza e induttanza dei singoli tronchi e calcolando quindi l'effettiva impedenza di tutto il sistema a monte.

8) *Corti circuiti su diramazioni a bassa tensione.*

Per le diramazioni a bassa tensione l'impedenza percentuale di linea più quella del gruppo di trasformazione che le alimenta può essere così rilevante, anche a breve distanza dalla cabina di trasformazione, rispetto a quella complessiva del sistema a monte, che quest'ultima può anche trascurarsi. Ciò equivale a ritenere che il c. c. sulla rete a bassa tensione sia di così modeste proporzioni, rispetto alla potenza del sistema alimentante, che al suo verificarsi la tensione rimanga praticamente invariabile a monte del trasformatore abbassatore. In tal caso, agli effetti del calcolo della corrente di c. c., si può tenere conto delle sole impedenze del trasformatore abbassatore e della linea a valle semplificando notevolmente i calcoli stessi.

Esempio: Si consideri una cabina di trasformazione 50/10 kV in cui sia installato un trasformatore da 1000 kVA avente una tensione di c. c. del 5 % ed alimentante una linea lunga km 12 della sezione di 50 mmq. Si supponga che la corrente di c. c. tripolare permanente sulle sbarre a 50 kV sia di 100 A, pari cioè a 86 600 kVA, e proponiamoci di determinare la corrente di c. c. tripolare permanente sulle sbarre secondarie del trasformatore ed all'estremità della linea a 10 kV tenendo conto o meno dell'impedenza a monte del trasformatore stesso.

Assumendo una potenza base arbitraria di c. c. di 10 000 kVA avremo:

impedenza percentuale a monte del trasformatore

$$Z_m = 100 \times \frac{10\,000}{86\,000} = 11{,}5\ \%,$$

impedenza percentuale del trasformatore

$$Z_t = 5 \times \frac{10\,000}{1\,000} = 50\ \%$$

Dai diagrammi della fig. 1 per $V = 10$ kV e $\Omega = 3 \times 50$ mmq si ricava che la lunghezza caratteristica è di km 1,95 per 100 000 kVA. Avremo perciò per 10 000 kVA e 12 km:

impedenza percentuale della linea

$$Z_1 = 100 \times \frac{10\,000}{100\,000} \times \frac{12}{1{,}95} = 61{,}5\ \%$$

Eseguendo i calcoli, tenendo o meno conto della reattanza a monte del trasformatore si ottengono i risultati riassunti nel seguente prospetto:

LOCALITÀ c/c		kVA	A
Al secondario del trasformatore	a)	$10\,000 \dfrac{100}{11{,}5+50} = 16\,300$	940
	b)	$10\,000 \dfrac{100}{50} = 20\,000$	1 160
All' estremità della linea	a)	$10\,000 \dfrac{100}{11{,}5+50+61{,}5} = 8150$	47[illegible]
	b)	$10\,000 \dfrac{100}{50+61{,}5} = 9000$	52[illegible]

Le notazioni a) e b) significano rispettivamente «tenendo cont della reattanza a monte del trasformatore» e «non tenendo cont della reattanza a monte del trasformatore».

(1) Le prove furono eseguite sulle linee a 220 kV e 130 kV della S.I.P. ed è risultato che la resistenza del terreno alla corrente di ritorno alla frequenza di 50 periodi varia da 0,11 a 0,4 ohm/km secondochè si tratta di linee in montagna o in pianura irrigata.

Trascurando dunque la reattanza a monte, e quindi tutte quelle laboriose considerazioni e ricerche relative alla valutazione delle reattanze dei generatori e delle linee primarie di interconnessione, commettiamo nel caso specifico un errore in più nella valutazione della corrente di c. c. rispettivamente del 23,5 % e del 10,6 %.

In pratica può quindi essere opportuno talvolta trascurare detta reattanza a monte e ciò tanto più quanto più piccola è la potenza del trasformatore abbassatore rispetto a quella del sistema generatore e quanto più bassa è la tensione della linea.

Metodo semi-sperimentale per la determinazione della corrente di corto circuito permanente, iniziale e ritardata.

Ad ovviare ai laboriosi calcoli che può richiedere la determinazione della corrente di c. c. di un impianto complesso ed in particolare di reti a maglie chiuse, provvede il metodo semi-sperimentale:

a) *Corrente di c. c. permanente.*

Il metodo si basa sul principio di provocare nell'impianto durante il normale esercizio una variazione di carico ΔI e di dedurre da questo e dalla corrispondente variazione di tensione ΔV in rete, la corrente di c. c. $I_{c.c.}$ con la semplice formula

$$I_{c.c.} = V \cdot \frac{\Delta I}{\Delta V}$$

Il metodo presuppone che sia costante il rapporto $\frac{\Delta I}{\Delta V}$ qualunque siano i valori di ΔI e del suo corrispondente ΔV. Ciò si verifica tanto più approssimativamente quanto più il punto del c. c. è elettricamente distante dai generatori ossia quanto più le impedenze esterne sono preponderanti rispetto a quella sincrona complessiva equivalente di tutte le centrali in parallelo (1). Affinchè la formola sussista occorre che $I_{c.c.}$ e ΔI abbiano la stessa fase, ossia che ΔI sia praticamente una corrente in quadratura. Se ciò non fosse occorre prendere per ΔI la sola variazione della componente in quadratura del carico preesistente. Per questa considerazione torna opportuno l'uso dei sincroni, dei quali ampiamente si valgono gli impianti moderni per la regolazione della tensione nei nodi importanti di essi. Variando allora l'eccitazione, e quindi l'intensità del sincrono, si producono le necessarie variazioni ΔI sufficienti a provocare corrispondenti variazioni ΔV apprezzabili, ma tuttavia contenute nei limiti tollerabili dal servizio. Nella fig. 8 abbiamo rappresentato schematicamente con i diagrammi *a*), *b*), *c*), *d*) i vari casi che si possono presentare volendo operare per *abbassamento di tensione*, distinguendo diversi casi a seconda che il sincrono all'inizio è più o meno eccitato, *b*) e *c*), o parzialmente diseccitato, *d*). La corrente che in questo modo si determina è quella del c. c. permanente e le letture V_0 e V_1 della tensione e del carico I_0 e I_1 vengono fatte a regime stabilizzato immediatamente prima e dopo le variazioni fatte subire all'eccitazione del sincrono.

Per le letture amperometriche valgono gli ordinari strumenti da quadro; per quelle voltmetriche è preferibile adottare strumenti indicatori di precisione quanto più piccole sono le variazioni di tensione provocate.

Qualora non si disponga di un sincrono o di un alternatore nel punto della rete che ci interessa, si può fare la determinazione semisperimentale nella più prossima cabina a monte o a valle e quindi, ove ciò sia possibile, limitare i calcoli dal punto considerato alla cabina stessa.

(1) G. Crivellari - L'Elettrotecnica 25 marzo 1930 N. 9 «Metodo rapido semi-sperimentale per la determinazione della corrente di c. c. permanente negli impianti elettrici comunque complessi».

Esempio: Si abbia un impianto complesso le cui linee convergano in una cabina A di trasformazione 50/6 kV della potenza di 30 000 kVA, nella quale siano installati un sincrono rifasatore di 10 000 kVA a 6 kV e dalla quale partano diverse

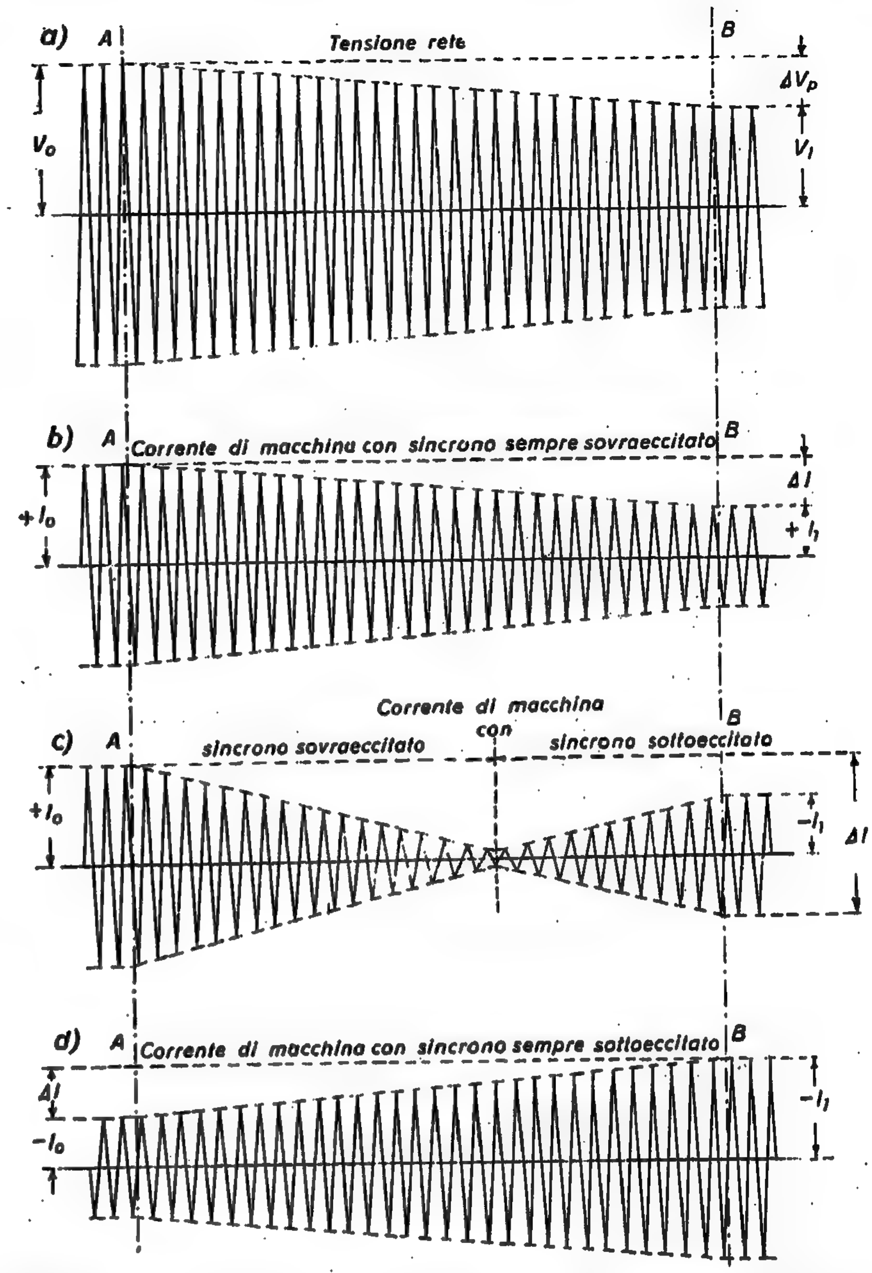


Fig. 8. - Diagrammi schematici di corrente e tensione per la determinazione semi-sperimentale a mezzo di sincroni della corrente di c/c iniziale, ritardata e permanente.
A = inizio diseccitazione B = fine diseccitazione

linee a 6 kV. Proponiamoci di determinare la corrente di c. c. permanente sulle sbarre a monte e a valle del gruppo di trasformazione ed a 5 km dalla cabina su una delle linee partenti a 6 kV supposta della sezione di 3 × 100 mmq.

Supponiamo allora che il sincrono sia inizialmente sovraeccitato e che alla fine della diseccitazione sia sottoeccitato. Le letture primarie e secondarie della tensione e quelle amperometriche del sincrono siano le seguenti:

Eccitazione	Amp. sincrono	Tensione	
		primaria	secondaria
	A	kV	kV
Massima ...	+ 800	51	6,2
Minima	— 400	49	5,8

Avremo allora:

$$\Delta I = 800 + 400 = 1.200 \text{ A} \equiv 12\,200 \text{ kVA}$$

per cui

$$\text{c.c. permanente primario} = 50 \cdot \frac{12\,200}{51 - 49} = 305\,000 \text{ kVA} \equiv 3500 \text{ A}$$

$$\text{c.c. permanente secondario} = 6 \cdot \frac{12\,200}{6{,}2 - 5{,}8} = 183\,000 \text{ kVA} \equiv 1700 \text{ A}$$

Se prendiamo per potenza base del c. c. la potenza della cabina di trasformazione, ossia 30 000 kVA, avremo rispettivamente sulle sbarre primarie e secondarie della cabina:

$$\text{reattanza percentuale sull'alta} = 100 \times \frac{30\,000}{305\,000} = 10{,}0\,\%$$

$$\text{reattanza percentuale sulla bassa} = 100 \times \frac{30\,000}{183\,000} = 16{,}3\,\%$$

e quindi

reattanza percentuale o tensione di c. c. dei trasformatori 16,3 — 10,0 = 6,3.

Qualora sia conosciuta la tensione di c.c. dei trasformatori, il confronto tra il valore ricavato della tensione di c.c. e quello conosciuto offre un mezzo di controllo per constatare se il metodo è stato applicato con diligenza.

Per il calcolo del c. c. sulla linea si ha che per $\Omega = 3 \times 100$ mmq. e $V = 6$ kV, il diagramma della fig. 1 dà una lunghezza caratteristica di 0,97 km per cui se si suppone la linea lunga 5 km e si assume una potenza base di 30000 kVA avremo:

reattanza percentuale sulle sbarre a 6 kV .... 16,3 %

reattanza percentuale linea: $100 \times \frac{30}{100} \times \frac{5}{0{,}97}$ .. 155 %

reattanza percentuale totale .... 171,3 %.

A 5 km dalla cabina il c.c. permanente avrà una potenza di:

$$100\,\frac{30\,000}{171{,}3} = 17\,500 \text{ kVA pari a } 1680 \text{ A}$$

ossia pari a circa il 9,6% di quello che si ha in cabina sulle sbarre a 6 kV. Ciò dimostra come per le linee a tensione relativamente bassa si possa trascurare nel calcolo la impedenza del sistema a monte della cabina di trasformazione principale dalla quale si dipartono.

Se il sincrono anzichè a monte del punto considerato si trovasse a valle, il procedimento è analogo e la reattanza percentuale di linea in questo caso andrebbe sottratta anzichè aggiunta a quella determinata direttamente col sincrono, onde avere la reattanza per la località presa in esame.

Qualora non si disponga nella località considerata e nemmeno nelle prossime vicinanze di un sincrono o di un alternatore in genere, allora si può ricorrere all'interruzione parziale del carico annotando la variazione della tensione ΔV e prendendo per ΔI il valore

$$\Delta I = I_0 \text{ sen } \varphi_0 - I_1 \text{ sen } \varphi_1$$

cioè la differenza fra le correnti reattive transitanti nella località esaminata prima e dopo il distacco parziale del carico; ciò che equivale, *grosso modo*, al variare del carico reattivo sui generatori se si suppone invariato in intensità e in cos φ il carico degli altri centri consumatori nonostante la conseguente piccola variazione di tensione subita dall'impianto.

Esempio: Supponiamo che una cabina di trasformazione alimenti diverse linee a 6 kV e che col distacco di 5000 kW a $\cos\varphi = 0{,}6$ si noti una variazione di tensione sulle sbarre del 3%. La potenza del c.c. permanente sarà in quella località di circa:

$$P_{c/c} = \frac{\frac{5000}{\cos\varphi} \cdot \text{sen}\,\varphi}{3} \cdot 100 = \frac{\frac{5000}{0{,}6} \cdot 0{,}8}{3} \cdot 100 = 222\,000 \text{ kVA}$$

$$\text{corrispondente a } \frac{222\,000}{6\sqrt{3}} = 21\,200 \text{ A}$$

Qualora non si vogliano fare interruzioni e non si disponga di un sincrono, ma si abbia invece la possibilità di fare un parallelo momentaneo fra due servizi indipendenti nella località in oggetto, si procura che le tensioni tra i due servizi siano, in precedenza alla manovra di parallelo, leggermente diverse fra loro. Se indichiamo allora con V_a e V_b le tensioni dei due impianti A e B prima del parallelo, con V la tensione comune intermedia dopo il parallelo, con I la corrente di compensazione tra i due impianti a parallelo momentaneo effettuato, avremo:

$$\text{corrente di c.c. dovuta all'impianto } A: I = \frac{V_a}{V_a - V}$$

$$\text{» » » » » } B = I : \frac{V_b}{V - V_b}$$

Esempio: In una cabina di smistamento si abbia $V_a = 10\,200$ V e $V_b = 9\,800$ V ed a parallelo effettuato $V = 9\,900$ V con una corrente di compensazione di 120 A tra un impianto e l'altro.

Avremo allora:

$$V_a - V = 10\,200 - 9\,900 = 300 \text{ V}$$
$$V - V_b = 9\,900 - 9\,800 = 100 \text{ V},$$

la corrente di c. c. dovuta all'impianto A

$$I^a_{c/c} = 120 \times \frac{10\,200}{300} = 4\,080 \text{ A},$$

la corrente di c. c. dovuta all'impianto B

$$I^b_{c/c} = 120 \times \frac{9\,800}{100} = 1\,180 \text{ A}.$$

Con i due impianti in parallelo la corrente di c. c. totale sulle sbarre sarebbe di

$$4\,080 \text{ A} + 1\,180 \text{ A} = 5\,260 \text{ A}.$$

Tutti questi metodi sono stati praticamente sperimentati con esito favorevole. Nell'appendice allegata trovansi appunto esposti i calcoli fatti per due impianti in base ai dati ricavati col metodo semi-sperimentale sia a mezzo di sincroni sia col mezzo del parallelo momentaneo. Nonostante le relativamente grandi oscillazioni di tensione dovute ad un carico siderurgico, i risultati medî sono sufficientemente concordanti per i bisogni della pratica.

b) *Corrente di c. c. iniziale.*

Il metodo semi-sperimentale è adatto pure a determinare la corrente iniziale di c. c. e approssimativamente pure quella ritardata di un certo tempo t dall'inizio del c. c. È noto infatti che, interrompendo *bruscamente* il carico parziale o totale di un impianto, il sistema subisce una prima immediata variazione di tensione alla quale segue un successivo graduale adattamento al suo valore definitivo permanente, man mano che la reazione di indotto dei generatori si proporziona al nuovo valore del carico.

Questa prima istantanea variazione di tensione ΔV_i è uguale alla variazione ΔI_0 della componente reattiva del carico moltiplicata per la impedenza equivalente del sistema a monte dovuto alla dispersione dei generatori ed all'impedenza dei trasformatori e delle linee esterne.

Avremo quindi

$$\Delta I_0 \times \Sigma Z = \Delta V_i \text{ per cui } \Sigma Z = \frac{\Delta V_i}{\Delta I_0}$$

Ma la corrente di c. c. istantanea è uguale a

$$I_{c/ci} = \frac{V}{\Sigma Z}$$

e quindi sostituendo a ΣZ il suo valore si ha che la corrente di c. c. iniziale sarà data da:

$$I_{c/ci} = \Delta I_0 \frac{V}{\Delta V_i}$$

formula analoga a quella già adottata per la ricerca semi-sperimentale della corrente di c c. permanente.

Per l'applicazione del metodo occorre però il rilievo oscillografico della tensione durante l'interruzione brusca del carico.

Questa ricerca non può essere perciò di uso così corrente come quella per la corrente di c. c. permanente e va affidata a personale di cultura tecnica più elevata.

La variazione del carico reattivo può essere fatta disinserendo a mezzo di un interruttore un sincrono allacciato ad una rete dalla quale esso assorba un certo carico in quadratura I_0 (in questo caso si ha $\Delta I_0 = I_0$).

Secondo chè detto carico è « capacitivo » (sincrono sovraeccitato) o reattivo (sincrono sottoeccitato), l'andamento corrispondente della tensione in rete si presenta secondo i diagrammi schematici *f*) ed *e*) della fig. 9, che per la loro evidenza non hanno bisogno di particolari schiarimenti.

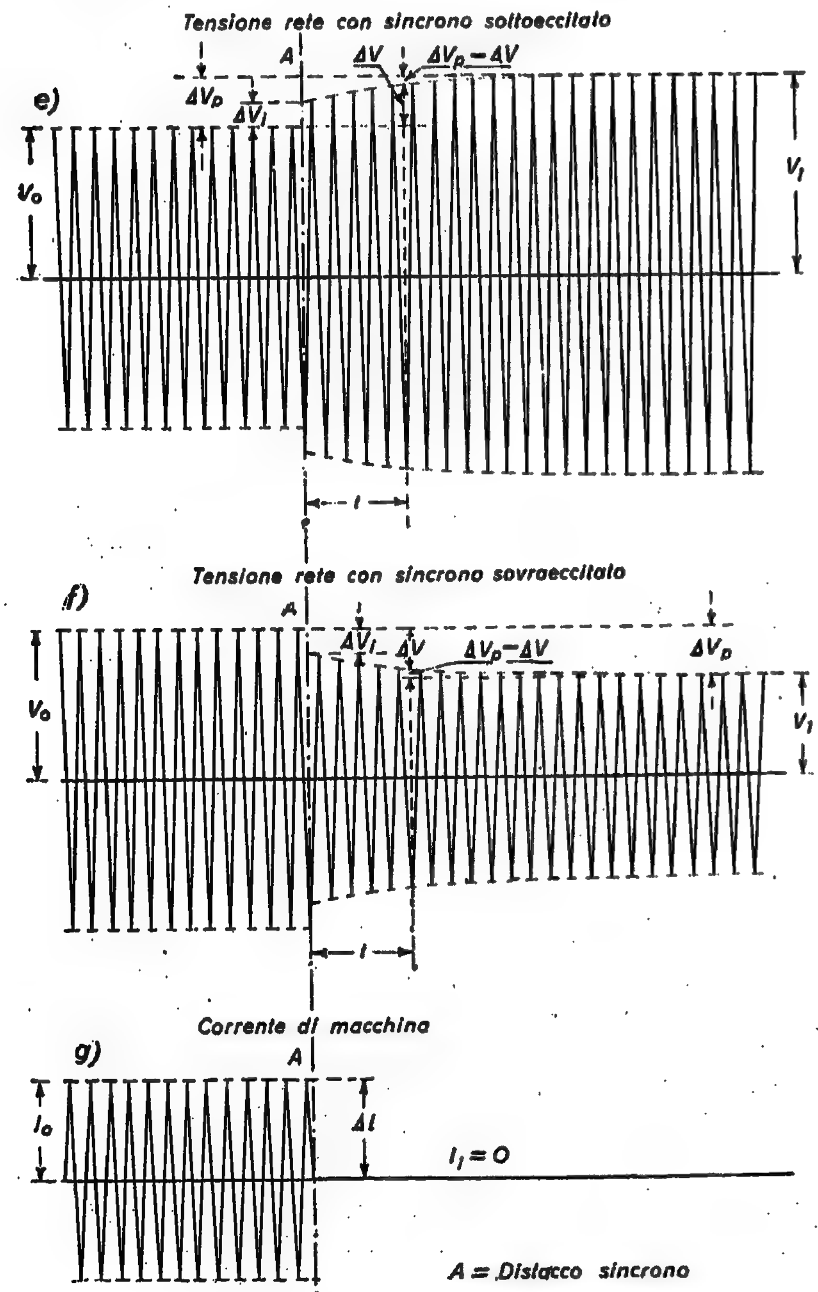


Fig. 9. - Diagrammi schematici di corrente e tensione per la determinazione semi-sperimentale a mezzo di sincroni della corrente di c/c iniziale, ritardata e permanente.

Mantenendo in attività l'oscillografo per qualche secondo dopo il distacco del carico si può rilevare pure il valore permanente $V_p = V_1$ della tensione finale e ricavare quindi i valori delle correnti di c. c. istantaneo $I_{c/ci}$ e permanente $I_{c/cp}$.

Avremo quindi:

$$I_{c/ci} = I_0 \cdot \frac{V_1}{\Delta V_i} \qquad I_{c/op} = I_0 \cdot \frac{V_1}{\Delta V_p}$$

Se la macchina sincrona (motore o alternatore, con la quale si sono eseguite le prove, è normalmente in servizio, per avere la corrente di c. c. iniziale e permanente totale occorre aggiungere però a quella così determinata anche quella locale dovuta alla macchina. Questa però, per quanto riguarda la corrente di c. c. permanente, non è determinabile col metodo semi-sperimentale non potendosi ammettere, per la saturazione del ferro induttore, che si mantenga abbastanza proporzionale ai morsetti delle macchine sincrone il rapporto tra la variazione di tensione e la corrispondente variazione di carico. Il suo valore verrà perciò dedotto dalla caratteristica di c. c. per il valore corrispondente all'eccitazione normale del sincrono preso in considerazione. Per la determinazione semi-sperimentale della corrente di c. c. iniziale questa limitazione non esiste ed il metodo è adottabile dunque anche per la determinazione della corrente di c. c. iniziale dai morsetti degli alternatori.

Il metodo offre altresì il mezzo di ricavare pure la tensione di ritorno, che è quella appunto che interviene col suo valore più o meno elevato a rendere più o meno lungo l'arco di apertura di un c. c. negli interruttori.

In funzione della tensione di esercizio V_1 la tensione di ritorno è approssimativamente data da:

$$V_r = V_1 \cdot \frac{I_{c/c}}{I_{c/ci}}$$

in cui $I_{c/c}$ è il valore della effettiva corrente di c. c. interrotta dopo un certo tempo *t* dall'inizio del c.c. e che oscilla, a seconda del ritardo d'apertura, tra il valore iniziale $I_{c/ci}$ per il quale $V_r = V$ e quello permanente $I_{c/cp}$ per il quale si ha un minimo valore della tensione di ritorno. Quest'ultimo valore è dato da:

$$V_r = V_1 \cdot \frac{I_{c/cp}}{I_{c/ci}} = V_1 \cdot \frac{\Delta V_i}{\Delta V_p}.$$

Corrente di c. c. all'istante t dall'inizio del c. c.

Se ammettiamo *in via di approssimazione* che la legge che regola la variazione della componente alternata transitoria che si sovrappone alla corrente di c. c. permanente sia quella stessa che regola la variazione della tensione dopo il distacco del carico I_0, avremo (vedi fig. 9) che indicando con ΔV la variazione di tensione all'istante *t*, la corrente di c. c. totale $I_{c/c}$ (1) all'istante *t* sarà data da:

$$I_{c/c} = I_{c/cp} + (I_{c/ci} - I_{c/cp}) \frac{\Delta V_p - \Delta V}{\Delta V_p - \Delta V_i}$$

La tensione di ritorno nel momento *t* sarà data da:

$$V_{rt} = V_i \frac{I_{c/c}}{I_{c/ci}} = V_i \frac{\Delta V_i}{\Delta V_p}$$

Esempio: Per chiarire i concetti facciamo un esempio numerico. Supponiamo che interrompendo il carico di 1000 A in quadratura di un sincrono sottoeccitato inserito delle sbarre a 6 kV, si sia osservato (2) dagli apparecchi indicatori da quadro o di precisione:

tensione iniziale V_0 = 5400 V

tensione finale permanente V_1 = 6000 V;

(1) Esclusa la componente unidirezionale.

(2) Trattandosi di fare dei rapporti i diagrammi sono utilizzabili più comodamente per i loro valori massimi anzichè per quelli efficaci.

e dal diagramma oscillografico (fig. 10)

$$V_0 = 36 \text{ mm} \quad V_1 = 40 \text{ mm}$$

$$\Delta V_i = 2{,}5 \text{ mm} \quad \Delta V_p = 4 \text{ mm}$$

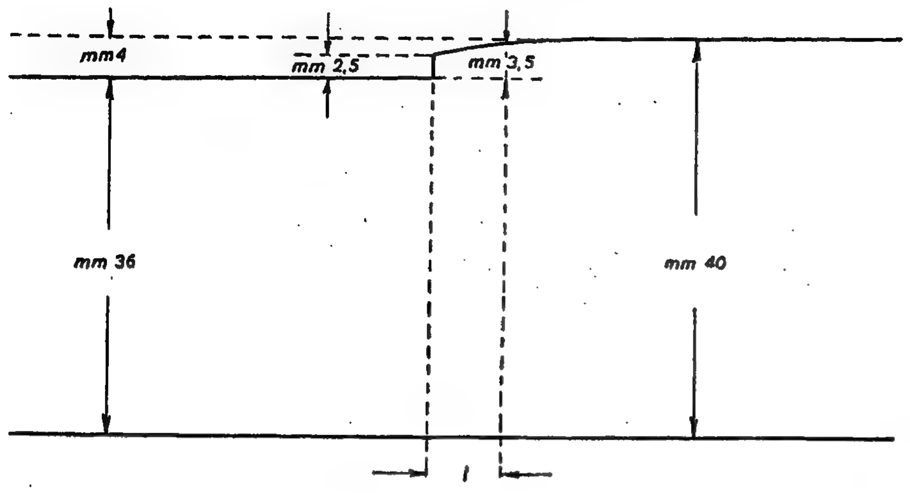


Fig. 10.

Proponiamoci allora di determinare la corrente iniziale di c/c $I_{c/ci}$, quella permanente $I_{c/cp}$ e quella $I_{c/c}$ dopo un certo tempo t per il quale si abbia ΔV rappresentato da un segmento della lunghezza di mm 3,5. Avremo:

$$\text{corrente di c/c iniziale} = I_0 \times \frac{V_1}{\Delta V_i} = 1\,000 \times \frac{40}{2{,}5} = 16\,000 \text{ A,}$$

$$\text{corrente di c/c permanente} = I_0 \times \frac{V_1}{\Delta V_p} = 1\,000 \times \frac{40}{4} =$$
$$= 10\,000 \text{ A,}$$

tensione di ritorno per il c. c. permanente

$$V_{rp} = V_1 \times \frac{I_{c/cp}}{I_{c/ci}} = 6\text{cco} \times \frac{10\,000}{16\,000} = 3\,750 \text{ V,}$$

corrente di c. c. alla fine del tempo t:

$$I_{c/c} = I_{c/cp} + (I_{c/ci} - I_{c/cp}) \cdot \frac{\Delta V_p - \Delta V}{\Delta V_p - \Delta V_i} =$$

$$= 10\,000 + (16\,000 - 10\,000) \cdot \frac{4 - 3{,}5}{4 - 2{,}5} =$$

$$= 10\,000 + 6\,000 \times \frac{1}{3} = 12\,000 \text{ A,}$$

tensione di ritorno alla fine del tempo t;

$$V_{rt} = V_1 \cdot \frac{I_{c/c}}{I_{c/ci}} = 6\,000 \cdot \frac{12\,000}{16\,000} = 4\,500 \text{ V.}$$

Essendo la tensione di ritorno per il c. c. iniziale uguale all'incirca alla tensione di esercizio, possiamo concludere che il rilievo oscillografico ci ha forniti tutti gli elementi necessari per calcolare le grandezze che influiscono sulla capacità da assegnarsi all'interruttore ne' tre casi. Assumendo per la tensione i valori di quella di ritorno convenzionalmente, detta capacità risulterebbe data in kVA dai seguenti valori:

per il c. c. iniziale $P_{c/ci} = \dfrac{16\,000 \times 6\,000}{1\,000} \cdot \sqrt{3} = 166\,000$ kVA

per il c. c. a tempo ritardato t $P_{c/ct} = \dfrac{12\,000 \times 4\,500}{1\,000} \cdot \sqrt{3} = 93\,400$ kVA

per il c. c. permanente $P_{c/cp} = \dfrac{10\,000 \times 3\,750}{1\,000} \cdot \sqrt{3} = 64\,800$ kVA

Questo esempio dimostra come proporzionalmente sia minore la sollecitazione degli interruttori all'apertura di un c. c. quanto più questo è ritardato. Questo vantaggio scompare per punti della rete assai distanti dai generatori per i quali la corrente di c. c. assume rapidamente il suo valore permanente con valori di poco inferiori a quelli iniziali e tensioni di ritorno perciò comunque sempre assai prossime alle tensioni normali di esercizio.

Il vantaggio invece di un conveniente ritardo d'apertura risalta evidente per gli interruttori delle centrali.

Corti circuiti bipolari e unipolari.

Il metodo semi-sperimentale si presta pure alla determinazione dei c. c. bi- e unipolari. A tale scopo basta operare con una macchina sincrona a corrente monofase inserita rispettivamente fra due fasi o fra una fase ed il neutro del circuito trifase. Praticamente con macchine normali trifasi si raggiunge lo scopo avviandole come trifasi e disponendo di un giuoco di interruttori atti ad interrompere una o due fasi a sincronismo raggiunto.

Le letture amperometriche e voltmetriche si eseguiscono come per le prove per i c. c. tripolari, limitandole però alle fasi fra le quali resta in definitiva inserita la macchina sincrona.

Esperienze eseguite per la determinazione di c. c. bipolari hanno dimostrato la praticità delle prove stesse e l'attendibilità dei risultati raggiunti (1).

CONCLUSIONI.

È da osservarsi che l'applicazione del metodo semi-sperimentale alla ricerca della corrente di c. c. permanente dà risultati tanto più esatti quanto più il punto preso in considerazione sulla rete è elettricamente distante dai generatori mentre per la ricerca della corrente di c. c. iniziale non ci sono limitazioni ed i risultati sono esatti anche per misure eseguite ai morsetti dei generatori stessi. Allo scopo di evitare errori in eccesso tanto più forti quanto più la località è prossima ai generatori, occorre durante le prove distaccare, per ovvie ragioni, la regolazione automatica della tensione nelle centrali.

Se si nota inoltre che l'applicazione del metodo esonera dalla ricerca preventiva delle caratteristiche elettriche dei generatori e delle linee interessate dal c. c., che la sua applicazione impone lievi oscillazioni di tensione tollerabili dall'esercizio e che l'uso fattone con profitto dallo scrivente, specialmente per la ricerca della corrente di c. c. permanente, ne ha dimostrato la sua rapida e pratica applicazione, non resta che augurare, nell'interesse generale, che il metodo semisperimentale venga maggiormente conosciuto ed usato dagli elettrotecnici addetti alla costruzione ed all'esercizio degli impianti elettrici.

Per maggior chiarimento in appendice è riportato un esempio di calcolo imbastito sui dati ricavati col metodo stesso per la ricerca della corrente di c. c. permanente di due grandi impianti separati.

ING. GINO CRIVELLARI.

(1) V. *Elettrotecnica* 25 marzo 1930 - loc. cit.

APPENDICE

Applicazione del metodo analitico a reattanze percentuali al calcolo delle correnti di c. c. permanenti tri-bi-unipolari della linea Cardano-Cislago della S.I.P.

Caratteristiche tecniche (1). Schema circuiti come dallo schizzo che qui si riporta:

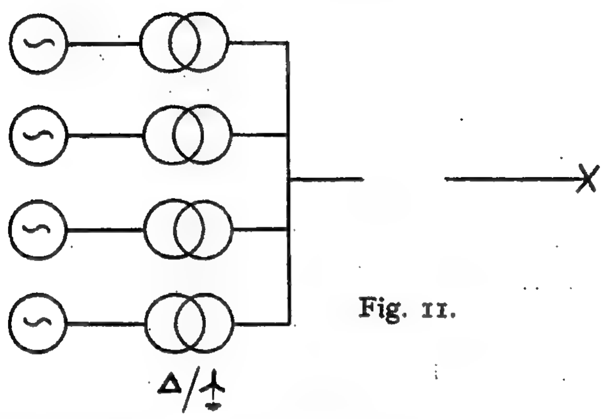


Fig. 11.

a) *Dati delle macchine di Cardano.*

Potenza :....................	36 000 kVA
Tensione normale a p/c con $\cos\varphi = 0{,}9$	10 000 V
Corrente normale delle macchine	2 080 A
Caduta induttiva concatenata ..	1 700 V
Corrente di c. c. permanente tripolare: (per p/c a $\cos\varphi = 0{,}9$ - corrente di eccitaz. 385 A) ..	4 350 A

b) *Dati dei trasformatori elevatori* (*installati su ogni montante di macchina*).

Potenza .... 36 000 kVA

Rapporto a vuoto............ 11 000/236 000 = $\frac{1}{215}$

Tensione di c. c. riferita a 236 000 V (A 88) ... 10,4 %

c) *Dati della linea a 220 000 V.*

Lunghezza .... km 243,5

Impedenza concatenata (dato sperimentale) ..... ohm 188

Impedenza di un conduttore con ritorno a terra (dato sperimentale) .... ohm 192

Assumendo una tensione normale di macchina di 10 000 V, alla quale corrisponde a vuoto una tensione di linea di 215 000 V, e una potenza base di riferimento di 36 000 kVA pari a:

$$2\,080 \text{ A di macchina}$$

$$\text{e} \quad \frac{2\,080}{215} = 97 \text{ A di linea}$$

abbiamo:

1) *per le macchine:*

impedenza di dispersione: $\frac{1\,700}{10\,000} \times 100 = \quad 17\%$

impedenza sincrona: $\frac{2\,080}{4\,350} \times 100 = \sim 48\%$,

impedenza dovuta alla reazione indotto $48\% - 17\% = \sim 31\%$;

per i trasformatori:

impedenza riportata alla tensione di 215 000 V

$$10{,}4 \times \left(\frac{236\,000}{215\,000}\right)^2 = 12{,}5\%;$$

per la linea:

impedenza per c. c. tripolare:

$$\frac{97{,}0 \times 188}{215\,000} \times 100 = 8{,}5\%,$$

impedenza per c. c. unipolare

$$100\,\frac{\frac{97 \times 192}{215\,000}}{\sqrt{3}} = \quad 15\%$$

a) CORTO CIRCUITO TRIPOLARE A CISLAGO.

Secondochè a Cardano si abbiano una, due o tre o quattro macchine in parallelo il c. c. di Cislago risulta espresso dal seguente specchietto:

Tabella c. c. tripolare a Cislago sul 200 kV

Elementi dell'impedenza		Impedenza totale %	c/c kVA	c/c Amp linea
p. 1 macchina	$48+12{,}5+8{,}5$	69	52 500	140
p. 2 macchine	$\frac{48+12{,}5}{2}+8{,}5$	38,75	93 000	250
p. 3 »	$\frac{48+12{,}5}{3}+8{,}5$	28,70	125 000	337
p. 4 »	$\frac{48+12{,}5}{4}+8{,}5$	23,60	152 000	410

b) CORTO CIRCUITO BIPOLARE A CISLAGO.

Per c. c. bipolare a Cislago avremo:

impedenza dispersione	17×1	$= 17\ \%$
» di reazione indotto	$31 \times \frac{1}{\sqrt{3}}$	$= 17{,}9\ \%$
» trasformatori	$12{,}5 \times \frac{2}{\sqrt{3}}$	$= 14{,}5\ \%$
Impedenza di un montante di macchina		$49{,}4\ \%$
impedenza di linea:	$8{,}5 \times \frac{2}{\sqrt{3}}$	$= 9{,}8\ \%$

(1) Vedi *L'Energia Elettrica*, febbraio 1931: « Calcolo delle correnti di c. c. nella linea Cardano-Cislago della S.I.P. » degli Ingg. C. PALESTRINO e C. CAMINITI.

quindi:

Tabella p. c. c. bipolari a Cislago sul 200 kV

Elementi dell'impedenza	Impedenza totale %	c/c kVA equivalenti	c/c Amp linea
p. 1 macchina $49{,}4 + 9{,}8$	59,2	61 000	163
p. 2 macchine $\frac{49{,}4}{2} + 9{,}8$	34,5	102 000	280
p. 3 » $\frac{49{,}4}{3} + 9{,}8$	26,3	136 000	368
p. 4 » $\frac{49{,}4}{4} + 9{,}8$	22,1	162 000	435

c) Corto circuito unipolare a Cislago.

Per c.c. unipolare a Cislago avremo:

impedenza dispersione: $17 \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 9{,}8\ \%$

» reazione indotto: $31 \times \frac{1}{3} = 10{,}3\ \%$

» trasformatori: $12{,}5 \times 1 = 12{,}5\%$

impedenza di un montante di macchina : 32,6 %

impedenza linea per c. c. unipolare: 15%

quindi:

Tabella p. c. c. unipolari a Cislago sul 200 kV

Elementi dell'impedenza	Impedenza totale %	kVA c/c equivalenti	Amp linea
p. 1 macchina $32{,}6 + 15$	47,60	76 000	203
p. 2 macchine $\frac{32{,}6}{2} + 15$	31,30	115 000	309
p. 3 » $\frac{32{,}6}{3} + 15$	25,90	139 000	375
p. 4 » $\frac{32{,}6}{4} + 15$	23,15	155 000	418

Confrontando questi ultimi risultati con quelli ottenuti con i metodi più esatti adottati dagli Ingg. Palestrino - Caminiti si ha la seguente tabella:

Disposizione circuito	Metodo coordinate simmetriche	Metodo del Rudenberg	Metodo reattanze percentuali	Differenze col metodo del Rudenberg
Con 1 macchina ..	214	188	203	+ 8 %
» 2 macchine ..	342	318	309	— 2,8 %
» 3 » ..	426	400	375	— 6,25%
» 4 » ..	485	466	418	— 8,1 %

Il metodo delle reattanze percentuali dà dunque valori che si discostano nel caso specifico di circa ± 8% intorno ai valori dati dal metodo del Rudenberg. Si hanno valori in eccesso quando la impedenza di macchina è preponderante su quella esterna e viceversa. Le differenze sono tuttavia praticamente non troppo elevate e tali da giustificare la preferenza spesso data ai metodi approssimati su quelli esatti ma di assai più laboriosa applicazione.

Applicazione del metodo semi-sperimentale alla determinazione della corrente di c. c. permanente su una parte degli impianti S. I. P. (zona di Torino)

Le prove furono effettuate su due gruppi di impianti funzionanti normalmente non in parallelo e denominati rispettivamente « Servizio Forza » e « Servizio Cartiera ».

Il primo comprendeva nel periodo delle prove un complesso di macchine generatrici per una potenza totale di kVA 129 450 ed il secondo per una potenza totale di kVA 55 500.

Le prove sul primo gruppo furono effettuate col sincrono da 5 000 kVA di Cabina Mortara e con quello da 10 000 kVA di Cabina di Via Parma, ambedue alimentate a mezzo di trasformatori 20/3 kV dalla rete comune in cavo a 20 000 V, a sua volta alimentata dai trasformatori 70/20 kV di Cabina Stura.

Alla Cabina Stura affluisce direttamente l'energia a 70 kV e a 130 kV dalle diverse Centrali.

Una parte delle linee a 70 kV prima di giungere in Cabina Stura passa nella Cabina di smistamento e trasformazione di Pianezza, nella quale su sbarre separate arrivano pure a 70 kV alcune linee del Gruppo Cartiera.

In questa Cabina fu possibile fare delle prove col sistema del parallelo momentaneo manovrando direttamente sulle sbarre a 70 kV dell'uno e dell'altro impianto; e controllando così i valori ottenuti sul 70 kV di Cabina Stura. ottenuti a loro volta con letture contemporanee fatte durante le prove col sincrono di Via Parma.

Il Gruppo Cartiera comprende linee a 70 e 30 kV in arrivo a Cabina Pianezza, dalla quale partono linee aeree a 20 kV alimentanti a loro volta una parte della rete in cavo a 20 kV sulle

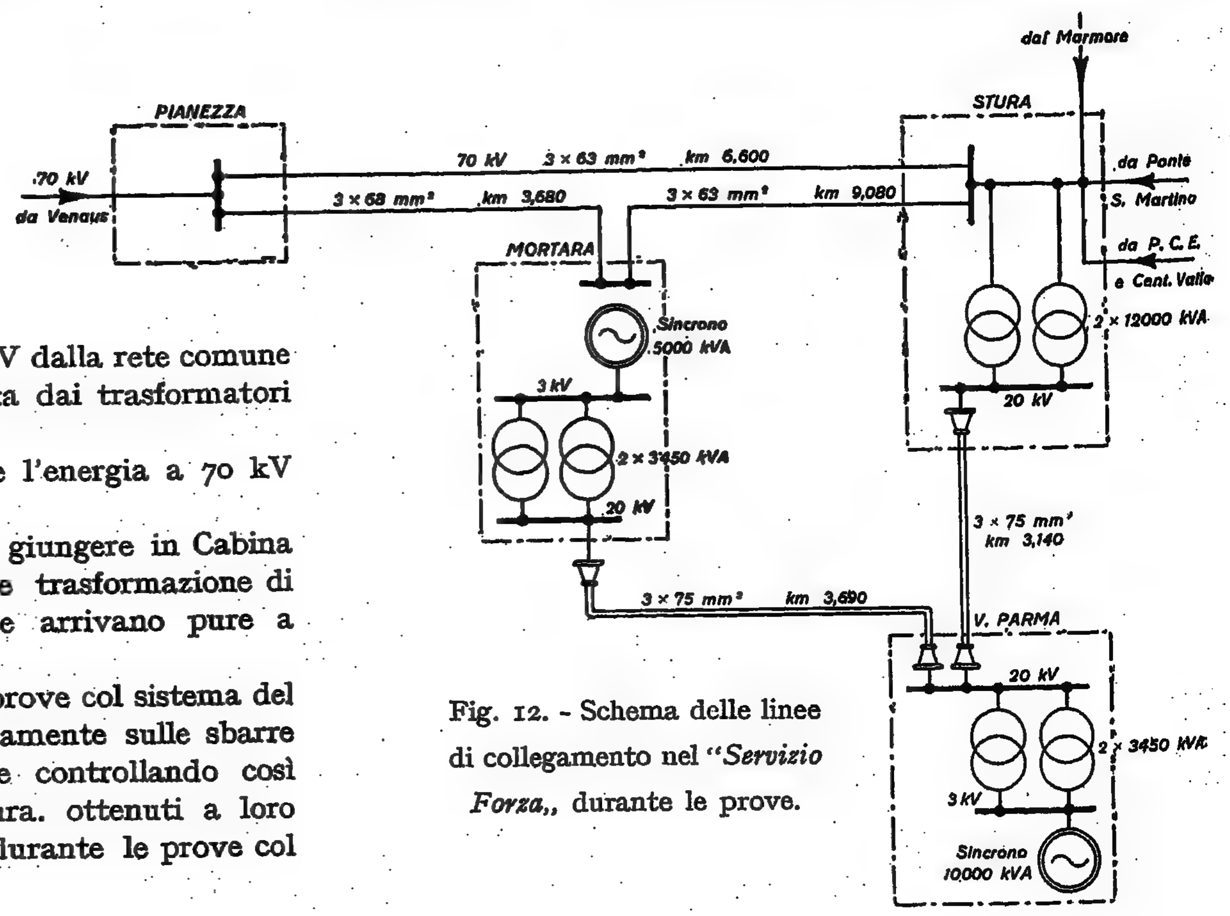


Fig. 12. - Schema delle linee di collegamento nel "*Servizio Forza*,, durante le prove.

PROVE ESEGUITE COL SINCRONO DA 1000 kVA DI CABINA « VIA PARMA » (*Servizio Forza*)

DATA E ORA	LETTURE: Ampere Sincrono	TENSIONE: Sincrono 3 kV (3300/100)	Sbarre 20 kV (22000/100)	Sbarre 70 kV (Stura) (1/1)	VALORI DEDOTTI – SINCRONO (3 kV): Differenze Ampere	Media differenze Ampere	Differenze tensione	Media differenze tensione	Tensione media	SBARRE 20 kV: Differenze tensione	Media differenze tensione	Tensione media	SBARRE 70 kV (Stura): Differenze tensione	Media differenze tensione	Tensione media
24-2-1931 ore 15 3/4	— 500	94,50	98	—	1000		6,50			3			—		
	+ 500	101	101	—		1050		7,59	97,50 corrispond. 3220 Volt		4	99		—	—
	— 550	93	96	—	1100		8,50			5			—		
	+ 550	101,50	101	—											
	— 500	92	92	63800	1000		7			3			1700		
	+ 500	99	98	65500		1000		7	95,75 corrispond. 3160 Volt		3,25	96,62		1750	64775
	— 500	92,5	95	64000	1000		7			3,5			1800		
	+ 500	99,5	98,5	65800											
17-3-1931 ore 15 1/2	+ 1000	101	100	—	1540		9			3,9			—		
	— 540	92	96,1	—											
	+ 950	100,5	100,5	—	1550	1663	8,5	9,8	96,6 corrispond. 3190 Volt	4,5	4,8	98,4	—	—	—
	— 600	91,5	96	—											
	— 600	91,5	96	—	1900		12			6			—		
	+ 1300	103,5	102	—											
ore 16	— 500	92	96,5	—	1500		8,5			4		—	—		
	+ 1000	100,5	100,5	—											
	— 500	92	96,5	65000	1500	1500	9,5	9,3	96,5 corrispond. 3190 Volt	5	4,66	98,83	2000	1950	66025
	+ 1000	101,5	101,5	67000											
	+ 1000	101,5	101,5	67000	1500		10			5			1900		
	— 500	91,5	96,5	65100											

CALCOLO POTENZA c/c ESPRESSO IN kVA

$$P_{c/c} = \frac{I_{c/c} \times V \times \sqrt{3}}{1000}$$

24-2-1931 ore 15 3/4

Scarto medio potenza sincrono: $\frac{3220 \times 1050 \times \sqrt{3}}{1000}$ = kVA 5850

Potenza c. c.:

Sbarre 3 kV: $5850 \times \frac{97,5}{7,5}$ = kVA 76500

» 20 » $5850 \times \frac{99}{4}$ = » 145000

(seconda prova)

Scarto medio potenza sincrono: $\frac{3160 \times 1000 \times \sqrt{3}}{1000}$ = kVA 5480

Potenza c. c.:

Sbarre 3 kV: $5480 \times \frac{95,75}{7}$ = » 75000

» 20 » $5480 \times \frac{96,62}{3,25}$ = » 163000

» 70 » $5480 \times \frac{64775}{1750}$ = » 202000

17-3-1931 ore 15 1/2

Scarto medio potenza sincrono: $\frac{3190 \times 1663 \times \sqrt{3}}{1000}$ = kVA 9250

Potenza c. c.:

Sbarre 3 kV: $9250 \times \frac{96,6}{9,8}$ = » 91000

» 20 » $9250 \times \frac{98,4}{4,8}$ = » 190000

ore 16

Scarto medio potenza sincrono: $\frac{3190 \times 1500 \times \sqrt{3}}{1000}$ = kVA 8300

Potenza c. c.:

Sbarre 3 kV: $8300 \times \frac{96,5}{9,3}$ = » 86000

» 20 » $8300 \times \frac{98,83}{4,66}$ = » 176000

» 70 » $8300 \times \frac{66025}{1950}$ = » 280000

PROVE ESEGUITE COL SINCRONO DA 5000 kVA DI « CABINA MORTARA »

DATA E ORA	SERVIZIO	LETTURE: Ampere Sincrono	LETTURE – TENSIONE: Sbarre sincrono 3 kV	LETTURE – TENSIONE: Sbarre 20 kV	VALORI DEDOTTI – SINCRONO (sbarre 3 kV): Differenze Ampere	Media differenze Ampere	Differenze tensione	Media differenze tensione	Tensione media	VALORI DEDOTTI – SBARRE (20 kV): Differenze tensione	Media differenze tensione	Tensione media
12-3-1931 ore 17	CARTIERA (Pianezza)	+ 240	3080	20900	700	700	190	190	3175	700	650	21275
		+ 940	3270	21600								
		+ 940	3270	21600	700		190			600		
		+ 240	3080	21000								
ore 17 1/2	FORZA (Stura)	— 390	3100	21300	920	950	200	200	3212	650	575	21687
		+ 530	3300	21950								
		— 450	3150	21500	980		200			500		
		+ 531	3350	22000								
17-3-1931 ore 16,45	CARTIERA (Pianezza)		3300/110	22000/120								
		— 330	97,5	109,5	930	915	8,6	8,35	101,7 corrispondente a: 3057 Volt	6,5	6,25	113
		+ 500	106,1	116								
		— 300	98	110	900		8,1			6		
		+ 600	107,1	116								
ore 17,15'–	FORZA (Stura)	+ 600	112,5	121	870	1077,5	6	7,875	110,9 corrispondente a: 3327 Volt	3	4,25	121
		— 270	106,5	118								
		— 270	106,5	118	870		6,5			3		
		+ 600	113	121								
17,30'		— 500	107,5	120	1300		9,7			5		
		+ 800	117,2	125								
		+ 800	117,2	125	1270		9,3			6		
		— 470	106,5	119								

CALCOLO POTENZA C/C ESPRESSO IN kVA

$$P_{c/c} = \frac{I_{c/c} \times V \times \sqrt{3}}{1000}$$

12-3-1931 ore 17 – Cartiera (Pianezza)

Scarto medio potenza sincrono: $\frac{3175 \times 700 \times \sqrt{3}}{1000} =$ kVA 3840

Potenza c. c. { Sbarre 3 kV: $3840 \times \frac{3175}{190} =$ » 64000
» 20 »: $3840 \times \frac{21275}{650} =$ » 126000

N.B. - Le letture sono state eseguite sugli istrum. del quadro.

ore 17 1/2 – Forza (Stura)

Scarto medio potenza sincrono: $\frac{3212 \times 950 \times \sqrt{3}}{1000} =$ kVA 5300

Potenza c. c. { Sbarre 3 kV: $5300 \times \frac{3212}{200} =$ » 85000
» 20 »: $5300 \times \frac{21687}{575} =$ » 200000

N.B. - Le letture sono state eseguite sugli istrum. del quadro.

17-3-1931 ore 16,45 – Cartiera (Pianezza)

Scarto medio potenza sincrono: $\frac{3057 \times 915 \times \sqrt{3}}{1000} =$ kVA 4850

Potenza c. c. { Sbarre 3 kV: $4850 \times \frac{101,9}{8,35} =$ » 59500
» 20 »: $4850 \times \frac{113}{6,25} =$ » 88000

ore 17,15'– / 17,30' – Forza (Stura)

Scarto medio potenza sincrono: $\frac{3327 \times 1077,5 \times \sqrt{3}}{1000} =$ kVA 6200

Potenza c. c. { Sbarre 3 kV: $6200 \times \frac{110.9}{7,875} =$ » 87500
» 20 »: $6200 \times \frac{121}{4,25} =$ » 177000

PROVE ESEGUITE CON PARALLELI MOMENTANEI SULLE SBARRE A 70 kV DI « CABINA PIANEZZA »

DATA E ORA	LETTURE SUL 70 kV — TENSIONE prima del parallelo — SERVIZIO — CARTIERA (Mirafiori)	FORZA (Mortara)	TENSIONE durante il parallelo	AMPER durante il parallelo	VALORI DEDOTTI — DIFFERENZE TENSIONI — singole — CARTIERA	singole — FORZA	medie — CARTIERA	medie — FORZA	TENSIONE MEDIA DURANTE IL PARALLELO	CALCOLO POTENZA C. C. ESPRESSO IN kVA $P_{c/c} = \frac{I_{c/c} \times V \times \sqrt{3}}{1000}$
	1,10	1,10	1,10	1	1,10	1,10	1,10	1,10		
5-3-1931 ore 16	54950	57900	56700 corrispondente a: 62500 Volt	$\frac{65+35}{2} = 50$	1750	1200	1750	1200	62500	Potenza di compensazione: $\frac{62500 \times 50 \times \sqrt{3}}{1000} =$ kVA 5400 Potenza c. c. sbarre 70 kV: Cartiera: $5400 \times \frac{54950}{1750} =$ kVA 170000; Forza: $5300 \times \frac{57900}{1200} =$ kVA 260000 Le letture sono state eseguite con voltmetri e amperometri da quadro di scarsa attendibilità. Le misure sono state perciò ripetute il 12-3-31 usando voltmetri a specchio e amperometro sul 70 kV con fondo scala di 100 A anzichè 300 A.
	68000/100	68000/100	68000/100	1.—	680	680	680	680	1	Ampèr medi di compensazione $I_m = \frac{46 + 48 + 58}{3} = 50.7$
12-3-1931 ore 16-17	90,5 90,5 89,2	96 96,7 96,1	94 94,25 93,50	46 48 58	3,50 3,75 4,30	2 2.45 2,60	3,85	2,35	63700	Potenza media di compensazione: $\frac{63700 \times 50,7 \times \sqrt{3}}{1000} =$ kVA 5600 Tensione media: Cartiera: $V_m = \frac{90,5 + 90.5 + 89.2}{3} = 90.1$; Forza: $V_m = \frac{96 + 96.7 + 96.1}{3} = 96.3$ Potenza c. c. sbarre 70 kV: Cartiera: $5600 \times \frac{90,1}{3,85} =$ kVA 131000; Forza: $5600 \times \frac{96,3}{2,35} =$ kVA 230000

quali durante il periodo delle prove era allacciato una parte del servizio della Cabina Mortara.

Smistando il sincrono da 5 000 kVA di questa Cabina da un servizio all'altro, si poterono effettuare le prove su ambedue i servizi a 3 kV e 20 kV dei due gruppi.

successivamente perchè il servizio sulle linee di trasporto a 130 kV funzionava durante le prime prove temporaneamente a 70 kV.

Le misure in genere furono effettuate in condizioni non facili a causa delle continue oscillazioni di tensione provocate

SPECCHIETTO RIASSUNTIVO DELLE PROVE ESEGUITE

(Il c/c è espresso in migliaia di kVA)

DATA	CABINA	SERVIZIO: CARTIERA – SBARRE: 3 kV Mortara	CARTIERA – SBARRE: 20 kV	CARTIERA – SBARRE: 70 kV	FORZA – SBARRE: 3 kV Via Parma	FORZA – SBARRE: 3 kV Mortara	FORZA – SBARRE: 20 kV	FORZA – SBARRE: 70 kV
24-2-1931	Via Parma	—	—	—	76,5	—	145	—
»	Via Parma	—	—	—	75	—	163	202
a) Valori medî		—	—	—	75,7	—	154	202
5-3-1931	Pianezza	—	—	170	—	—	—	260
12-3-1931	Pianezza	—	—	131	—	—	—	230
»	Mortara	64	126	—	—	85	200	—
17-3-1931	Via Parma	—	—	—	91	—	190	—
»	Via Parma	—	—	—	86	—	176	280
»	Mortara	59,5	88	—	—	87,5	177	—
b) Valori medî		61,7	107	150,5	88,5	86,2	185,8	256,6

I valori medî *b*) sono superiori a quelli *a*) perchè i primi si riferiscono agli impianti con le linee di trasporto a 130 kV esercite alla loro tensione normale e i secondi agli impianti con dette linee esercite temporaneamente a 70 kV.

Il rapporto fra le potenze di c. c. in kVA sul 70 kV e la potenza complessiva delle Centrali di ciascun gruppo risultò di 2,1 per il servizio Forza e di 2,7 per il servizio Cartiera ossia, in caso di c. c. tripolare simmetrico sul 70 kV, le correnti re-

dai carichi siderurgici, ciò che giustifica i forti scarti ottenuti singolarmente per ogni misura e la necessità di eseguire per ogni determinazione diverse misure per ricavare il valore medio.

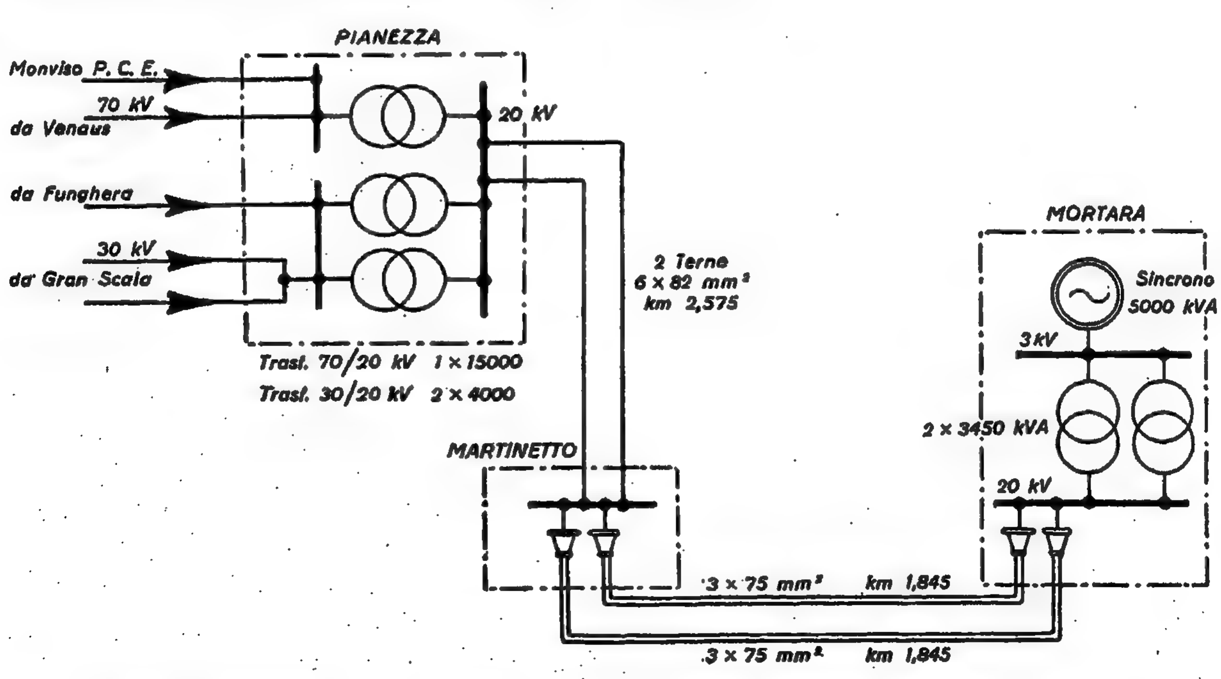


Fig. 3. - Schema dei collegamenti del « *Servizio Cartiera* » durante le prove.

lative corrispondono a circa 2,1 e 2,7 volte la sommatoria degli Amper di pieno carico di tutte le Centrali in parallelo riportate alla tensione comune di 70 kV.

Le misure sul 70 kV del servizio « Forza » dettero nel febbraio potenze di c. c. inferiori a quelle ottenute con le prove effettuate

La sufficiente concordanza riscontrata tra i valori ottenuti sul 70 kV colla procedura dei sincroni e con quella del parallelo momentaneo eseguito in Cabina Pianezza, da buon affidamento sul grado di approssimazione raggiunto adottando la media dei diversi valori ricavati.

ING. ETTORE IMMIRZI
DELLA SOC. GEN. ELETTRICA NAPOLETANA

L'impianto di comandi a distanza della Società Generale Elettrica Napoletana

La rete di distribuzione in un grande centro cittadino non può avere unicamente origine dalle sbarre delle sottostazioni terminali dei trasporti, che sono ubicate in margine all'abitato.

Occorrono quasi sempre altre sottostazioni più interne, le quali, o effettuano una seconda trasformazione, oppure sono dei semplici centri di smistamento, collegandosi alle precedenti con grossi feeder, e formando il punto di irradiazione della vera rete di distribuzione che alimenta le cabine di ultima trasformazione.

Quella parte di rete che ha origine nelle prime sottostazioni (terminali dei trasporti) può essere controllata dallo stesso personale che sorveglia le linee ad altissima tensione e i trasformatori destinati ad abbassare la tensione al valore di distribuzione. Questo personale è di solito bene utilizzato e la sua presenza si giustifica quasi sempre.

Ma nelle sottostazioni più centrali, specie se semplici nodi di smistamento, la presenza di personale porta un onere finanziario esagerato, tanto più se si devono fare tre turni di otto ore. Se invece si affida il servizio a un residente locale senza limiti di orario, occorre dargli un'abitazione e questo nelle zone centrali è spesso difficile per mancanza di spazio.

Nel progetto di una nuova grossa cabina di smistamento occorre mettere come base se essa sarà o no presidiata da personale, perchè una decisione in proposito sposta notevolmente il progetto della parte muraria.

In alcuni casi speciali, di cabine ricavate nel sottosuolo di una piazza, di un giardino pubblico, etc., il presidiare il locale diventa assai oneroso.

Gli Americani, per cui la mano d'opera ha un'incidenza maggiore sul costo del servizio, hanno per i primi affrontato e risolto il problema di avere cabine senza personale. Di solito le cose vanno in questo modo. Esiste un grosso centro presidiato e i minori centri che nascono nei dintorni sono costruiti per funzionare da principio come cabine automatiche. Quando lo sviluppo dei carichi lo giustifica economicamente, si provvede a un collegamento col centro maggiore e alle apparecchiature con le quali si comandano a distanza i centri minori.

Alcune delle relazioni presentate al Congresso mondiale di Tokio illustrano i diversi sistemi americani per effettuare i comandi a distanza.

L'adozione di tali comandi in un centro esistente è raramente conveniente se si ha di mira solo l'economia delle spese di esercizio, perchè quasi sempre le spese d'impianto sono troppo gravi. Ciò accade quando nelle cabine esistono interruttori comandati a mano, perchè naturalmente l'impianto di comandi a distanza presuppone che gli interruttori siano muniti di magneti di chiusura e di bobine di sgancio per l'apertura. Questi a loro volta presuppongono una batteria per i comandi, e un gruppo di carica.

Di più, si ha spesso da fare con interruttori che dopo uno scatto hanno bisogno almeno di una revisione sommaria, se non addirittura di una riparazione ai rompiarco.

Sarebbe quindi assai avventato il voler chiudere a distanza tali interruttori.

Ben diversa è la situazione quando si ha da progettare una nuova cabina, oppure quando lo sviluppo dei carichi, o anche solo l'aumentata potenza in gioco a monte di una cabina esistente, ne impongono la ricostruzione, o almeno il ricambio degli automatici.

Se si tratta di progettare addirittura il locale, già si è accennato all'importanza, nei confronti della spesa di impianto, di prevedere o no la presenza di personale.

Cabine che sorgono in punti della città dove il suolo ha molto valore, hanno un costo minore se possono essere progettate tenendo presente le sole necessità di ingombro delle apparecchiature elettriche, e magari senza luce, con ventilazione ridotta, con difficile e scomodo accesso.

Ma anche nel caso di cabine esistenti da rimodernare, è da esaminare se convenga l'adozione del comando a distanza tenendo presente quanto sia modesto, in questo caso, l'aggravio di spesa di primo impianto che esso importa.

Di fatti, in caso di ricostruzione di un centro di smistamento, accade quasi sempre che alle esistenti protezioni con relais diretti sull'A. T. si vogliano sostituire relais sul secondario di riduttori.

Ne vengono subito di conseguenza le bobine di sgancio sugli automatici e la batteria per alimentare il circuito di queste bobine, dato che l'alimentazione con la corrente secondaria dei riduttori deve considerarsi come un ripiego. Se la cabina si progetta con criteri moderni, cioè con un locale separato in cui sono riuniti su appositi marmi i relais di protezione e gli apparecchi di misura, è naturale che sugli stessi marmi si vogliano avere i pulsanti per l'apertura e chiusura degli interruttori, ossia questi devono avere le testate col magnete di chiusura.

La chiusura elettrica diventa addirittura una necessità se si sono dovuti prevedere interruttori a forte capacità di rottura. Difatti in questo caso vuol dire che si temono forti correnti di corto circuito, e allora gli sforzi meccanici, che si avranno all'atto di una chiusura sotto corto circuito, saranno tali che l'interruttore non potrà chiudersi a mano.

Se a tutto ciò si aggiunge che un posto dell'importanza di quello descritto deve essere collegato a un ufficio centrale almeno con due fili telefonici, si vede che sulla convenienza economica di un impianto di comandi a distanza non c'è più da discutere. Difatti esiste il collegamento, esiste l'apparecchiatura locale di comando, esiste la sorgente di energia locale. La ulteriore spesa per l'istallazione dei comandi è una modesta percentuale di quanto costa tutto il resto.

Rimane a vedere se la sostituzione dell'operatore locale con i comandi è preferibile anche dal punto di vista tecnico.

Un esame a priori della questione non può portare che a una risposta affermativa.

Difatti, già oggi in nessuna centrale o sottostazione importante l'operatore locale è presso agli organi che comanda, e in realtà anche egli si avvale di comandi a distanza e non ha sott'occhi che delle lampade spie e degli apparecchi.

Questa è la tendenza moderna tanto nelle costruzioni puramente elettriche che negli impianti di energia. Così tutto il funzionamento delle caldaie a vapore si controlla da un posto unico, così le paratoie di un bacino idraulico, ecc.

È già quindi superata dai fatti l'unica seria obbiezione che può farsi ai comandi a distanza, e che cioè l'operatore non vede direttamente che cosa accade dell'organo comandato.

E allora un semplice processo di generalizzazione permette di conchiudere che, per poco che si abbiano i mezzi di poterlo fare, sarà vantaggioso riunire nelle mani e sotto gli occhi di una sola persona il comando delle cabine di una zona o di una città, e ciò a prescindere da ogni economia di personale.

Nè l'accentrarsi di tanti comandi nelle mani di una sola persona deve preoccupare, perchè le manovre da eseguirsi in cabine di trasformazione o smistamento non sono mai numerose, a differenza di quanto accade in altri campi. L'intervento è generalmente necessario solo in caso di incidenti, il che, specie nel caso di una distribuzione in cavi, rappresenta l'eccezione e non la regola.

Dal punto di vista della pratica esperienza si deve riconoscere che la stampa tecnica americana è unanime nell'esaltare i vantaggi della centralizzazione dei comandi.

Scopo di questo articolo è di far conoscere i risultati pratici di un impianto del genere che funziona da oltre due anni a Napoli e che costituisce uno dei primi impianti europei del genere e probabilmente la prima applicazione al controllo di una intera distribuzione cittadina.

La distribuzione della città di Napoli è fatta prevalentemente dalla Società Generale Elettrica Napoletana, che ha riuniti gli impianti delle due preesistenti Società Generale e Napoletana ed ha nel corso di tre anni eseguita la quasi completa trasformazione a c. a. della vecchia rete a corrente continua della Generale. Ha inoltre ricostruito l'impianto di illuminazione pubblica della città secondo i moderni sistemi a corrente costante.

Questi due fatti hanno portato alla necessità di riordinare ed ampliare la rete a 9 kV che costituisce la distribuzione a corrente alternata.

Sono state create nuove sottostazioni, alcune già in servizio, altre in montaggio, e lo schema di insieme della rete di distribuzione ha assunto l'aspetto della fig. 1. Oltre i punti di arrivo dell'energia, cioè Agnano, Poggioreale e la Centrale Termica Capuano, vi sono delle sottostazioni satelliti che si avanzano nel cuore della città, cioè Fiorentine, Tribunali e Bufola. Una quarta sottostazione, Pergolella, è destinata ad essere collegata ad una futura stazione, mentre per ora è servita da Bufola e Poggioreale.

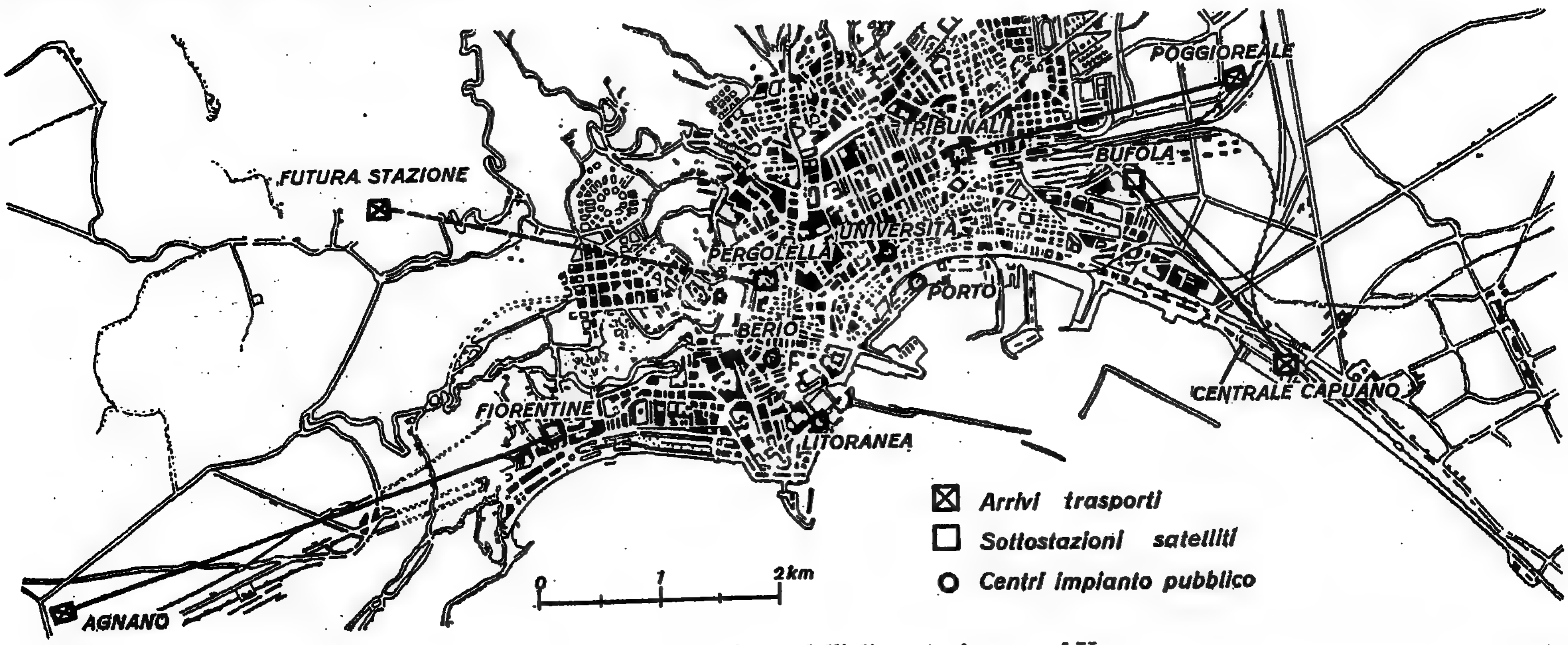


Fig. 1. - Schema d'insieme dell'alimentazione a 9 kV.

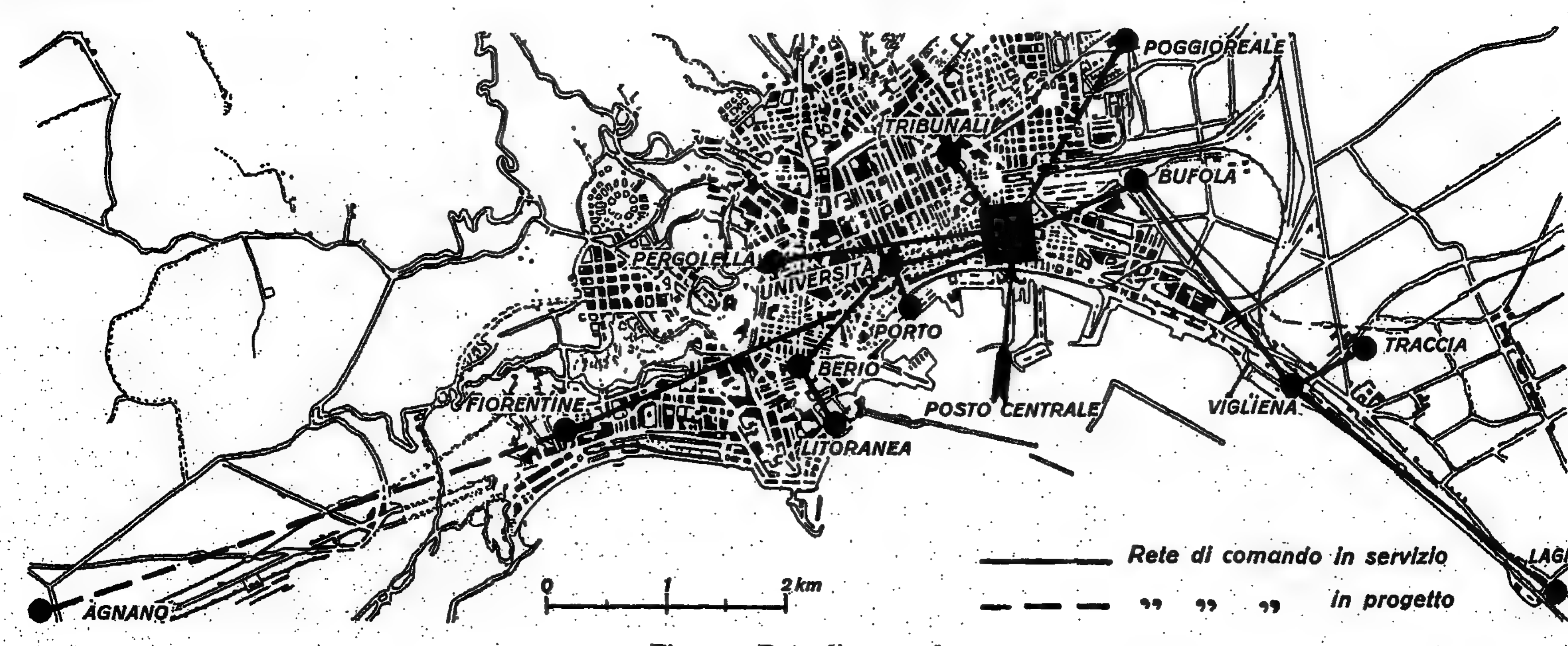


Fig. 2. - Rete di comando.

Vi sono poi centri minori, ma importanti agli effetti della illuminazione pubblica, e sono: Berio, Università, Porto, Litoranea. I Comuni della Zona Vesuviana sono serviti dalla Centrale Capuano mediante le cabine Vigliena, Traccia e Lagno.

Di tutti questi centri la Soc. Generale si è proposto di ottenere il controllo da un posto di comando unico ubicato nella sede del suo Ufficio Tecnico, indicato con un quadrato nella fig. 2.

All'epoca in cui le basi di questo programma furono gettate, non esistevano sul mercato europeo sistemi di comando messi a punto e da cui i tecnici dell'allora Società Napoletana potessero partire per fare delle proposte concrete.

Fu per questo che presso l'Ufficio Tecnico della Società si cominciò a studiare un sistema di comandi che, dopo successivi perfezionamenti, fu adottato e che è da due anni in regolare esercizio.

L'impianto è indicato nello schema della fig. 2; vi sono 6 linee o dorsali, ognuna costituita da una coppia di fili telefonici, che permettono di controllare i seguenti centri:

sulla dorsale *a*:	sottostazione	Tribunali....	con	128	comandi
» » *b*:	»	Bufola	»	64	»
	»	Vigliena.....	»	32	»
	»	Traccia	»	16	»
	»	Lagno	»	16	»
» » *c*:	»	Pergolella ...	»	128	»
» » *d*:	cabina	Università	»	32	»
	sottostazione	Berio	»	48	»
	cabina	Litoranea	»	16	»
	cabina	Porto	»	16	»
» » *e*:	sottostazione	Fiorentine ..	»	96	»
	»	Agnano	»	32	»
» » *f*:	»	Poggioreale .	»	128	»

Per le sottostazioni Bufola, Poggioreale e Agnano, l'impianto è in progetto.

I numeri indicati rappresentano la capacità massima, con un sufficiente margine di fronte alle manovre effettivamente necessarie.

Le caratteristiche principali del sistema sono:

a) *Collegamento* – occorrono due fili di tipo telefonico. La Società dispone di una importante rete telefonica in cavetti tipo Patterson con fili da 6 a 7 decimi, ed è stato facile riservare in ciascuna delle sei direzioni una coppia per l'impianto di comandi.

b) *Tensione di servizio* – è stata scelta la tensione di 24 V perchè è quella del servizio telefonico che viaggia sugli stessi cavi, e perchè le distanze limitate non esigevano una tensione maggiore. Per maggiori distanze si potrebbero usare 36 o 48 V.

c) *Sorgenti di energia* – tanto nel posto centrale che in ogni posto comandato esiste una batteria a 24 V. Quella del posto centrale è di una maggiore importanza, dovendo alimentare le lampade dei quadri luminosi di segnalazione. Quelle dei posti comandati sono piccole batterie da 30 Amperora. Per esse la massima richiesta di corrente durante la manovra non eccede 1 Ampere.

Ogni cabina ha un piccolo raddrizzatore in parallelo con la batteria per provvedere alla carica.

d) *Apparecchiatura adoperata* – l'organo elementare, tanto del centralino di comando che di tutte le apparecchiature di cabina, è un relais telefonico ordinario (fig. 3). Tale organo, costruito oggi in centinaia di migliaia di esemplari, costituisce con la sua perfezione e con la sua semplicità la migliore garanzia di funzionamento. Non vi sono organi rotanti, nè selettori, nè contatti striscianti. Nessun sincronismo deve essere mantenuto, nè durante i riposi, nè durante le manovre. Fra un comando e l'altro le apparecchiature non assorbono alcuna corrente.

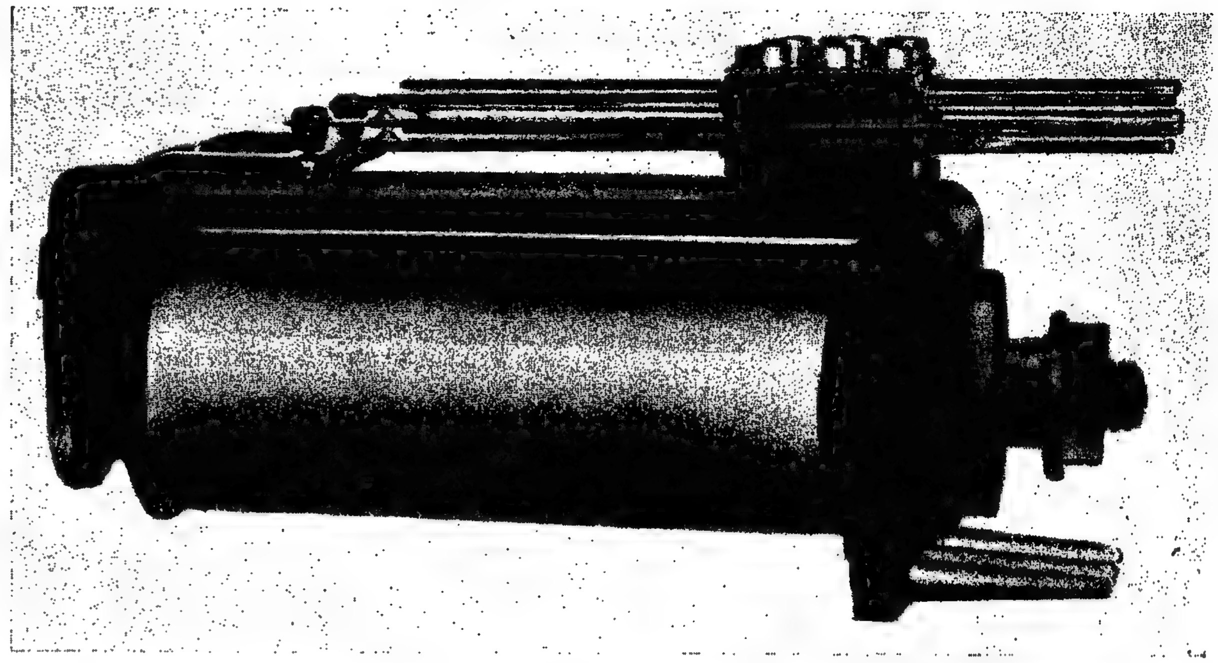


Fig. 3. - Organo elementare del sistema: relais telefonico.

e) *Capacità dell'impianto* – un unico centralino può alimentare un numero qualunque di linee. La capacità di ogni linea è nell'impianto della Soc. Generale, di 128 comandi.

Caratteristica del sistema è che tali 128 comandi possono essere ripartiti come si vuole fra varie cabine successive, in modo da avere una catena in cui, sempre con due soli fili, ogni cabina funziona da ripetitrice fra la precedente e la seguente. Nell'impianto di Napoli si hanno fino a tre cabine in catena. Egualmente può una cabina ripetere a due successive, poste in direzioni diverse, in modo che la rete di comando assume un aspetto a rami d'albero.

Come si vede, il sistema è particolarmente adatto a un impianto di distribuzione cittadina.

f) *Operazioni eseguite* – le operazioni eseguite sono:

1° – *segnalazione all'operatore* centrale delle variazioni che accadono sulla rete. La variazione tipica è lo scatto di un automatico, ma sono possibili naturalmente svariate altre segnalazioni. In particolare può essere interessante segnalare:

se si verifica una messa a terra sulle sbarre;

se la temperatura di alcuni elementi (es: olio di un trasformatore) supera un certo valore;

se la pressione dell'impianto di CO_2 per estinzione di incendio scende sotto un certo valore;

quale è la posizione dei coltelli di sezione e, in particolare, su quale sistema di sbarre è inserita ciascuna linea;

se viene aperta la porta del locale, ecc.

Queste ed altre possibilità esulano naturalmente dal sistema di comandi, e basta tradurre la variazione che si vuol segnalare nella chiusura o apertura di un contatto elettrico, perchè essa possa essere registrata.

2° – *esecuzione di comandi* – il comando tipico è l'apertura e la chiusura di un interruttore. Altri comandi realizzati sono: l'attacco e il distacco di un raddrizzatore per la carica delle batterie dei servizi ausiliarii, e l'inserimento di un dispositivo meccanico per ridurre, con un contrappeso, la corrente dei trasformatori oscillanti per la luce stradale, nelle ore dopo la mezzanotte. È in progetto anche il comando dei sezionatori tripolari, in modo da arrivare allo smistamento di un cavo da un sistema di sbarre ad un altro, eseguito a distanza.

3° – *conferma della posizione* di organi vari (per es.: interruttore chiuso o aperto) mettendosi in comunicazione con questo organo senza tuttavia comandarlo.

4° – *lettura a distanza* di alcune grandezze elettriche.

Per chi ha la responsabilità di una rete di cavi la grandezza che più interessa controllare è la corrente. Per questo effetto è stato adottato uno schema assai semplice, amplificando al posto centrale una differenza di potenziale di pochi volt che viene inviata dalle cabine, ed è presa sopra uno shunt in serie con i riduttori di corrente dei cavi, giusta lo schema della fig. 4.

il regolare funzionamento dei circuiti serie dell'impianto di illuminazione pubblica.

Si tratta di circuiti sotterranei a corrente costante, alimentati da trasformatori oscillanti di 80 kVA, con tensione secondaria massima di 4000 V.

Si è trovato opportuno leggere le tensioni contro terra dei due capi del circuito all'uscita del trasformatore.

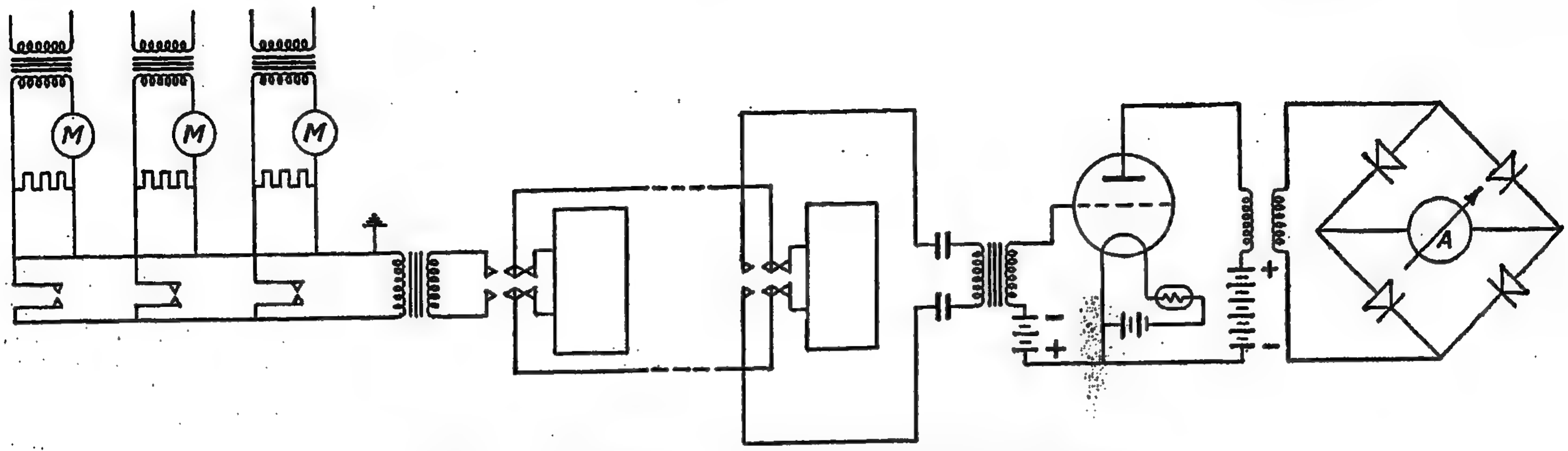


Fig. 4. - Dispositivo di lettura a distanza delle correnti.
M - relais di massima *A* - apparecchio di lettura

Questo metodo è risultato abbastanza preciso data la distanza non superiore ai 40 km.

Altri controlli che si effettuano sono:

quello della tensione (alternata) sulle sbarre delle varie sottostazioni;

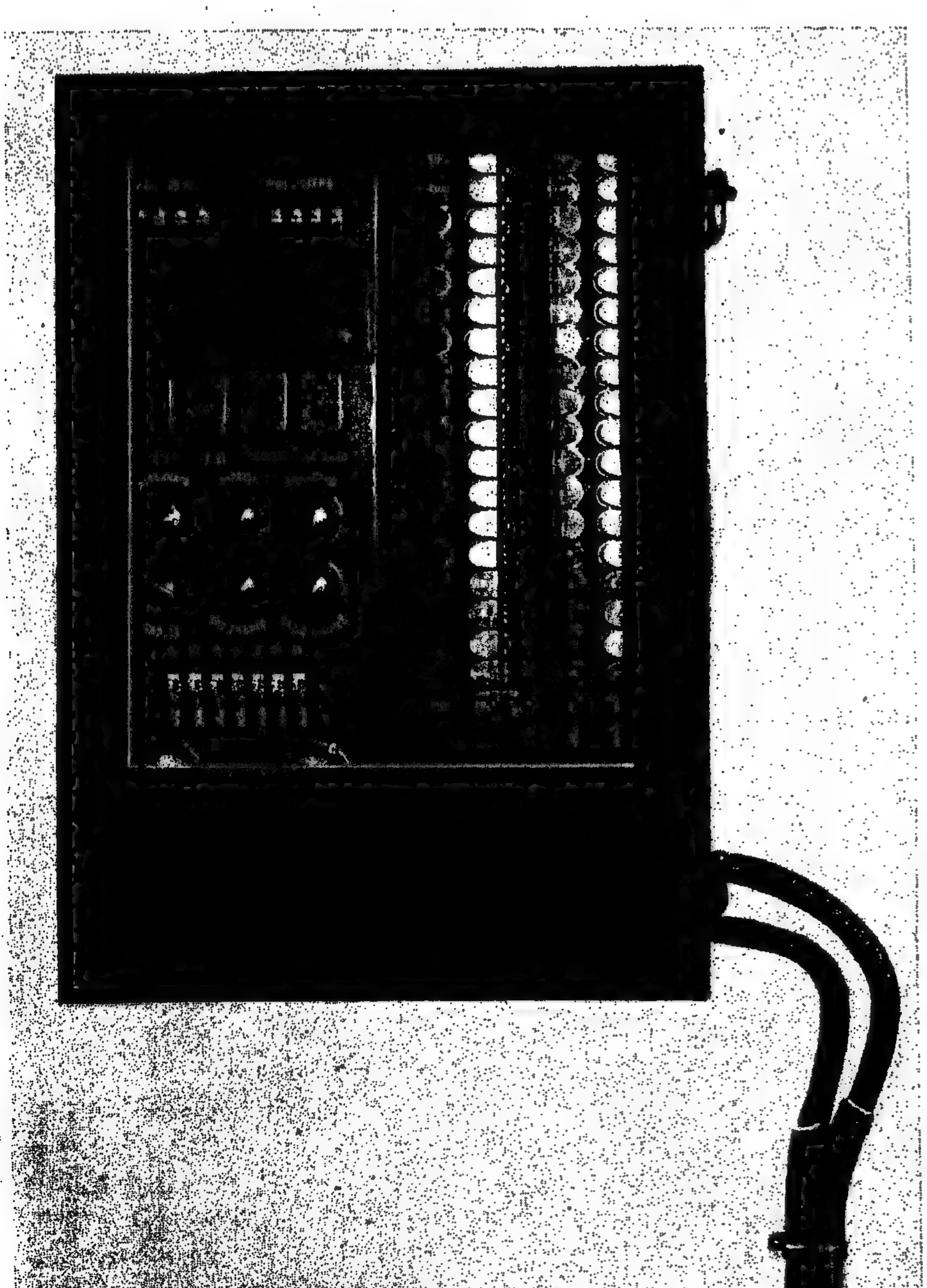
quello della tensione (continua) della batteria servizi ausiliari;

Queste due tensioni permettono di assicurarsi della costanza di due elementi che sono caratteristici di ciascun cavo, e cioè la somma delle due tensioni:

$$V_1 + V_2$$

che corrisponde al carico totale del cavo, e il rapporto:

$$\frac{V_1}{V_2}$$



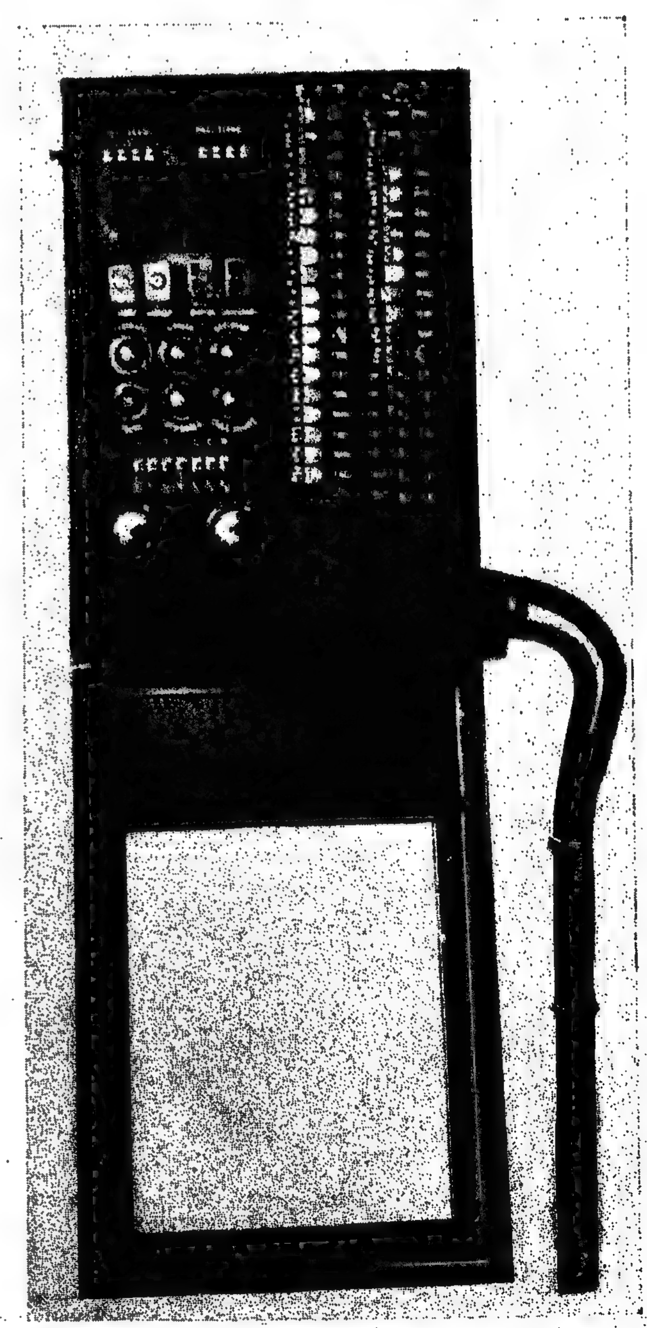


Fig. 5. - Centralino di comando

chiuso aperto

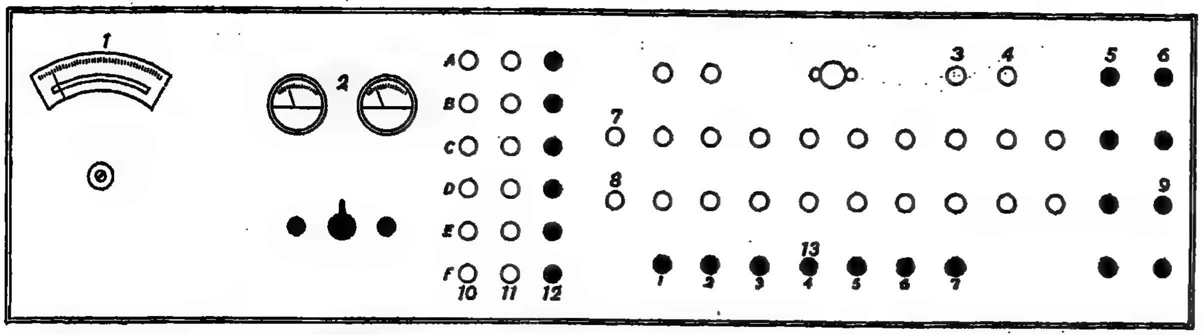


Fig. 6. - Tasti di manovra e lampadine sul pulpito.

1 - lettura a distanza; 2 - controllo amplificatore della lettura a distanza; 3 - corto-circuito; 4 - terra; 5 - chiudere; 6 - aprire; 7 - numeri luminosi (allarme); 8 - numeri luminosi (chiamata); 9 - selezione; 10 - lampade allarme dorsale; 11 - lampade chiamata dorsale; 12 - tasti chiamata dorsale; 13 - tasti di preparazione dei comandi.

che è definito dalla distribuzione del potenziale contro terra, lungo il cavo stesso.

In caso di interruzione del cavo la tensione totale si eleva al massimo che può dare il trasformatore, mentre se si cortocircuita una parte della serie, la tensione si abbassa.

Infine se si produce una terra si altera il rapporto:

$$V_1 : V_2$$

L'operatore perciò riesce a controllare il funzionamento di ciascuna serie, e tanto in caso di interruzione che in caso di terra può addirittura dare una indicazione approssimativa, al personale che invia per la riparazione, del posto dove il guasto si è prodotto.

Una differenza notevole dai sistemi esteri è che nell'impianto in parola la lettura degli apparecchi si effettua con lo stesso numero dell'automatico corrispondente e che quindi la capacità di 128 numeri per ogni dorsale è una effettiva capacità di comando, che non viene diminuita dal numero di apparecchi da leggere.

***

Descrizione dell'impianto e suo funzionamento.

Il posto centrale è costituito da:

una batteria a 24 V con relativo gruppo di carica;
un centralino;
un tavolo di manovra;
tanti quadri luminosi quante sono le linee (dorsali) di collegamento con i posti controllati.

Il centralino è illustrato nella fig. 5.

Le fig. 6 e 7 mostrano il tavolo di comando, e la fig. 8 l'insieme del tavolo e del centralino.

I quadri luminosi sono visibili nella fig. 9.

In alto è lo schema generale della rete, con indicazione (manuale) dei sezionamenti; a destra è visibile una pianta trasparente che controlla tutti i circuiti della pubblica illuminazione.

In caso di variazione (allarme) in uno dei posti controllati, sul tavolo si accende una lampada che fa comparire la lettera che individua la dorsale. Contemporaneamente una suoneria richiama l'attenzione dell'operatore. Questi, se non è occupato con altre manovre, premendo il tasto corrispondente si mette in comunicazione con quella dorsale.

Gli arriva allora il numero caratteristico dell'organo variato. Questo numero si forma in cifre luminose sul centralino, ed è seguito da altre indicazioni. Una prima indicazione è «aperto» o «chiuso» (lampada verde o lampada rossa). Sono previste altre due indicazioni, e nell'impianto della Società Generale queste due indicazioni sono «corto circuito» e «terra».

Quindi l'operatore oltre a sapere, per es., che l'interruttore 125 della dorsale *c* è scattato, sa pure se vi è stato un corto circuito, oppure una fase a terra.

Contemporaneamente sul quadro luminoso si accende la lampada corrispondente alla posizione dell'interruttore. Questa indicazione è di carattere permanente, mentre il numero luminoso che si è formato sul tavolo di comando scompare dopo alcuni secondi. Questo breve tempo è a disposizione dell'operatore per leggere, sopra un unico apparecchio del tavolo, la grandezza elettrica relativa all'organo controllato.

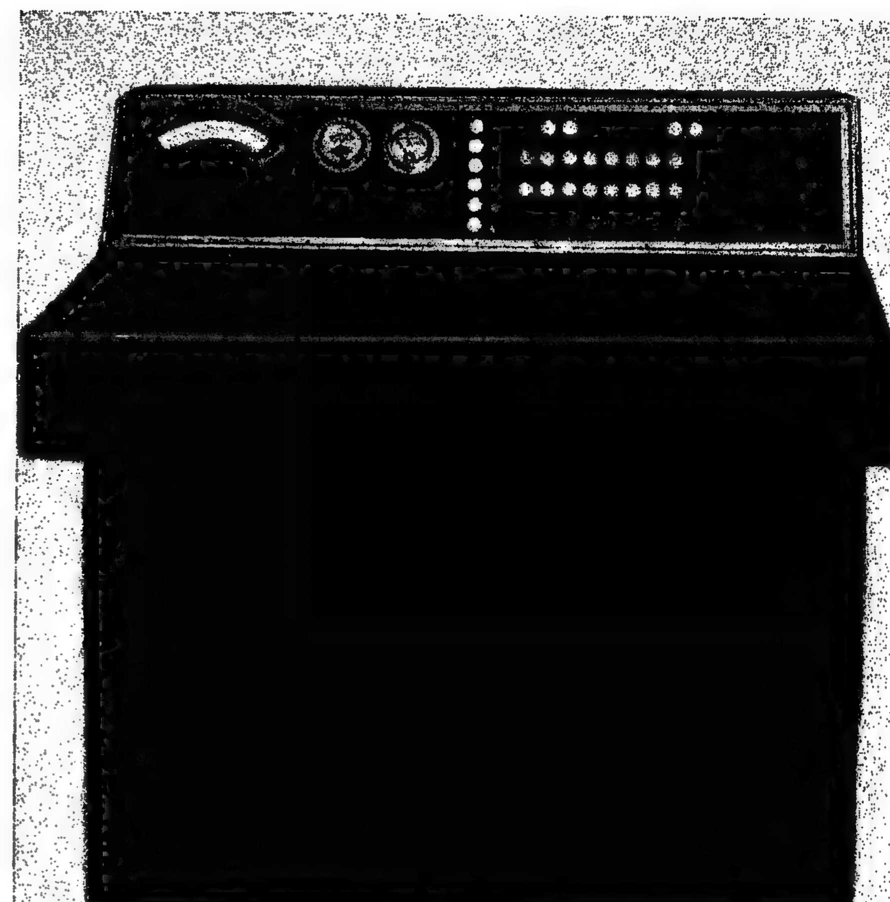


Fig. 7. - Pulpito con tasti di comando e lampade di segnalazione.

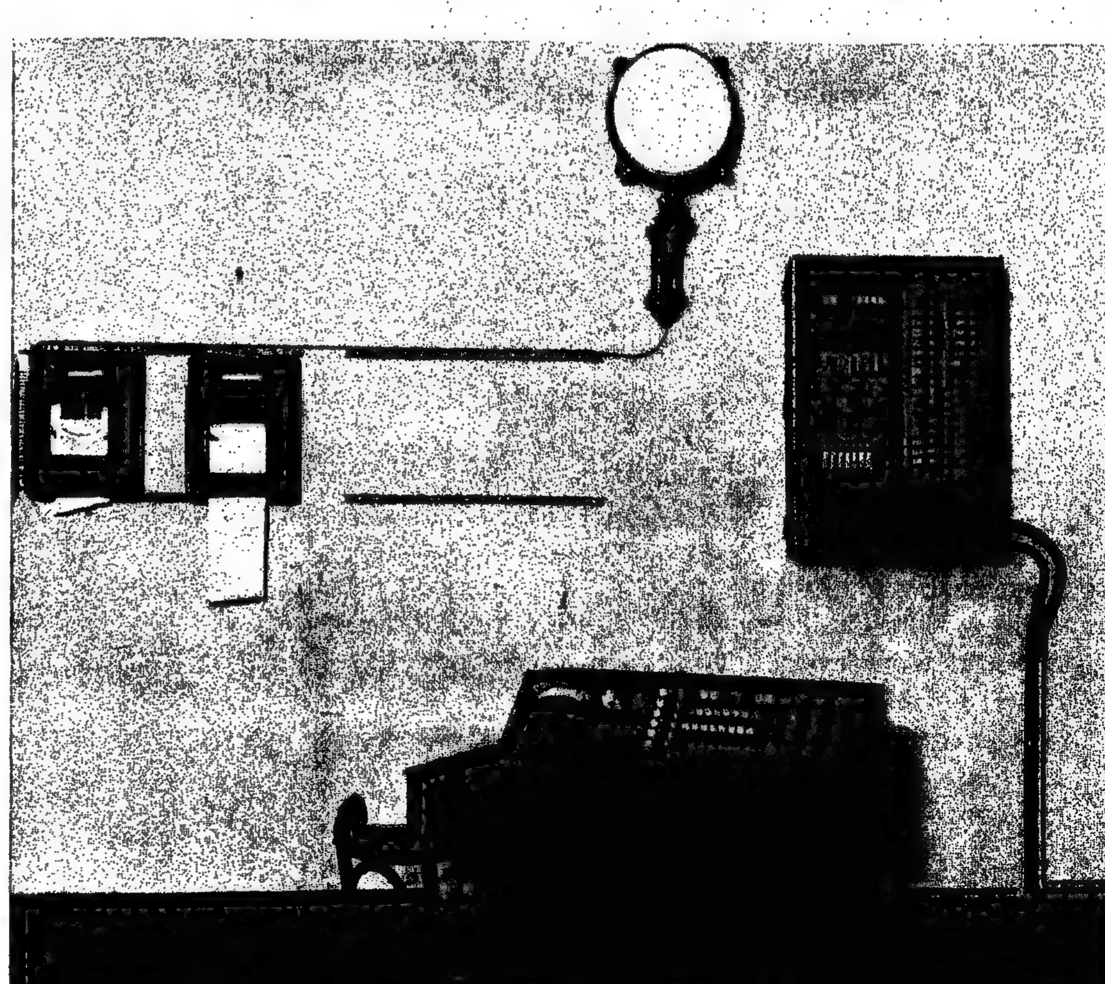


Fig. 8. - Posto di comando.

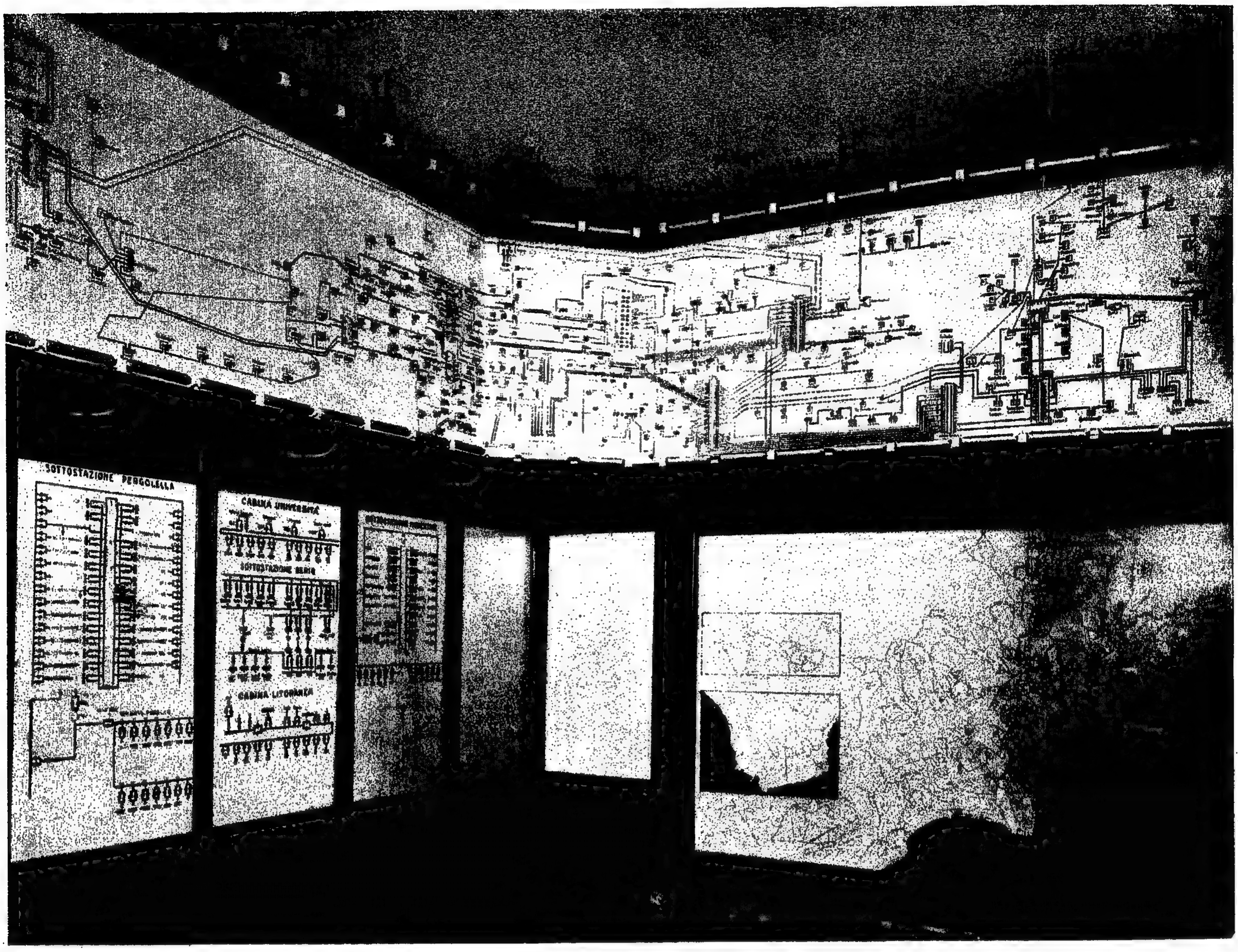


Fig. 9. - Posto centrale. Schemi luminosi dei centri controllati. In alto schema generale della rete a 9 kV.

A questo punto l'operatore può, premendo un bottone, manovrare l'organo variato. Riceverà allora una seconda volta il numero dell'organo, e la variazione, se essa è avvenuta.

Se per es.: era scattato un automatico, e l'operatore ha provato a richiuderlo, avrà segnalazione di interruttore chiuso se la prova è andata bene, e di aperto, se l'interruttore è scattato nuovamente.

Saprà, in caso di scatto, se esso è stato accompagnato da c. c. o da messa a terra.

Se in uno stesso centro scattano diversi automatici, le relative segnalazioni di allarme sono ricevute una alla volta, in un ordine prestabilito.

Se gli scatti avvengono su diverse dorsali, l'operatore ne è avvertito dall'accendersi delle rispettive lampade e può chiamarle una alla volta.

Nel caso che l'operatore voglia eseguire un comando, o controllare la posizione di un organo, o leggere il carico (in Ampere) di una linea, è lui che compone in cifre luminose il numero caratteristico dell'organo desiderato, a mezzo di bottoni.

Premuto poi il bottone della dorsale, egli si mette in comunicazione con quell'organo premendo un tasto *selezione*.

Si svolgono allora le stesse manovre prima descritte, cioè l'organo chiamato dà il proprio numero, e poi può essere comandato.

Come si è già detto, dopo la formazione del numero, la cifra luminosa resta per un breve periodo accesa, e in quel tempo è inserito sulla dorsale un apparecchio che permette di leggere il carico della linea controllata.

L'operatore chiama a intervalli determinati (per es.: ogni ora) tutte le linee, per leggere e annotare i carichi. In questo modo tutta l'apparecchiatura è continuamente in funzione, e se qualche guasto si produce esso è conosciuto immediatamente, e non già in un momento di urgenza quando si debba eseguire una manovra.

Come si vede l'attività dell'operatore si svolge senza che ci sia mai la necessità di muoversi dal tavolo, dove egli ha a portata di mano, i telefoni, i suoi registri, etc.

Un'altra caratteristica del sistema, che lo differenzia da quelli esteri, è che ogni manovra non si esegue se prima non si è avuta la conferma di essere effettivamente collegati con l'organo che si vuol comandare. Inoltre, la necessità di leggere i carichi mantiene in continua attività tutto l'impianto, garantendo che esso funzionerà correttamente quando vi sarà bisogno di eseguire manovre.

Naturalmente la necessità di riattaccare un interruttore non è frequentissima, tuttavia il centralino attacca e distacca ogni giorno gli interruttori della pubblica illuminazione in 6 cabine, il che fa con le prove che si eseguono a mezzogiorno e con la variazione di luce che si fa a mezzanotte, 36 comandi effettuati ogni giorno, oltre tutti quelli richiesti da manovre o da incidenti di servizio.

Il lavoro svolto dal tavolo di comando è molto maggiore, per le letture dei carichi che si eseguono ogni ora. Un contatore delle manovre che è installato sul tavolo, segna dalle 600 alle 700 operazioni nelle 24 ore.

***

L'apparecchiatura di comando installata nelle varie cabine e sottostazioni è tutta racchiusa in un armadio di lamiera.

La fig. 10 mostra un armadio capace di 64 numeri, attrezzato per 48.

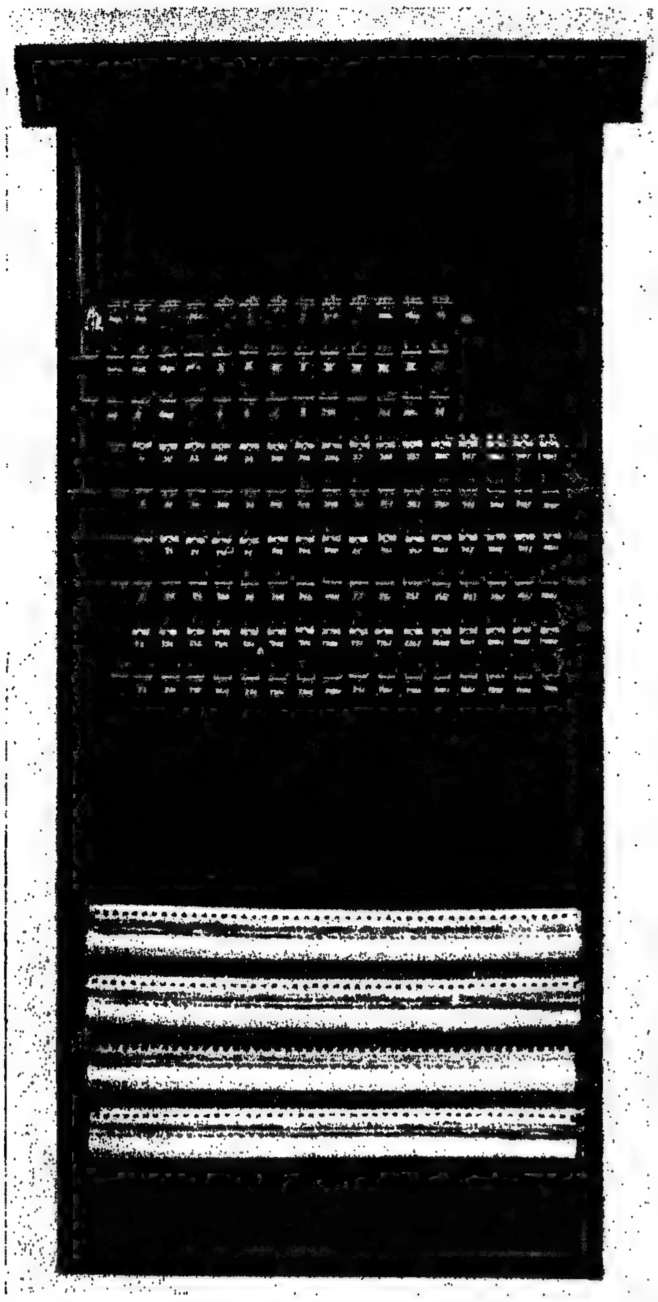


Fig. 10. - Armadio di cabina. Capacità 64 numeri. Attrezzato per 48 numeri e sola segnalazione (è lasciato il posto per aggiungere i relais di comando).

La fig. 11 mostra un armadio della massima capacità (128 numeri) attrezzato per 96.

Gli armadi di cabina contengono gli stessi relais telefonici del centralino. Contengono poi altri relais azionati a 24 V, ma isolati per una tensione maggiore (220 V c.c.) e con contatti di sufficiente portata per azionare gli interruttori.

Un interruttore moderno per tensioni medie richiede per essere chiuso correnti considerevoli, da 20 fino a 50 A a 220 V. Minori correnti prendono gli interruttori a motore, ma sempre di quest'ordine. Ora il problema più delicato in un impianto di comandi a distanza, è di avere un relais che mentre si possa azionare con pochi watt, sia però capace di rompere tali importanti correnti. A tutt'oggi la tecnica non offre ancora una soluzione soddisfacente a questo problema. E perciò conviene ricorrere a un ripetitore.

È tendenza delle buone Case incorporare nelle testate dell'automatico il ripetitore. Se questo non c'è, conviene generalmente istallarne uno presso l'automatico o alle spalle del quadro dei relais e apparecchi, e comandarlo a mezzo di relais rinchiusi nell'armadio dei comandi. In tal modo questi ultimi relais sono chiamati a rompere correnti di 1-2 Ampère ossia dello stesso ordine di quelle richieste per l'eccitazione delle bobine di sgancio.

Nel sistema usato dalla Società Generale si evita che i contatti di questi relais debbano stabilire e rompere il circuito. Questo si stabilisce dopo che il relais si è eccitato e si rompe prima che il relais si disecciti, a mezzo di un interruttore unico per tutti i circuiti e proporzionato abbondantemente.

L'esperienza di due anni di esercizio ha mostrato quali precauzioni sono necessarie perchè il servizio proceda in modo soddisfacente. Particolarmente deve essere curato il montaggio dei contatti di segnalazione sull'asse degli automatici che, lavorando a 24 V, hanno bisogno di una buona e costante pressione per funzionare correttamente. Sono da preferire i contatti striscianti anzichè quelli a martello.

Le valvole sui circuiti a 24 V devono essere delle buone valvole telefoniche a forte pressione.

Le variazioni di tensione delle batterie se comprese fra 22 e 28 V, sono accettabili. È però bene che le batterie, se sono col regime di carica «a goccia», siano sottoposte a una rotazione, in modo da poterle portare periodicamente in officina ed eseguire delle cariche e scariche regolari. Per ciò è necessario che le batterie siano del tipo trasportabile, in cassette di legno.

I collegamenti fra l'armadio e gli interruttori devono essere generalmente in cavetto sottopiombo, e per fissarli è necessaria una morsettiera a cui da una parte arriva il filo coperto in cotone di tipo telefonico, e dall'altra parte esce il cavetto.

Gli armadi devono naturalmente essere a tenuta di polvere, che è la maggiore nemica del materiale telefonico.

Occorre qualche avvertenza per il personale che fa la manutenzione periodica agli interruttori. Questo personale, quando prova la parte meccanica della chiusura, lascia spesso gli interruttori a mezza corsa, il che ha per effetto di dare ripetuti e fastidiosi allarmi al posto centrale.

A ciò si è rimediato disponendo che in caso di lavori agli automatici, si metta tutto l'armadio fuori servizio, togliendo le valvole. A lavoro finito si fanno rimettere le valvole, e poi l'operatore centrale esegue un piano di manovre per assicurarsi che tutto è a posto.

Due delle cabine controllate (Berio e Traccia) hanno personale fisso. Per esso l'impianto è di sola segnalazione, ma anche così ridotto è riuscito assai utile, perchè ha avuto per effetto una maggiore diligenza da parte del personale di turno, il quale si sente sorvegliato dal posto centrale, specialmente per quanto riguarda l'orario esatto delle diverse manovre.

Estendendo questa concezione di controllo di posti presidiati da personale, si può arrivare ad un impianto di solo controllo, quando si volesse per es.: avere nell'ufficio di un *load-dispatcher* un quadro luminoso con la segnalazione continua della posizione di tutti i separatori, interruttori, etc. Il dirigente allora dà per telefono gli ordini di manovra, ma conosce immediatamente sia la esecuzione che hanno avuto i suoi ordini, sia gli incidenti, sia le eventuali manovre eseguite di iniziativa del personale.

In tal caso l'impianto può eseguirsi con funzionamento puramente automatico, ed oltre a non richiedere la presenza di un operatore, risulta assai più economico.

Alla lettura delle grandezze elettriche va in questo caso sostituita la registrazione mediante diversi apparecchi scriventi o mediante registratori a più colori. Per tale applicazione rispondono molto bene gli apparecchi registratori per punti e quelli a relais tipo Arcioni.

Nell'impianto della Società Generale si è fatto una applicazione limitata a sole quattro registrazioni, che si svolgono in maniera completamente automatica nei periodi in cui il tavolo di comando non è adoperato per manovre. Gli apparecchi scriventi sono visibili nella fig. 8 a sinistra, e registrano la tensione in alcuni dei centri più importanti.

Basta premere un bottone per iniziare questa sequenza di registrazioni automatiche, la quale si ferma da sè non appena da qualche dorsale proviene un allarme.

Un sistema intermedio, e che potrebbe dirsi *semi-automatico*, è più indicato quando al personale di una centrale si affida il comando di un'altra centrale lontana. In tal caso conviene conservare alle apparecchiature di comando la disposizione dei soliti quadri, avendo cioè una chiave per ogni comando. Invece delle lampade di segnalazione è più opportuno usare un deviatore da azionare a mano per correggere sul quadro la indicazione di *aperto* e *chiuso* dopo una variazione.

La centrale lontana invia in modo continuo la segnalazione delle proprie posizioni e tiene al corrente gli apparecchi di misura. In caso di allarme la segnalazione dell'organo variato ha la precedenza.

L'operatore è avvertito da una lampada di allarme su quale linea è avvenuta la variazione, ed un segnale fonico si mantiene finchè a mano non è stata rettificata la posizione del corrispondente indicatore.

Volendo eseguire una manovra l'operatore non ha che da premere la chiave corrispondente e attendere il segnale fonico che lo avverte che la manovra è stata eseguita, e che occorre rettificare la posizione dell'indicatore.

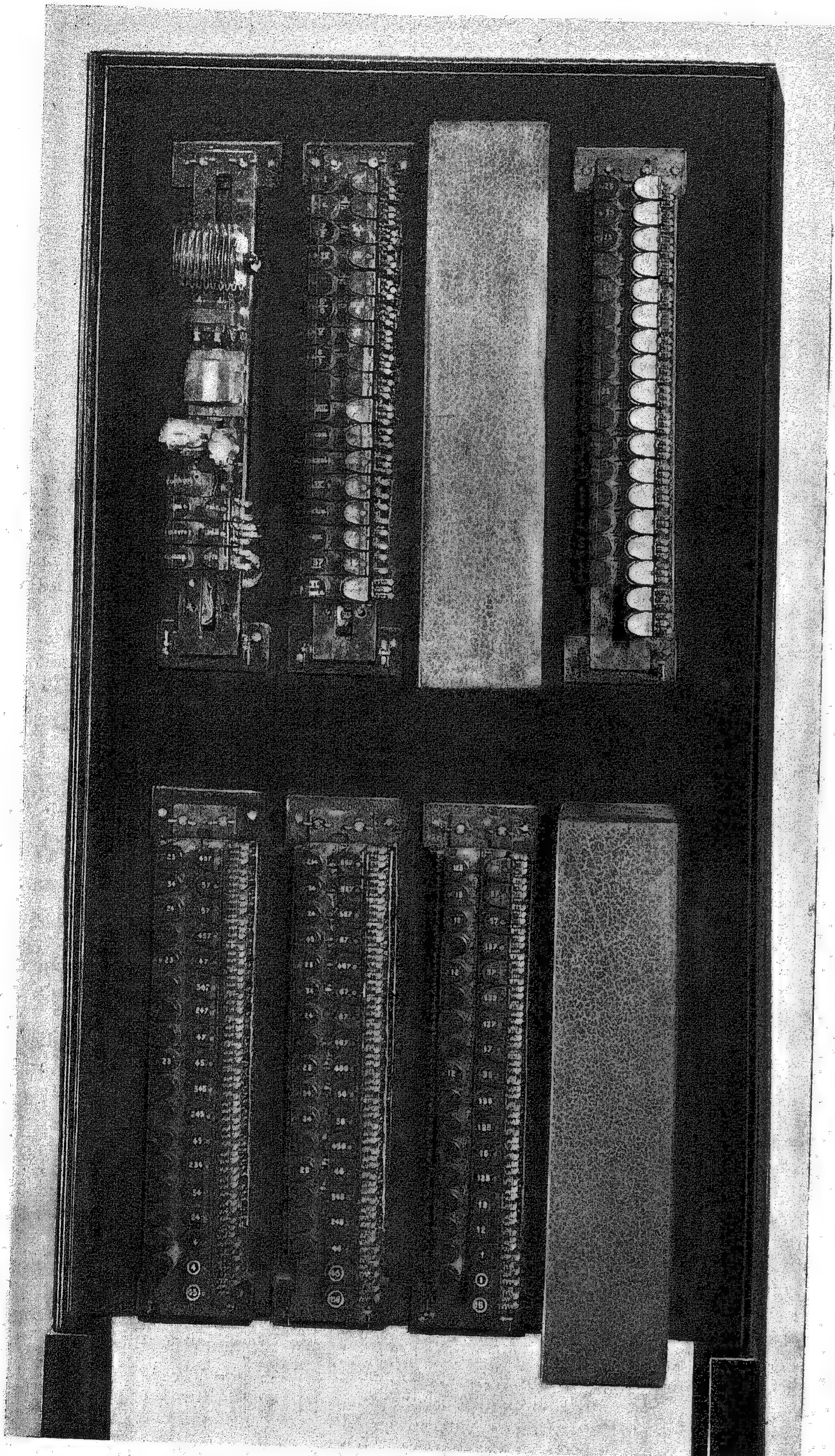


Fig. 11. - Cabina per 128 numeri attrezzata per 96. Le cappe di protezione sono in parte asportate.

Ora i comandi corrispondenti costano circa L. 500 per numero e attribuendo ad ogni cavo 3 numeri (automatico, sezionatori di sbarra 1° sistema e sezionatori di sbarra 2° sistema) si arriva a L. 1500 per ogni partenza, ossia dal 3 al 4 per cento della spesa totale.

Ritornando al collegamento, è da rilevare che se esiste una linea telefonica, essa può adoperarsi per i comandi, riservando al telefono uno dei 128 numeri disponibili, in modo che la comunicazione telefonica rientri in una delle possibili manovre. Se invece assieme alle sottostazioni si progettano importanti lavori di rete, e se, come accade oggi, si vogliono proteggere selettivamente i feeder a mezzo di cavi piloti, è facile aggiungere in questi una coppia con filo da 10 a 12 decimi per i comandi.

I vantaggi ottenuti nel servizio di distribuzione di Napoli con l'impianto descritto si possono così riassumere:

Vantaggio di ordine economico è stato la possibilità di progettare tre sottostazioni, cioè Pergolella, Fiorentine e Tribunali, come centri non presidiati. Questo ha permesso economie nei relativi fabbricati.

Inoltre si sono potuti utilizzare per il nuovo impianto stradale gli scantinati dell'Edificio Universitario e i sotterranei della via Litoranea, in due zone centralissime dove sarebbe stato assai difficile trovare locali fuori terra.

Vantaggio economico di ordine più modesto è la economia di apparecchi di lettura nei centri controllati, che vengono sostituiti dall'unico apparecchio centrale.

Vantaggio di esercizio ha avuto l'impianto di illuminazione pubblica, che può venire acceso e spento senza interruttori orari, ed è controllato fino alle sue ramificazioni secondarie, con una approssimazione paragonabile a quella di cui godevano le vecchie serie di lampade ad arco che uscivano dalle sottostazioni della corrente continua.

Ma il più importante vantaggio è stato un miglioramento in genere di tutto il servizio, che è in pugno a una persona sola, la quale ha una visione d'insieme della rete, conosce immediatamente gli incidenti dei centri più importanti, interviene prontamente nei casi di scatto.

Inoltre, dato il numero di congiungenti che esistono fra le sottostazioni, e dato il fatto che queste sono normalmente alimentate da fonti di energia diversa, l'operatore può, in caso di mancanza di un trasporto, con l'apertura di un interruttore all'estremo di una congiungente e la chiusura di un altro all'altro estremo, riprendere prontamente alcuni carichi preferenziali.

Naturalmente in questo caso gli apparecchi di misura sono tanti quante sono le misure da effettuare, con opportuni dispositivi per immobilizzare l'indice negli intervalli.

Prescindendo dai collegamenti, che di solito esistono, la spesa per i comandi a distanza non è considerevole, almeno come percentuale. Una cabina di smistamento moderna costa, a parte il valore del suolo, da 40 a 50 mila lire per ogni cavo, se si arriva a 20 ÷ 25 cavi.

Questa manovrabilità della rete sarà ancora accresciuta quando si deciderà di comandare anche i sezionatori tripolari, perchè diventerà possibile anche lo smistamento da sbarra a sbarra, nella stessa stazione, per tutti i cavi.

L'operatore centrale diventerà quindi un vero ripartitore di carichi per la *distribuzione*, che potrà agire in collaborazione con l'analogo ripartitore, già esistente, della *produzione*.

Maggio 1931.

Ing. Ettore Immirzi.

ING. EMILIO SANTUARI

Tendenze e probabili sviluppi futuri nella tecnica delle grandi trasmissioni e degli impianti elettrici

(A proposito del quarantesimo anniversario del primo impianto industriale di trasporto d'energia a grande distanza mediante corrente trifase)

L'Associazione Elettrotecnica Germanica (V.D.E.) e l'Associazione Germanica Esercenti Imprese Elettriche (V. d. E. W.) tennero lo scorso giugno, in comune, la loro riunione annuale a Francoforte sul Meno.

L'importanza di questa riunione fu però ben maggiore, per non dire eccezionale, perchè essa coincideva con il quarantesimo anniversario della Esposizione Elettrotecnica Internazionale di Francoforte (1891).

Essa commemorò un avvenimento che segna una data non solo nello sviluppo delle costruzioni elettriche e degli impianti elettrici, ma anche nell'economia mondiale: il trasporto industriale di energia a grande distanza mediante corrente trifase ad alta tensione.

Fu infatti in quell'anno che per iniziativa e sotto la direzione di O. v. Miller venne costruita la prima linea trifase ad alta tensione della lunghezza di 175 km, allacciante la centrale idraulica di Lauffen s. N. colla Esposizione Internazionale di Francoforte. Essa permise per la prima volta di trasmettere, a una distanza simile e con buon rendimento, una potenza di circa 300 HP per alimentare un migliaio di lampadine ad incandescenza ed un gruppo motore-pompa mosso da un motore trifase a campo rotante da 100 HP.

Alla realizzazione di questo impianto, resa possibile dopo le geniali scoperte dei trasformatori in derivazione a nucleo di ferro completamente chiuso per opera di Déri, Zipernowsky e Bláthy e del campo rotante per merito di Galileo Ferraris (nominato in quell'anno Consigliere del Comitato d'Organizzazione del Congresso Internazionale Elettrotecnico di Francoforte), concorsero per la parte che riguarda il macchinario elettrico, C.E.L. Brown che costruì l'alternatore di Lauffen s. N. e Dolivo-Dobrowolsky che costruì il motore trifase da 100 HP installato nel recinto dell'Esposizione.

Questo macchinario, coi trasformatori in partenza ed in arrivo, del tipo in olio, venne fornito da una ditta tedesca ed una ditta svizzera (A.E.G. e Oerlikon).

La linea di trasmissione era costituita da una terna di fili di rame da 4 mm, ed era tesa su pali di legno, del tipo normale in uso per le linee telegrafiche, con campate medie di 60 m. Gli isolatori erano provvisti di isolamento rinforzato in olio e la tensione della linea era di 25000 V.

Per ricavare la potenza di 300 HP era stato sfruttato un salto di 3,87 m mediante una turbina ad asse verticale a 35 giri al 1' e comandante l'alternatore a 155 giri al 1' mediante trasmissione ad ingranaggi conici.

Della genesi e dei precedenti di questo storico impianto parlò lo stesso O. v. Miller nel suo discorso inaugurale: « Lo sviluppo storico della trasmissione elettrica a grande distanza ».

Il Prof. Matthias espose quindi in una memoria riassuntiva di puro carattere tecnico « I problemi attuali della trasmissione ad altissima tensione », alla quale fa riscontro quella di carattere economico letta dal Prof. Haas sul tema: « Le ripercussioni dell'impianto di trasmissione di Lauffen sullo sviluppo e sulla economia degli impianti elettrici ».

Per l'occasione la Società Elettrotecnica (E.T.G.) di Francoforte, festeggiando il cinquantenario della sua fondazione, compilò per opera e sotto la direzione del Prof. Ruppel, col titolo di: « 1881-1931. Tavole della storia dell'elettrotecnica », un numero unico contenente un indice (1), suddiviso per sezioni, nel quale sono specificate in ordine cronologico, sotto forma di brevi appunti, le notizie riguardanti le più importanti migliorie, innovazioni e perfezionamenti, che formano epoca e hanno maggiormente contribuito al progresso della elettrotecnica e allo sviluppo degli impianti elettrici (2).

---

(1) 1881-1931. Geschichtstafeln der Elektrotechnik. – Elektrotechnische Gesellschaft, Frankfurt a. M. - Zur 50 - Jahrfeier der E.T.G. zum Gedenktag der ersten Drehstrom - Kraftuebertragung Lauffen/N.-Frankfurt/M. und der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung Frankfurt a. M. 1891, zusammengestellt von Prof. Dipl. Ing. S. Ruppel.

In vendita presso: Verlagsabteilung des V.D.E., Berlin W 57, Potsdamerstrasse 68.

(2) La pubblicazione, come lo stesso A. premette nell'introduzione, vuole essere soltanto un tentativo di raccogliere in un'epoca, nella quale è ancor vivente parte dei tecnici che o hanno presso personalmente parte attiva alla grande evoluzione della elettrotecnica o ebbero rapporti personali con questi ultimi, e quindi possono completarlo e rettificarlo con la loro testimonianza, un elenco riassuntivo e cronologico dello sviluppo della elettrotecnica nell'ultimo cinquantennio, completo ed esatto per quanto è possibile.

Le notizie concernenti la parte avuta dalla Germania e dalla sua industria sono in grande prevalenza per motivi evidenti.

Sarebbe però desiderabile che i Tecnici nostri, e non sono pochi, in grado di concorrere con la loro spassionata, autorevole testimonianza, a completare e eventualmente rettificare delle indicazioni in modo doveroso per la parte avuta dagli Italiani in questo sviluppo, seguissero l'invito che dal Prof. Ruppel viene rivolto a tutti indistintamente i Colleghi competenti e che qui riportiamo integralmente:

« Rivolgo perciò preghiera a tutti i Colleghi competenti di esprimere il loro franco parere e di aiutare, con critiche, proposte positive e con ulteriori contributi, a compilare delle basi più complete e esatte possibili e a riassumere lo sviluppo successivo in forma cronologica in modo migliore di quanto è stato potuto fare nella presente pubblicazione. »

La riunione di Francoforte doveva, come si è detto, essere la commemorazione di una data storica, di un punto di partenza.

Oggi, dopo quarant'anni di continuo sviluppo e perfezionamento, procedendo di pari passo e in molti casi rendendo possibile il progresso in tutti gli altri rami, il piccolo trasporto a distanza di poche centinaia di cavalli di Lauffen ha dato i suoi frutti meravigliosi.

Non a centinaia di HP o kW si contano più le potenze delle unità generatrici installate nelle centrali moderne, ma a decine di migliaia. Turbo alternatori a un solo albero da 160 000 kW sono già in costruzione. La necessità di aumento delle potenze e delle distanze ha portato all'adozione di tensioni di trasmissione sempre più elevate. Dagli 80-100 kV di anteguerra si è passati ai 130, 150 e 220 kV delle moderne superlinee e l'aumento non accenna a fermarsi. Esistono già delle linee, esercite per il momento a 220 kV, ma costruite per funzionare a 380 kV, capaci di trasmettere delle potenze dell'ordine di grandezza di 450 000 kW per terna di conduttori.

Costruite le reti provinciali, connesse alla lor volta in sistemi interregionali, si parla in questi ultimi anni (siamo per il momento nel regno dell'utopia, perchè le premesse economiche per la sua attuazione non esistono ancora) di una futura rete interstatale a 380 kV.

Ed è certo il numero e l'imponenza dei problemi tecnici e delle difficoltà tecniche ed economiche che sono già affiorate e manifestate nell'esercizio dei tipici sistemi ad altissima tensione a grande interconnessione, e che si ripeteranno in forma ben più grave ed acuta nella esecuzione pratica e nel servizio delle reti a 380 kV preconizzate, che hanno indotto i tecnici a cercare nuove vie e nuovi mezzi, non per sormontare, ma addirittura per girare queste difficoltà, tentando contemporaneamente di rendere meno costosi gli impianti di trasmissione ad altissima tensione coi loro accessori.

La cosa non è più un mistero e tutti sanno quale somma di lavoro, di studi e di prove stiano intraprendendo le case costruttrici maggiori per lo sviluppo, il perfezionamento e la messa a punto di un nuovo sistema che dovrebbe eliminare molti degli inconvenienti insiti nella essenza del trasporto a corrente alternata.

Questo sistema dovrebbe essere costituito dal trasporto a corrente continua ad altissima tensione, non però a corrente costante, ottenuto per mezzo di collegamento in serie di macchine a collettore, come ideato genialmente già nel 1887 dal Thury e applicato con successo in parecchi impianti, dei quali alcuni ancora in servizio, ma bensì a tensione costante ottenuta colla trasformazione della corrente trifase, prodotta nelle centrali generatrici, in corrente continua a mezzo di apparecchi statici e poscia riconvertita in corrente trifase mediante invertitori pure statici, controllati da griglie, come avviene con le solite valvole termojoniche.

Il grande trasporto dell'avvenire dovrebbe avere perciò presso a poco questa fisionomia:

Produzione a corrente trifase – grande trasmissione a corrente continua – piccola e media trasmissione, distribuzione e consumo a corrente trifase.

I criteri del classico trasporto d'energia di una ventina d'anni fa, e in parte quelli odierni, sarebbero sconvolti.

Si tratterebbe dunque di una vera e propria rivoluzione dei mezzi ora in uso, resa possibile con lo sfruttamento degli ultimi progressi della elettrotecnica nel campo delle correnti forti.

Non è detto però che anche con la costruzione e messa a punto di apparecchi di questo genere, sia pure di costo ragionevole, di esercizio sicuro e di facile manutenzione, il problema possa dirsi completamente risolto nel suo complesso, perchè molte incognite probabilmente riserverà l'esercizio pratico. Se per esempio il trasporto a corrente continua sembra offrire diversi vantaggi, quali sarebbero: elevare la potenzialità di una data linea a pari sezione totale di conduttori e isolamento, aprire un campo più esteso all'impiego di cavi per le ultissime tensioni, permettere una più agevole ripartizione del carico fra le unità e le centrali e quindi consentire una più completa e sicura interconnessione degli impianti, migliorarne lo sfruttamento, eliminare gli interruttori sull'altissima tensione a corrente continua (il blocco del trasporto dell'energia avverrebbe istantaneamente mediante opportuno controllo delle griglie di comando degli apparecchi raddrizzatori-invertitori), sopprimere il problema della instabilità, ecc., rimarrebbero pur sempre apparentemente delle difficoltà di altro genere.

Una di esse potrebbe essere a mo' di esempio la regolazione della tensione sulle linee a corrente continua, che potrebbe richiedere dispositivi non del tutto semplici e quindi costosi, complicanti considerevolmente l'impianto con conseguente aumento di spesa.

Certo è che nella corrente continua non esistono nè reattanza, nè potenza reattiva, le quali, se da una parte possono essere un elemento a sfavore del trasporto a corrente trifase per quello che concerne le loro ripercussioni sulla stabilità d'esercizio, sul limite di potenzialità e sulla necessità di un largo impiego di apparecchi atti a compensare o a fornire la potenza reattiva, garantiscono invece al trasporto a corrente trifase quella elasticità straordinaria nella regolazione della tensione, che forma una delle sue prerogative capitali.

Si sa già infatti per esperienza che in una linea trifase la caduta di tensione è indipendente fino a un certo grado dal valore della potenza attiva trasmessa e che perciò la tensione in arrivo può venire facilmente regolata al valore più conveniente.

In una linea a corrente continua esiste per contro un rapporto rigido fra la tensione in partenza e quella in arrivo, che è una funzione univoca della potenza trasmessa, perchè a parità di tensione in partenza, la caduta di tensione dev'essere tanto maggiore quanto più è elevata la potenza trasmessa.

È doveroso però osservare che queste sono probabilmente obiezioni che può avanzare il tecnico della vecchia scuola, cauto per propria esperienza nel lasciarsi andare a previsioni troppo rosee a favore di nuove applicazioni e sistemi e non iniziato ai segreti del funzionamento dei nuovi apparecchi invertitori. Se per contro si va al limite opposto e si procede per ardite deduzioni, può sembrare lecito prevedere che gli apparecchi invertitori possano permettere di giungere con lievi modifiche non solo alla trasformazione della potenza attiva, ma anche alla produzione della potenza reattiva, che, come si sa, non è propriamente una potenza, ma piuttosto in certo qual modo una eccitazione. Si avrebbero allora dei condensatori statici di nuovo tipo in sostituzione di quelli rotanti ecc.

Tornando ora ad un campo più concreto, del quale si è già parlato e a cui anche alla riunione di Francoforte sono stati fatti alcuni parchi accenni, è positivo che siano già stati provati degli apparecchi raddrizzatori a vapori di mercurio per tensioni fino a 30 000 V e che ne siano state costruite delle unità per correnti dell'ordine di 10 000 A. Si aggiunga che col mezzo di invertitori si sono potuti fare funzionare, regolandone contemporaneamente la velocità in modo continuo, dei motori privi di collettore, alimentando per esempio attraverso questi apparecchi dei motori normali ad induzione.

Altre possibili applicazioni sarebbero la conversione di frequenza, o meglio l'interconnessione elastica, a potenza regolabile a volontà al punto stesso di interconnessione, per mezzo unicamente di apparecchi statici, di sistemi a frequenza diversa oppure alla stessa frequenza; inoltre la regolazione automatica rapidissima di tensione di macchine rotanti e di sistemi di trasmissione e distribuzione e molte altre ancora, rimaste finora nel regno della utopia, delle quali però si presume la realizzazione pratica a prossima scadenza.

Ci troviamo quindi di fronte ad un nuovo e vastissimo campo di realizzazioni, dalle possibilità più svariate e impensate, che

si è schiuso, come si disse, con la applicazione pratica, (diciamo pratica perchè le proposte e i tentativi, innumerevoli, risalgono a molti anni fa) dei nuovi trovati della scienza elettronica alla tecnica delle correnti forti.

Le nuove tendenze minacciano, non diciamo di mutare totalmente, ma certo di modificare in modo assai sensibile, semplificandone nel limite delle umane possibilità la costruzione e il servizio e riducendone il costo d'impianto e d'esercizio, la fisionomia degli impianti elettrici e di molte applicazioni elettrotecniche.

L'uso e l'introduzione dei nuovi apparecchi diminuirebbe di molto l'importanza e l'applicazione del macchinario rotante (che verrebbe usato quasi esclusivamente alla produzione di energia elettrica e alla sua trasformazione in energia meccanica) e dovrebbe ridurre al minimo l'impiego di macchine a collettore.

Passi notevoli in quest'ultimo senso sono già stati fatti colla installazione di raddrizzatori a vapori di mercurio al posto di convertitrici o gruppi di conversione per alimentare gli impianti di trazione a corrente continua e per servire ad altri scopi industriali (elettrochimica).

E non v'è chi non veda, o meglio intuisca, le possibilità aperte e le notevoli ripercussioni che possono aver luogo colla messa a punto e lo sviluppo industriale degli apparecchi invertitori statici nel campo della trazione elettrica in generale, consentendo p. es. un notevole aumento della tensione d'esercizio delle linee di contatto a corrente continua, rendendo più facile, meno costosa e complicata l'alimentazione diretta delle linee di contatto con corrente alternata ad alta tensione a frequenza industriale ecc.

Ma se, sotto un aspetto che può definirsi in certo qual modo avvenirista, le discussioni di Francoforte possono aver tuttora un valore potenziale, altre tendenze esistenti esse hanno sfiorato e confermato, altre vie nuove e già in parte battute esse hanno illustrato, degne del più alto interesse per tutti i tecnici.

Sono ormai parecchi anni che i costruttori cercano di eliminare quanto più è possibile l'impiego dell'olio e di altro materiale combustibile dalla costruzione di quegli apparecchi, nei quali essi possono costituire un pericolo per l'incolumità e sicurezza del personale, dell'impianto e dell'esercizio.

Già alcuni anni fa questa tendenza aveva condotto alla costruzione dei riduttori di corrente a foro trasversale, isolati in porcellana e sabbia, che per le loro caratteristiche di sicurezza e per i loro pregi indiscutibili incontrarono immediatamente grande favore e si diffusero rapidamente in molti impianti esteri. Ulteriore sviluppo pratico di questa tendenza fu la costruzione dei riduttori di tensione con isolamento di porcellana, senza olio.

Ma la innovazione su questa via, di scadenza assai prossima, che può avere una portata maggiore, perchè di importanza sensibilmente superiore, è da registrarsi nel campo degli interruttori.

I successi ottenuti colla costruzione dei riduttori incombustibili, le dotazioni sempre più complete dei laboratori di prova, spinsero e permisero ai costruttori di riprendere con rinnovato fervore gli studi e le esperienze per la costruzione di interruttori ad elevata capacità di rottura che eliminassero in modo assoluto ogni pericolo di scoppio e di incendio e riducessero al minimo possibile la durata del tempo di rottura.

Quando si potrà scrivere la storia dello sviluppo, o meglio dei successivi tentativi di sviluppo dei nuovi tipi di interruttore, si potrà sapere quanta sia stata la somma di tenacia, ingegnosità e pazienza messa in opera dai tecnici per bandire completamente dal campo della costruzione degli interruttori il soverchio empirismo che sembrava imperare fin qui, per tentare di carpire al fenomeno dell'interruzione di circuiti a potenza elevata i segreti del suo meccanismo, giungendo ad una teoria non solo plausibile, ma anche applicabile universalmente, che consentisse di calcolare sulla base di leggi ben determinate, qualitativamente e quantitativamente, un interruttore di funzionamento assolutamente sicuro, con procedimenti analoghi a quelli usati per il calcolo di una macchina elettrica.

Solo allora si potrà conoscere quanto accanita sia stata la gara fra i diversi costruttori per la ricerca della « soluzione ideale» e quale mole di lavoro sia stata smaltita, e con quanto alterne vicende, nei laboratori sperimentali e negli uffici studi delle grandi case, per mettere a punto un tipo di apparecchio corrispondente ai diversi complessi requisiti.

Oggi sembra, almeno a giudicare dalla unanimità dei costruttori, che il problema sia sulla buona via per essere risolto, tanto dal lato tecnico che da quello economico, in maniera veramente soddisfacente, con l'impiego di mezzi che a prima vista hanno l'apparenza di peccare di un eccessivo semplicismo.

La maggioranza dei tecnici, dopo essere stata di volta in volta orientata verso soluzioni tecnicamente possibili e attuabili bensì, ma non scevre di complicazioni e inconvenienti, rivolge in questi ultimi tempi la sua attenzione sui nuovi interruttori a liquido incombustibile (interruttori ad acqua, ad espansione, ecc.) che sono già comparsi sul mercato e che dovrebbero appunto rappresentare la soluzione più completa e più plausibile che si conosca finora.

I pregi essenziali dei nuovi apparecchi consisterebbero nella assenza assoluta di pericolo di scoppio e di incendio, nella manovra silenziosa, nella visibilità dall'esterno dell'apertura dei contatti, nel minore ingombro rispetto ai tipi equivalenti in olio, nell'interruzione quasi istantanea e nella chiusura assai rapida dei circuiti, nella elevata capacità di rottura e nella manutenzione ridotta.

Questi interruttori contengono una quantità relativamente esigua di un liquido non infiammabile anche alle più alte temperature e che non gela alle temperature più basse. La quantità di liquido evaporata in servizio normale sarebbe insignificante.

L'estinzione dell'arco di rottura verrebbe provocata, in un tipo già diffuso, dalla espansione adiabatica dei vapori che si formano all'apertura del circuito e dalla caduta di temperatura che ne deriva (1).

Altro argomento di cui si è parlato a parecchie riprese anche a Francoforte è la regolazione e ripartizione del carico fra le diverse unità generatrici e centrali funzionanti in parallelo.

Il problema è all'ordine del giorno per tutti i grandi impianti; diverse soluzioni parziali già messe in opera con buon risultato e che si servono della trasmissione a distanza di misure e comandi sono state prospettate. Soluzioni certamente rimarchevoli sotto ogni punto di vista, le quali però hanno in comune lo svantaggio di non risolvere che quel particolare problema per cui i dispositivi di comando sono stati costruiti. È risultata perciò evidente la necessità di una soluzione di carattere e adattabilità universale, alla quale tendono costruttori ed esercenti. Essa non potrà probabilmente essere realizzata che impiegando principi nuovi, mettendo per esempio l'azione dei regolatori dei motori primi sotto il controllo di altre grandezze proprie delle macchine elettriche che non siano la frequenza della rete o la velocità delle macchine.

Bisogna d'altra parte pensare che esperienze e prove pratiche in questo senso sono assai laboriose. Esse richiedono in causa della complessità del problema un impiego di mezzi e di denaro non indifferente e non possono essere attuate che con il concorso vicendevole e la collaborazione strettissima fra costruttori ed esercenti.

Tutto fa sperare però che in un avvenire prossimo anche la soluzione di questo importante problema venga affrontata in grande stile e possa essere realizzata con esito soddisfacente per le necessità pratiche.

---

(1) Per le condizioni speciali del nostro Paese l'adozione di interruttori ad acqua al posto di quelli in olio avrebbe certo un'importanza non trascurabile, perchè concorrerebbe ad emanciparci dall'importazione dell'olio minerale, che viene impiegato in quantità notevole negli interruttori attuali.

Si vede in conclusione come oggi il progresso nella tecnica degli impianti elettrici segua due vie fondamentalmente diverse.

La prima, più ardita, rivoluzionaria e lungimirante, tende senz'altro a sostituire ai sistemi impiegati finora dei sistemi completamente originali, approntando e mettendo a punto mezzi e metodi basati su principi sostanzialmente nuovi e diversi da quelli in uso, per abolire gli inconvenienti e le limitazioni, tanto di ordine tecnico quanto economico, che possono costituire un ostacolo allo sviluppo più esteso e alle possibilità ulteriori del grande trasporto e della distribuzione d'energia, nell'intento di spingere al massimo grado lo sfruttamento cumulativo di tutte le fonti d'energia disponibili.

La seconda invece ha di mira una meta più modesta e condurrà per questo a realizzazioni più immediate. Essa ha per scopo un miglioramento dei sistemi attuali, suscettibili certamente di progressi ulteriori e ben lungi dall'avere scemato d'importanza e tanto meno dall'aver perduto la ragione d'impiego ulteriore e di sviluppo. La seconda via si limita perciò a perfezionare o anche a rinnovare i singoli elementi (macchine, regolatori, interruttori e apparecchiatura) che di questi sistemi formano parte, senza toccare la struttura essenziale dei sistemi stessi.

Una delle innovazioni che sembrerebbero essere più promettenti in questo campo sarebbe l'impiego industriale di condensatori statici inseriti in serie sulle linee ad alta ed altissima tensione, atti a compensarne l'eccesso di reattanza, che tende a limitare la loro potenzialità e il loro sfruttamento economico. Un accenno per quanto fugace, espresso però in modo assai reciso e categorico, fatto nel corso della riunione di Francoforte da un autorevole esponente di una grande casa costruttrice, è assai sintomatico. Esso si riferisce alla possibilità di costruire apparecchi simili atti alle esigenze pratiche di servizio, di esercizio assolutamente sicuro e di prezzo assai esiguo, anche per le altissime tensioni, e non può che fare convergere nuovamente l'attenzione dei tecnici su un apparecchio che sembra essere di indubbia efficacia per risolvere molti problemi di trasmissione e per elevare la potenzialità delle reti esistenti.

La sua costruzione e il suo impiego per usi industriali sono stati tentati a parecchie riprese in questi ultimi anni dalle diverse case costruttrici, ma con risultati poco soddisfacenti a motivo di ostacoli d'indole costruttiva, della insufficiente sicurezza d'esercizio che offrivano questi apparecchi e che rendeva perciò necessario l'impiego di una complessa e delicata apparecchiatura di protezione e dell'elevato costo d'acquisto e installazione.

Se dunque i fatti daranno, come è legittimo sperare, sanzione pratica e definitiva alla notizia riportata sopra, non vi è dubbio che sarà stato realizzato un mezzo atto a migliorare le caratteristiche, ad aumentare le possibilità e il campo di applicazione dei sistemi di trasmissione tuttora in uso; a sostenerne quindi la vitalità e la concorrenza di fronte all'introduzione e applicazione dei sistemi nuovi.

La VI sessione della Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques

(18-27 giugno)

La Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques ha tenuto regolarmente a Parigi dal 16 al 27 giugno la sua sesta riunione: riunione di particolare importanza perchè comprendeva la celebrazione del 10° anniversario della creazione della Conferenza stessa.

È doveroso riconoscere ancora una volta come questo organismo abbia incontrato il favore dei tecnici ed infatti il numero dei partecipanti è ancora aumentato raggiungendo la cifra di 725 inscritti contro 703 avutisi nella precedente sessione. I rapporti presentati e discussi sono stati invece 100 esattamente come nel 1929. Queste cifre sono tanto più significative se si tiene presente la crisi economica che travaglia tutte le nazioni. Il successo della Conferenza è risultato anche dall'attività dei congressisti che hanno sempre affollato la sala delle riunioni malgrado che queste si protraessero quasi sempre fin verso le ore 13 la mattina e le ore 20 nel pomeriggio.

Per quanto riguarda la partecipazione italiana dobbiamo invece segnare un notevole regresso: infatti di fronte ai 40 iscritti del 1929 quest'anno se ne ebbero soltanto 17. Per contro gli italiani hanno presentato 8 rapporti numero superato solo dalla Francia e dalla Svizzera. Il Prof. Angelo Barbagelata ha diretto la Delegazione italiana in sostituzione dell'Ing. Luigi Emanueli che, designato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, non ha potuto intervenire alle riunioni. Diciamo subito anche che lo stesso Prof. Barbagelata è stato nominato Vice-presidente della Conferenza.

***

Su queste colonne (1) è già stato indicato come funzioni la Conferenza specialmente per quanto riguarda la presentazione e la discussione dei rapporti e dei Comitati di studio. Occorre notare che quest'anno gli autori sono stati nella massima parte più diligenti che negli scorsi anni nel rispettare i termini prescritti per l'invio dei rapporti così che quasi tutti i lavori sono stati distribuiti prima della discussione con reale vantaggio della discussione stessa.

Prima di procedere ad una rassegna dei rapporti e delle discussioni occorre anche dire che, per quanto il programma della Conférence sia limitato ai « Grands réseaux électriques à très haute tension », tuttavia anche in questo solo campo della elettrotecnica i vari argomenti hanno preso uno sviluppo imprevisto. Così che anche chi vive in tale campo non può sempre seguire tutte le novità e conoscere tutti i nuovi orientamenti della tecnica e di fronte a certe discussioni gli può accadere di sentirsi quasi profano. In particolare potrebbe dirsi che la Conferenza tenda a passare dal lato tecnico a quello scientifico. Ciò forse dipende dal fatto che nelle varie Commissioni vi sono professori di altissimo valore che con la loro competenza dominano le Commissioni stesse ed imprimono a queste l'accennato carattere scientifico. Con questo non vogliamo criticare la collaborazione fra la scienza e la tecnica, collaborazione che riteniamo preziosa, vogliamo soltanto segnalare un fatto e giustificarci se per caso nella rassegna che segue dei vari rapporti non riusciamo a rilevare e porre in piena luce tutte le novità della sessione.

In linea generale vogliamo ancora dire che non tutti i rapporti costituiscono delle novità, nè pretenderemmo tanto, però colpisce il fatto che spesso si vedono presentate come novità cose già note.

(1) *L'Energia Elettrica*, luglio 1929, pag. 731.

Ciò detto cerchiamo di riassumere i rapporti e le discussioni avvenute seguendo l'ordine di materia usato alla Conferenza, sorvolando sulla seduta inaugurale tenutasi sotto la presidenza del Ministro dei Lavori Pubblici Sig. Deligne e dedicata più che altro alla celebrazione del 10° anno della Conferenza. Come gli altri anni i lavori sono cominciati con l'esame degli studi riguardanti la produzione del vapore e gli alternatori. Sul primo argomento vi era soltanto un rapporto dovuto al belga Sig. De Smaele il quale sottolinea l'importanza che vanno assumento le centrali termiche ad altissima pressione (100 atmosfere) ed esamina se convenga costruire tali centrali a condensatore oppure a contropressione concludendo a favore di quest'ultima soluzione la quale permette di vendere come sottoprodotto del vapore: anzi, secondo l'autore, il sottoprodotto sarebbe l'energia elettrica in quanto che il consumo di carbone necessario per tale energia dedotto il quantitativo corrispondente per la produzione di vapore ad uso industriale, si ridurrebbe a 180 gr per kWh.

Passando al campo degli alternatori notiamo che la crisi, che incombe da circa due anni su tutte le nazioni, ha rallentato se non fermato del tutto la costruzione di nuovi impianti e di conseguenza si è fermata anche la produzione di macchinario elettrico per il quale non si hanno così novità. Le varie case hanno però continuato i loro studi dei quali danno notizia in qualche rapporto.

Il Sig. Wilczek analizza i progressi realizzati in questi ultimi anni nella costruzione degli alternatori in particolare per quanto concerne il peso unitario ed il rendimento. L'A. sottolinea inoltre i grandi vantaggi che si possono ottenere nelle grandi unità col raffreddamento ad idrogeno.

Anche Ricalens (Francia) tratta lo stesso argomento però con particolare riguardo per i turbo e per i sincroni condensatori. L'A. si occupa anche dell'isolamento per sottolineare come la tecnica permetta di aumentare sempre di più la tensione degli alternatori, tanto che l'A. pensa che nell'avvenire si possa fare a meno dei trasformatori elevatori per le medie tensioni. Lo stesso concetto per quanto riguarda l'isolamento e l'eventuale soppressione dei trasformatori viene svolto nei rapporti dei Sigg. Beldi e Kopeliowitch (Svizzera). Il Sig. Schultess (Svizzera) rileva invece l'importanza che sta assumendo nella costruzione delle macchine rotanti la sostituzione dei getti di ghisa con la lamiera ed i profilati. Barbillion (Francia) invece esamina le ripercussioni meccaniche che possono derivare agli alternatori in conseguenza ai corti circuiti.

Chiude la serie dei rapporti sugli alternatori uno studio del Sig. Laurent sulle proprietà degli alternatori a due avvolgimenti tipo di macchina che desta qualche interesse per il suo pregio di limitare le correnti di c. c. e di migliorare la stabilità nei sistemi di trasmissione.

I trasformatori di potenza sono stati invece oggetto di due soli rapporti uno dei quali dovuto al francese Pichon che insiste su l'importanza da darsi al coordinamento del grado di isolamento nelle diverse parti di un impianto, e l'altro dovuto ai russi Glazanov, Mirolubou, Savitzky e Tchernycheff che preconizzano lo « shuntaggio » delle prime bobine di un trasformatore con capacità e resistenze allo scopo di migliorare la distribuzione del potenziale fra le spire in caso di impulsi di tensione.

Seguendo gli argomenti nell'ordine cronologico secondo il quale furono discussi notiamo la questione degli isolanti che è oggetto di un rapporto già ricordato di Beldi e Kopeliowitch ed un rapporto del Prof. Drewnowski a nome del Comitato di studi degli isolanti creato dalla Conferenza. Il primo rapporto parla dei progressi realizzati nella tecnica degli isolanti mentre i

secondo rapporto tenta di stabilire una classificazione razionale degli isolanti per i quali le classificazioni oggi in uso non sono più rispondenti allo scopo. Se bene comprendiamo la proposta della Commissione, questa tenderebbe ad una classificazione centesimale quale è in uso nella bibliografia: per l'attuazione di questa proposta però è necessario definire le proprietà generali degli isolanti e questo problema fa parte della seconda parte del rapporto in questione. Il progetto abbastanza originale sarà passato al C E I per competenza.

Anche la Commissione per la marca di qualità creata dalla Conferenza ha presentato a cura del suo presidente Sig. Lohr (Olanda) un rapporto generico nel quale più che altro si esaminano i pregi della marca di qualità e se ne prospettano le difficoltà.

L'ultimo rapporto presentato nella giornata è uno studio completamente teorico e matematico dovuto ai Sigg. Stigant e Morgan Lacey (Inghilterra) su diagramma circolare per i circuiti a corrente alternata monofase.

La mattina seguente le discussioni sono state riprese con la questione degli olii isolanti per trasformatori questione che tiene ogni anno un posto notevole nei lavori della Conferenza. Quest'anno sono stati presentati otto rapporti che rendono conto sia di studi di laboratorio sia di osservazioni fatte su olii effettivamente in servizio nei trasformatori.

Il rapporto dei Sigg. Weiss e Salomon (Francia) dà una visione d'insieme dei lavori fatti dallo speciale Comitato degli olii isolanti creato nel 1927 dalla Conferenza. Per quanto riguarda gli studi sull'alterazione in vivo degli oli in servizio, il Comitato oltre proseguire le ricerche già iniziate, ha intrapreso delle nuove ricerche sulla conservazione e sull'alterazione degli oli e sul l'effetto del trattamento subito dagli olii sulla loro ulteriore alterazione.

I relatori ricordano alcuni risultati ottenuti nelle prove di alterazione artificiale degli olii fatte secondo il metodo da essi stessi proposto nella sessione precedente della Conferenza.

I rapporti dei diversi autori possono raggrupparsi in tre categorie:

1º Studi sull'alterazione in vivo degli olii.

A questo riguardo sono stati presentati due rapporti:

— uno del Sig. Pellissier (Francia) sull'impiego in un trasformatore di una miscela di olii di diversa provenienza;

— uno della Compagnia di Distribuzione a Parigi, dell'Elettricità di Strasburgo e delle Forze Motrici dell'Alto Reno su esperienze fatte sugli olii impiegati nelle loro reti.

I rapporti, corredati da numerose tabelle e diagrammi arrivano alle seguenti conclusioni:

— il cambiamento di proprietà degli olii si fa in maniera discontinua;

— la temperatura ha un'influenza notevole sulla rapidità di alterazione al di sopra di 75° C

— la mescolanza di olii minerali di diversa provenienza in un trasformatore non ha l'influenza nefasta che un tempo si temeva. Le caratteristiche di alterazione della mescolanza sono in generale intermedie fra quelle dei costituenti e si approssimano maggiormente a quelle dei costituenti più alterabili.

2º Studi di laboratorio.

Il Sig. Bruckmann (Olanda) ha presentato un rapporto sulla variazione della rigidità elettrostatica di un olio per effetto dei trattamenti pirici cui viene sottoposto per la disidratazione ed epurazione. Egli arriva a conclusioni interessanti e mette in evidenza la dannosa influenza sulla rigidità delle bollicine gazose disciolte nell'olio per esempio dopo la centrifugazione.

Il Sig. Masson (Francia) ha presentato un rapporto sulla variazione della resistività degli olii isolanti in funzione del grado di raffinazione e della temperatura. Egli afferma che questa misura della resistività in funzione della temperatura deve dare un aiuto prezioso alla chimica nello studio delle proprietà degli olii isolanti e richiama l'attenzione sul fatto che gli acidi non sembra abbiano un'influenza principale sulle variazioni di resistività.

Il Sig. Ornstein (Olanda) ha presentato un rapporto sulle ricerche fatte nel laboratorio di fisica dell'Università di Utrecht al riguardo delle perdite dielettriche della conduttività, dell'ossidazione e della struttura degli olii per trasformatori.

Egli ritiene che l'alterazione degli olii è dovuta anzitutto all'ossigeno sia libero sia contenuto nell'olio. Egli prevede per la classificazione degli olii la misura dell'energia di attivazione che secondo lui dà un'idea chiara della velocità di alterazione dell'olio.

3º Diversi.

Il Sig. Hauser (Cecoslovacchia) ha presentato un rapporto che descrive il sistema di epurazione dell'olio adottato nella centrale di Praga e il Sig. Leyval (Francia) riferisce sulle perdite d'olio di una turbina a vapore in marcia.

La discussione che è seguita alla presentazione di questi rapporti per quanto lunga e vivace non ha portato in luce ne elementi nè fatti nuovi. Però la massa dei lavori presentati dimostra come sia viva all'estero la questione dell'olio per trasformatori e siano degni di rilievo i complessi studi scientifici che sono in corso su questo argomento, studi che forse sono scarsamente seguiti dai tecnici italiani.

Dopo gli olii sono apparsi nell'ordine del giorno gli interruttori che rappresentano sempre uno degli argomenti più interessanti e più discussi.

I rapporti in proposito erano 5 dei quali uno dovuto alla Commissione per gli interruttori creata dalla Conferenza. Questa Commissione, presieduta dal Perrochet, che nel 1929 aveva già presentato un progetto di norme per interruttori, ha continuato i suoi lavori ritenendo che le maggiori case costruttrici siano ormai perfettamente in grado di fornire interruttori sui quali l'esercente può avere completa fiducia e che il problema che attualmente merita maggiore attenzione è quello di indicare all'esercente i concetti da seguire per la scelta degli interruttori. Di conseguenza il problema da affrontare per primo è quello del calcolo della corrente di c. c. e la Commissione fra gli infiniti sistemi si ferma su quello pratico del Blondin e su quello quasi esatto del Fortescue. Calcolata la corrente di c. c. la Commissione si è proposto di chiarire se è compito dell'esercente di prevedere un certo margine di sicurezza nei suoi calcoli o se è il costruttore che deve fornire interruttori con un sufficiente margine di sicurezza sui dati garantiti .Su questo argomento non arriva però a conclusioni definitive.

Bruce (Inghilterra) invece riferisce sulle sue ricerche circa la ripartizione dell'energia liberata negl'interuttori in olio nel processo di apertura della corrente, e circa la determinazione della temperatura d'arco. Queste questioni sono di grande importanza per i costruttori, però non possono interessare la gran massa degli esercenti. Dallo studio in questione però si rileva che la temperatura dell'arco è valutata a circa 3000° e cioè molto più alta di quanto non si sia ritenuto fino ad ora. Può essere anche interessante a noi Italiani notare come l'Autore controbatta alcune teorie del Magrini sulla teoria dell'arco in olio.

Anche il Grant (Inghilterra) esamina il problema dal lato teorico e tenta di combattere alcune teorie generalmente ammesse: così ad esempio la condizione più grave si avrebbe per un angolo di fase intorno a 55° invece che a 90°. Parte di questi concetti furono già esposti in altre occasioni. Nuova ci sembra l'opinione dell'Autore che il coefficiente di sicurezza da adottare nella scelta degli interruttori debba essere di 2,5, a meno di non usare forte reattanza.

Altri rapporti nei quali viene studiato il fenomeno dell'interruzione della corrente sono quelli di Spurck (America) e Houst (Cecoslovacchia): realmente questi Autori si limitano a parlare in proposito quel tanto che occorre per spiegare l'origine dei tipi speciali di interruttori che presentano e cioè il ben noto tipo a olio soffiato il primo e un tipo rotativo del secondo. È notevole l'affermazione del Houst, in parte anche confermata dal Grant, che la velocità di apertura ha poca influenza sul fenomeno della rottura dell'arco.

Infine degno di particolare rilievo il rapporto di Brusson (Francia) secondo il quale la tensione di ritorno non avrebbe quell'importanza che generalmente le viene riconosciuta. L'Autore sembra anche negare qualsiasi effetto ai diaframmi che si impiegano negli interruttori.

Questo complesso di rapporti riassunti dal relatore Bauer (Svizzera) ha dato luogo a vivaci discussioni che si sono protratte per una seduta e mezzo anzichè una sola seduta come previsto quantunque la presidenza avesse opportunamente limitato la discussione ai problemi posti dalla Commissione speciale ed ai punti indicati del rapporto Brusson.

Non è naturalmente possibile scendere in dettagli sull'ampia discussione. Diremo soltanto che per quanto concerne il calcolo delle correnti di c. c. è risultato che sistemi approssimati rispondono sufficientemente bene al bisogno. Sulla questione del coefficiente di sicurezza, questione sollevata recentemente anche in Italia, i pareri sono rimasti alquanto diversi, in massima però secondo l'opinione prevalente tale coefficente dovrebbe essere valutato di volta in volta di comune accordo fra costruttore ed esercente. Sulle questioni sollevate dal Brusson l'unico risultato raggiunto è la promessa di nuovi studi sperimentali per verificare la questione. È stata anche discussa la questione della velocità di apertura costatandosi che i limiti massimi fissati una volta in 2÷3 m al secondo siano già di molto superati ed ora si parli di 12 m/1'' senza paura di sovratensioni.

Prima di passare a discutere altri argomenti riteniamo necessario fare rilevare come in questa materia gli Italiani non possano fare che la parte di spettatori delle discussioni che avvengono fra i vari Wedmore, Bruce, Sporn, Kopeliowitch, Roth, Brusson, ecc. perchè è ormai pacifico che in questa materia, contano soltanto l'esperienze fatte in debiti laboratori e l'Italia è l'unica delle grandi nazioni che non abbia alcun laboratorio.

Dagli interruttori si è passati alle cabine e sottostazioni sotto il quale titolo sono stati presentati 4 rapporti. Uno di questi dovuto al Josse (Francia) fa giustamente rilevare come l'estendersi delle interconnessioni e l'incremento delle potenze in giuoco porti a rivedere tutti i dettagli di costruzione degli impianti elettrici: a questa revisione non sfuggono gli isolatori porta sbarre che in caso di corti circuiti sono soggetti a sforzi violenti; l'A. tenta un'analisi di tali sforzi, e indica vari sistemi per contrastarli. Un altro aspetto delle conseguenze delle grandi interconnessioni si ha nello schema generale delle cabine e sottostazioni, questione che fa oggetto di un lavoro del Sig. Sporn (America). Norme generali in questa materia non se ne possono stabilire avendo ogni cabina esigenze proprie: però da questo rapporto si rileva la tendenza americana di introdurre negli schemi uno o due sistemi di sbarre di manovra, il cui scopo è ben indicato dalla denominazione; un'altra tendenza americana degna di rilievo è la predisposizione di circuiti speciali per «shuntare» gli interruttori.

Notiamo poi un rapporto dovuto ai Sigg. W. Joung e Alsaker (America) i quali riferendosi ad un tipo speciale di separatori da loro ideato ed illustrato nella sessione precedente ne indicano le realizzazioni effettuate ed i vantaggi conseguiti.

Per dovere di cronaca ricordiamo anche il rapporto dei Sigg. Mulinen e Werthmann (Svizzera) i quali illustrano ancora una volta i quadri di manovra e di blocco luminosi brevettati dalla Brown Boveri Co.

In complesso questi rapporti non dicono niente di nuovo e non hanno dato luogo a discussione.

Con questi rapporti sono terminati anche i lavori della prima sessione dedicata alla produzione dell'energia alle macchine e apparecchiature, e, dopo il riposo festivo, i lavori hanno ripreso sulle questioni riguardanti la costruzione e l'esercizio della luce e prima fra tali questioni quella degli isolatori.

Su questo argomento, che tanto appassiona gli esercenti, i rapporti sono stati 9 fra cui certamente il più importante di tutti è quello dovuto a Cauwenberghe (Belgio) presidente della Sottocommissione appositamente creata nel 1929 dalla Conferenza. Non è possibile riassumere questo lavoro che comprende 120 pagine ed alla compilazione del quale hanno partecipato i più valorosi competenti in materia. Diremo soltanto che sono passati in rassegna tutti i principali tipi di prova che sono in uso per gli isolatori. Non sempre il relatore può giungere a conclusioni nette però sempre la questione è impostata nei termini più completi. I numerosi allegati che fanno parte integrante del rapporto costituiscono una fonte di dati sperimentali e statistici veramente preziosa.

La misura della distribuzione del potenziale lungo una catena di isolatori è oggetto di due rapporti dovuti al Prof. Drewnowsky (Polonia) l'uno, e l'altro allo stesso in collaborazione coll'Ing. Dunikowski. In questi rapporti viene in particolar modo illustrato un nuovo metodo di misura che ci sembra però una variante od una derivazione del metodo del ns. Ing. Emanueli, metodo che però sembra non sia noto agli AA. dato che non ne fanno alcun cenno.

Il Prof. Skowronski (Polonia) ha presentato invece una memoria sulla porosità della porcellana, analizzando prima i vari metodi in uso per la determinazione di questa caratteristica e propugnando fra i vari metodi quello assoluto, e passando poi all'esame dell'influenza della porosità nel comportamento degli isolatori. Su questo argomento l'A. non porta novità, però il rapporto è egualmente interessante perchè riferisce su numerose esperienze.

Il Prof. Velander (Svezia) ritorna invece con una sua memoria sulla sua teoria esposta nel 1929 riguardante la così detta fatica della porcellana che sarebbe la causa delle fratture della porcellana degli isolatori e illustra le esperienze compiute in questo biennio che verrebbero a confermare detta teoria.

Montandon et Gravier (Francia) continuano a tenere aggiornato il notiziario sul comportamento degli isolatori dove vi sono depositi salini e da tale notiziario risulterebbe che gli isolatori a bagno d'olio ideati per tali reti abbiano perfettamente raggiunto gli scopi previsti assicurando la regolarità del servizio. Sui risultati di esercizio degli isolatori sospesi riferisce in una breve nota anche l'Ing. Maggi. Due altre memorie sono state presentate e discusse insieme agli isolatori quantunque ci sembra che con questo argomento abbiano poca attinenza: ci riferiamo alla memoria di Austin (America) che passa in rassegna i vari fattori da tenere presente nel progettare un impianto per migliorare la regolarità del servizio. Tratta quindi, del filo di guardia, del cosidetto contrapeso, della messa a terra dei pali, della campata di maggior sicurezza, etc. etc. Solo verso la fine il rapporto tratta degli isolatori per insistere sul concetto di evitare agli isolatori sospesi forti sollecitazioni meccaniche. L'altro rapporto che ci sembra sconfini dall'argomento in questione è quello di Imhof (Svizzera) che tratta di passanti a condensatori con particolare riguardo ad un nuovo tipo di passante ideato dall'A. Se abbiamo ben capito la descrizione si tratterebbe dell'estensione ai passanti a condensatore del principio dell'Ing. Emanueli per i cavi a circolazione di olio.

La discussione su questo complesso di rapporti è stata assai animata, però ci sembra si sia persa su argomenti di secondaria importanza mentre un più accurato esame avrebbe meritato il rapporto del Cuwdenberghe. Bisogna però riconoscere che questo rapporto è stato distribuito troppo tardi così che i congressisti non hanno potuto studiarlo in precedenza. Inoltre il tempo messo a disposizione per la discussione sugli isolatori è stato del tutto insufficiente: è vero che la discussione stessa è continuata in una sala a parte ma solo con pochissimi intervenuti gli altri essendo richiamati da altre discussioni.

Sui punti trattati merita rilievo la tendenza manifestatasi a dare poca importanza alla distribuzione del potenziale misurata con tensioni di molto inferiori alla tensione d'arco. Anche la questione della perforazione in olio degli isolatori ha dato luogo a qualche dibattito senza però alcuna conclusione.

Sugli altri argomenti vari, isolatori esclusi, concernenti le linee sono stati esaminati ben altri 12 rapporti di cui tre italiani. Il primo di questi non scritto ma cinematografico è dedicato alla costruzione della linea a 220 kV della S I P ed è presentato dall'Ing. Silva. Questo film, già abbastanza noto in Italia, ha riportato un vero successo tanto che la rappresentazione ha dovuto essere replicata a richiesta dei congressisti. La stessa linea della S I P è stata poi accuratamente illustrata in tutti i dettagli di calcolo e tecnici in altro rapporto a cura dell'Ing. Della Verde. L'altro rapporto italiano dovuto all'Ing. Montagni illustra la linea a 125 kV Cismon-Porto Malghera costruita in pali Scac con mensole imperniate sul palo, e armata con conduttore Aldrey, complesso di elementi che danno alla condutture in oggetto, per quanto sappiamo, il carattere di una vera novità.

Lo studio presentato durante la precedente sessione dall'Ing. Silva sul calcolo delle freccie dei conduttori ha dato lo spunto ad un nuovo studio analogo di cui al rapporto di Rosental (Polonia), e lo stesso argomento è trattato in modo differente in un altro rapporto dovuto al Sig. Gellert (Ungheria). Questa questione, per quanto molto limitata, ha veramente interessato l'assemblea come ha dimostrato la viva discussione avvenuta e l'invito fatto ai vari autori e competenti in proposito di coordinare i vari metodi in una relazione da presentare alla prossima sessione.

Particolare menzione merita il rapporto del Prof. Lamb (Inghilterra) sul calcolo delle fondazioni dei pali di legno, calcolo che in genere viene a torto trascurato. Per questi pali, pei quali la teoria di Rankin non può essere applicata, l'A. ha eseguito accurate ricerche di laboratorio e pratiche arrivando ad una proposta di calcolo ampiamente sviluppata nel rapporto che ha dato luogo a viva discussione.

Sempre a proposito di condutture elettriche un nuovo problema va interessando sempre più i tecnici: la così detta danza dei conduttori. Tre rapporti dovuti ai Sigg. Ferrier (Francia) Holst (Norvegia) e Davison (Canadà) mettono a punto i termini della questione facendone risaltare l'importanza. Sopratutto per linee con conduttori alluminio acciaio tale importanza è tutt'altro che trascurabile perchè a questo fenomeno vengono attribuiti molti incidenti non solo ai conduttori ma anche ai pali ed agli isolatori. Data la varietà e l'incertezza sulle cause che producono le vibrazioni e data la complessità e variabilità del sistema elastico di cui i conduttori fanno parte uno studio teorico completo sull'argomento non è possibile. È perciò di somma importanza conoscere l'esperienza degli esercenti e i risultati degli esperimenti fin qui fatti. Da questo punto di vista le memorie presentate portano un contributo notevole. Durante la vivace discussione seguita altre notizie furono portate dai Sigg. Duval (Francia) Dutoit (Svizzera). Si parlò anche di vari metodi per ovviare agli inconvenienti derivanti dalle vibrazioni: ma certamente il problema è lontano dalla soluzione.

Attinente all'argomento delle linee è il rapporto del Sig. Little (America) della nota casa Anaconda che illustra il ben noto tipo di conduttore cavo.

Gli altri rapporti in tema di linee sono di carattere elettrico e precisamente un rapporto del Sig. Grabscheid (Austria) sull'influenza del diagramma di carico sulle perdite ohmiche ed il rapporto dei Sigg. Morgan e Whitehead (Inghilterra) sull'impedenza e le perdite nelle linee aeree. Il calcolo elettrico delle linee però è stato ormai sviscerato in tutti i più minuti dettagli quindi non è possibile dire niente di nuovo su questo argomento e i due citati rapporti sono passati senza discussione.

Attinenze con le linee ha il rapporto del Sig. Viel (Francia) noto propugnatore di una rete internazionale a 400 kV. Su questo argomento l'A. ha presentato un nuovo rapporto in cui passa in rapida rassegna dettagli tecnici ed economici. Quest'ardito progetto ha interessato ancora i tecnici che hanno

sollevato una viva discussione teorica sul filo equilibratore e sulla terra come conduttore di ritorno previsti dall'Autore.

L'ultimo argomento trattato in tema di linee e trasporto di energia è quello dei cavi. La Commissione istituita dalla Conferenza fin dalla IV sessione per uno studio preparatorio di un progetto di norme in materia non ha potuto spingere avanti molto i suoi studi per varie contingenze e specialmente per la morte del suo presidente Sig. Spruyt (Olanda). Solo nel gennaio di quest'anno ha ripreso, sotto la presidenza del Sig. Bakker (Olanda), i suoi lavori, ma naturalmente il tempo non è stato sufficiente per risolvere tutte le questioni. Perciò il Bakker in un accurato rapporto si limita a riferire quanto già fatto e quanto resta da fare. Non è qui naturalmente il caso di esaminare una materia così vasta complessa e delicata: diremo solo che quel rapporto insieme ad altri due dei Sigg. Konstantinowsky (Cecoslovacchia) e Tschiassny (Cecoslovacchia) nel primo dei quali si confrontano le prescrizioni varie esistenti per le prove di tensione, e nel secondo si espone una variante nel metodo di prova di perforazione, hanno dato luogo ad una animatissima discussione specialmente su quanto riguarda la misura delle perdite del dielettrico e la prova di flessione. La divergenza di opinioni in materia sono ancora notevoli e la Conferenza non ha potuto che invitare la Commissione a continuare i suoi studi.

Per debito di cronaca menzioniamo un rapporto descrittivo sulla costruzione e posa di un cavo sottomarino presentato dal Sig. Taka Haski (Giappone). Arriviamo così ai lavori della terza ed ultima sessione che si occupa dell'esercizio, delle protezioni e delle interconnessioni. Su questa materia uno degli argomenti che ha sempre interessato molto la Conferenza è dato dalla potenza reattiva al quale argomento i colleghi francesi e rumeni hanno sempre portato un notevole contributo. Naturalmente anche per questa questione è stata istituita una Commissione autorevolmente presieduta dal Prof. Budeanu (Rumenia) che ha portato in discussione un ampio rapporto dove il problema della potenza reattiva viene esaminato sotto i vari aspetti e cioè nei riguardi dell'esercizio (cioè regolazione di tensione e tarifficazione); nei riguardi teorici della definizione e della denominazione e infine sotto il nuovo aspetto, poco noto in Italia, che si viene da qualche tempo delineando, della potenza deformante dovuta ai raddrizzatori a mercurio, alla saldatura all'arco e ai forni elettrici. Accanto a questo rapporto sono state presentate per lo stesso argomento altre memorie dovute al Sig. Iliovici (Francia) sulla taratura dei contatori di energia reattiva, al Sig. Wilczek (Ungheria) sui vari metodi in uso per migliorare il fattore di potenza con particolare riferimento ai miglioramenti avvenuti recentemente nella costruzione delle macchine ad induzione e dei condensatori statici. Anche il Sig. Darrieus (Francia) presenta una memoria sulla questione teorica delle definizioni. Notiamo per ultimo una nota dell'Associazione Cecoslovacca sulla responsabilità del fornitore e del cliente nell'abbassamento del fattore di potenza.

Tutta questa massa di studi ha dato luogo ad una discussione ampia ma meno vivace degli scorsi anni. Non ci sembra che da questa siano scaturiti nuovi elementi tranne quello già accennato della potenza deformante che dovrebbe essere seguita più da vicino anche dagli Italiani. Si può prendere nota con piacere come le costruzioni elettromeccaniche abbiano potuto migliorare la costruzione dei motori ad induzione anche nei riguardi della potenza magnetizzante. È degna di nota anche la campagna contro i motori asincroni compensati o asincroni sincronizzati, e, per contro, il maggiore interesse che assumono i condensatori statici. Nel campo teorico noteremo che persiste la divergenza di vedute fra la Scuola Francese e la Scuola Rumena sul quale argomento la Conferenza spera di arrivare a qualche conclusione nella prossima sessione.

Anche a questa riunione non poteva mancare la discussione sul neutro a terra, problema che è oggetto di un'apposita Commissione presieduta dall'Ing. Del Buono. Questa questione realmente era nata quando gli isolanti e gli isolatori non davano sicurezza sufficente per gli impianti ad altissima tensione. In tali condizioni la messa a terra del neutro poteva diventare una necessità. Oggi giorno invece la tecnica degli isolanti è talmente progredita che per tutte le tensioni usate non vi è preoccupazione per quanto riguarda l'isolamento e quindi anche la questione del neutro a terra ha perduto molto della sua importanza. Rimane da vedere se per la continuità e sicurezza del servizio la messa a terra del neutro rappresenti un vantaggio o meno I punti di vista a questo riguardo sono sempre disparati e non è prevedibile un accordo in simile materia: solo una lunghissima pratica potrà dire qualche cosa. Anche per quanto riguarda l'interferenza con le linee di telecomunicazioni sembra che le varie amministrazioni interessate si siano accorte che i pericoli paventati non si sono verificati in pratica: e che disturbi gravi si sono avuti solo la dove gli impianti erano imperfetti. Questo stato di fatto ha dovuto constatare la Commissione nel suo rapporto che si è limitato ad invitare quanti possiedono dati di esercizio a contribuire allo studio sui vantaggi della marcia con neutro isolato o a terra. Insieme a tale rapporto sono stati messi in discussione due altri lavori di secondaria importanza e precisamente uno del Sig. Nierenberger dell'A E G sulle bobine di messa a terra, ed un altro dei Sigg. Ehrenburg e Van Staveren (Olanda) sulla modalità della messa a terra del neutro nelle reti di distribuzione. La discussione seguita su tali lavori non ha portato nessun elemento nuovo: si è solo confermato l'impressione generale che specialmente per quanto riguarda le basse tensioni e le reti di distribuzione è impossibile dare norme generali.

Se la questione del neutro a terra è per il momento lasciata in disparte dei tecnici, il problema delle sovratensioni fulmini e protezioni è invece in questo momento più che mai all'ordine del giorno. Il Kopeliowitch, membro della Commissione che la Conferenza ha creato per seguire da vicino il problema, diceva che per la preparazione del rapporto si sono dovuti esaminare oltre 300 articoli memorie o studi usciti negli ultimi due anni, e che in questi ultimi 6 mesi, dopo la estensione del rapporto, stesso sono usciti ben 60 altri lavori. È naturale che in mezzo ad una tale valanga di dati, spesso contradditori, è praticamente impossibile orizzontarsi e bisognerà lasciare passare qualche tempo in modo che si esaurisca questa folata di entusiasmo e ritorni un po' di calma prima che si possa raccogliere i frutti di tanto lavoro. Alla Conferenza i lavori presentati oltre il rapporto generale dovuto al De Vumesa (Spagna) sono stati 6 nei riguardi delle sovratensioni e 3 che concernono le protezioni contro queste sovratensioni. Lasciando in disparte questi rapporti che sono più che altro descrizioni e dati informativi che le varie Case costruttrici danno dei loro dispositivi e sono dovuti rispettivamente ai Sigg. Norris (Inghilterra), Eachron (America), Ledoux (Francia), notiamo primi fra gli altri i lavori del Peek Jr., del Lewis, di Berger (Svizzera), di Norinder (Svezia) i quali tutti riferiscono sulle ricerche fatte sia in laboratorio che sul terreno. La prima cosa che risalta da queste memorie è la spettacolosa entità di mezzi che l'industria straniera ha messo a disposizione dei suoi tecnici per le ricerche scientifiche. In secondo luogo è degna di nota l'ingegnosità di questi tecnici per studiare e produrre apparecchi atti a queste ricerche. Accanto ai famosi clidonografi e oscillografi catodici oggi vediamo i registratori dei colpi di fulmini che indicano se un palo è stato o no direttamente colpito dal fulmine, gli indicatori d'arco che segnalano se ha scaricato una catena di isolatori, l'apparecchio registratore dell'intensità del campo elettrico, ed infine l'apparecchio per la misura della violenza dei temporali. Con tutti questi mezzi economici e scientifici di cui dispongono i ricercatori è da crederе che realmente gli Americani facciano onore all'impegno pres alla sessione precedente di dare entro cinque anni tutti i mezz per costruire impianti immuni dal pericolo di archi e dann dovuti alle sovratensioni. Circa il contenuto dei vari rapport non è possibile darne un riassunto: ci sembra però che fatt nuovi non siano notati e che la divergenza nelle varie inter pretazioni vadano smussandosi. Degli altri rapporti ci resta menzionare uno studio originale del Sig. Dauzère (Francia il quale vorrebbe mettere in relazione la radioattività dell roccie con la constatata localizzazione di zone colpite dal fu mine, ed infine un rapporto del Sig. Sembere (Cecoslovacchi che costituisce un tentativo di analisi del valore teorico e pr tico dei vari dispositivi di protezione.

La discussione seguita a tutto questo complesso di stu non ha portato in luce niente di nuovo.

Sull'argomento della misura, apparecchi di misura e misu a distanza, i rapporti presentati erano 8 pei quali fu relato speciale il Prof. Barbagelata. Di tali rapporti due dovuti Sigg. Reznicek (Cecoslovacchia) e Szilas (Ungheria) trattan della possibilità di utilizzare i trasformatori di potenze co riduttori di tensione secondo il concetto ben noto in Ital dove una nota casa costruttrice già da molti anni ha prop gnato questo sistema. Gli AA. però non devono conoscere que studi italiani perchè trattano la questione come una novi mentre, se proprio si vuole parlare di originalità, questa la si de al primo rapporto dove la questione è esaminata dal punto vista dell'alimentazione dei relais mentre la citata casa italia si occupava di misure. Rimanendo nel campo dei riduttori m zioneremo anche un rapporto dovuto all'Imhof (Svizzera) c descrive un nuovo tipo di trasformatore di misura nel qual compenetrato il riduttore di corrente e quello di tensione sposizione che porterebbe ad una riduzione di costo nell'ap recchio ed ad un risparmio di spazio. Sui riduttori di corre il Sig. Grillet (Francia) fa una diligente analisi degli sf meccanici cui sono soggetti i riduttori di corrente in caso corto circuito. Un gruppo di altri tre rapporti dovuti all'I Usigli, ai Sigg. Janicki (Svizzera) e Vettiner (Svizzera) tratt sulla misura a distanza: più che altro detti rapporti passan rassegna le diverse soluzioni escogitate dalle varie case. Op

tunamente il Prof. Barbagelata riassumendo tali rapporti ha fatto osservare che occorrerebbe razionalizzare la classificazione dei vari metodi sulle caratteristiche fondamentali: e che inoltre dovrebbesi precisare il grado di esattezza ed il grado di sicurezza di funzionamento in relazione agli incidenti che possono avvenire sulla linea di trasmissione.

Fa parte del gruppo di rapporti esaminati sotto questo argomento una relazione dovuta ai Dr. Lulofs e Prof. Staveren (Olanda) sul laboratorio da loro creato per lo studio delle lampadine elettriche e degli apparecchi di illuminazione, rapporto che ha uno speciale interesse perchè mostra ingegnose soluzioni di problemi riguardanti misure come la misura della tensione con una precisione del 0,5‰ e la regolazione di tensione entro margini del 1‰.

Proseguendo il resoconto delle sedute notiamo un rapporto del Sig. Solar (Chile) che riferisce sullo sviluppo dell'elettrificazione in genere e ferrovia in particolare del Cile: un rapporto del Sig. Gratzmuller (Francia) che vuol dimostrare come il sistema di trazione ferroviaria a corrente continua sia il più indicato anche dal punto di vista delle interconnessioni ed un rapporto pure francese del Jonnart che indica alcuni dettagli degli impianti della Società del Hainaut.

Il Sig. Barrère (Francia) continua a tenere al corrente la Conferenza dei vari convenienti riscontrati nell'esercizio di una rete francese, dando così un insieme di notizie sempre varie ma sempre utili e interessanti.

Segue poi l'esame di due rapporti relativi ai relais: sono rapporti che illustrano soluzioni adottate in casi particolari e cioè su una rete assai complessa nel Belgio (relatore il Sig. Labouret) e sulle reti giapponesi con il neutro a terra attraverso forti resistenze relatore il Sig. Tosuke Wajima.

E arriviamo così all'ultimo argomento trattato dalla Conferenza e cioè quello della marcia in parallelo sulla quale questione esiste una Commissione presieduta dall'Ing. Roncaldier il quale doveva anche riferire sui dieci rapporti attinenti a questo argomento. Data la sua assenza lo sostituì l'Ing. Silva che fra l'altro aveva in discussione un interessante rapporto nel quale sono passati in rassegna i vari sistemi escogitati per eseguire il controllo del sincronismo e le misure di tensione senza riduttori di tensione. Questo rapporto ha dato luogo ad interessante discussione durante la quale sono venuti in luce numerosi altri sistemi spesso ingegnosissimi ma ignorati dai più. La unificazione delle frequenze ultimate recentemente nella regione di Parigi ha dato materia a due rapporti dovuti ai Sigg. Reunier e Fallon: in questi rapporti sono esaminate le questioni tecniche economiche e commerciali che si dovettero affrontare e si da un'indicazione dei vantaggi che si sono ottenuti. Quantunque si tratti di un problema tutto particolare le notizie sono sempre interessanti.

La questione della stabilità nella marcia in parallelo è discussa in due rapporti dovuti ai Sigg. Barbillion (Francia) e Smouroff (Russia): questi rapporti sono però completamente teorici e sfuggono ad una discussione.

Altrettanto può dirsi del rapporto del belga Mollard sulla ripartizione dell'energia reattiva nella marcia in parallelo di reti ad anello. Lo scambio e la regolazione dell'energia attiva fanno invece oggetto di un rapporto del Sig. Ibler (Cecoslovacchia), nel quale rapporto si preconizza la regolazione dei motori primi non solo in base alla velocità ma anche ad altri elementi come poco tempo era fa sostenuto anche dal nostro Ing. Santuari.

Un rapporto invece dello svizzero Oerlikon illustra come possa essere utilizzato con vantaggio colla marcia in parallelo il trasformatore con rapporti di tensione variabili sotto carico.

Mi sembra che rientri in questo argomento anche lo studio del Sig. Schjölberg-Henriksen (Norvegia) che preconizza i futuri trasporti di energia a corrente continua. Realmente le notizie che si hanno delle esperienze che la General Electric Co. sta facendo coi « Thycatron Tubes » danno seriamente a pensare che si sia prossimi a novità sensazionali. L'A. del rapporto, che ha piena fiducia nella riuscita di queste esperienze, getta già le basi di un progetto di un impianto di produzione e distribuzione a corrente alternata ma di trasporto ad altissima tensione oltre 100 kV a corrente continua e fa l'analisi dei vantaggi economici che non si realizzarebbero con un simile sistema.

Rimarrebbe da esaminare il rapporto del Roncaldier, ma questo non pervenuto tempestivamente, non è stato ancora pubblicato e dal sunto verbale datone dall'Ing. Silva non ci sembra che il lavoro presenti novità in questo argomento.

***

Per completare le notizie sulla Conferenza occorre dire che quest'organizzazione ha creduto necessario e utile (anche per ragioni economiche) creare un'associazione fra i congressisti, associazione che provvederà fra l'altro alla pubblicazione di una rivista denominata *Electra*.

Come gli altri anni poi in margine alla Conferenza si sono avute visite tecniche ed escursioni turistiche, banchetti coi relativi brindisi, serate danzanti ed artistiche. Notiamo anche che il Presidente della Repubblica, malgrado le preoccupazioni politiche del momento dovute alla proposta Hoover ha voluto ricevere all'Eliseo i primi delegati di ogni nazione.

Dobbiamo infine segnalare l'organizzazione della Conferenza per la sua ottima riuscita sotto ogni riguardo.

E per terminare questa rassegna, crediamo utile insistere su quanto abbiamo detto a proposito degli interruttori, e cioè che in tutti i campi ed argomenti trattati si nota il trionfo degli studi di laboratorio e con rammarico dobbiamo d'altra parte constatare come i tecnici Italiani non possano degnamente figurare in questi lavori per mancanza di adeguati mezzi sia scientifici che finanziari.

L. M.

AVV. ANNIBALE GILARDONI
PROF. NEL R. POLITECNICO DI MILANO

La legge 1931 sul Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e le disposizioni riguardanti le industrie elettriche

Le concessioni che interessano le industrie elettriche (utilizzazioni di acque e trasmissioni di corrente elettrica) sono autorizzate con provvedimenti amministrativi preceduti, in via obbligatoria, da pareri di Collegi e autorità tecniche e amministrative. In proposito esistono disposizioni di leggi generali e disposizioni di leggi speciali.

Su tale competenza consultiva fu recentemente promulgata la legge 1° giugno 1931, n. 951 (Gazz. Uff. 15 giugno 1931, n. 136) che è utile riassumere e commentare coi documenti ufficiali per quanto si attiene alle industrie elettriche.

Colla legge citata la competenza ad emettere tali pareri viene, col nuovo provvedimento, devoluta, a seconda dei casi previsti, al Consiglio di Stato per la parte giuridica ed amministrativa, e, per la parte tecnica:

1°) al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; 2°) agli Ispettori Superiori del genio civile; 3°) agli uffici tecnici governativi. In secondo luogo viene colla medesima legge stabilita la composizione del Consiglio Superiore suddetto.

Precedenti della legge 1931 *sul Consiglio Superiore dei LL. PP.*

Si deve ricordare che il Consiglio Superiore dei LL. PP. creato colla legge 20 novembre 1859, n. 3574, fu in origine l'organo consultivo *tecnico* di tutte le forme di attività statale e subì, nella composizione, nella competenza e nel modo di funzionamento, tutta una serie di riforme fino a quella, incisiva ed organica, del 1922.

Fino a quella data solo i tecnici facevano parte del Consiglio Superiore, salvo poche eccezioni per determinati affari, pei quali intervenivano, come membri aggiunti, funzionari amministrativi, chiamati a riferire circa gli elementi di fatto o di diritto utili, direttamente o indirettamente, al miglior apprezzamento tecnico nelle pratiche proprie del servizio cui gli stessi funzionari erano addetti.

Per la parte legale, giuridica e amministrativa propriamente detta, valeva o la competenza diretta dell'Amministrazione attiva o il parere del Consiglio di Stato.

Peraltro, fino al 1922, il Consiglio Superiore emetteva pareri tecnici su progetti di lavori e appalti o forniture di opere pubbliche e su concessioni di uso o di servizi, il che voleva dire circa provvedimenti di natura mista, ma esclusivamente per quanto si atteneva alla parte tecnica.

Sempre in linea concorrente, ma per la parte tecnica, il Consiglio Superiore dei LL. PP. esprimeva parere sulle transazioni, contratti sui quali, come è noto, devono per l'art. 14 della contabilità di Stato, 18 Nov. 1923, N. 2440, deliberare, sempre in via di opinamento, le sezioni consultive del Cons. di Stato.

Col D. R. 31 dicembre 1922, n. 1809 si operò la riforma che fu assorbente ed estensiva: da un lato — per diminuire il numero dei Consigli tecnici centrali — si concentrò nel Consiglio Superiore dei LL. PP. la competenza che, fino a quel tempo, era devoluta ad altri organi consultivi, sempre tecnici, che erano stati costituiti per determinate materie. Così per le bonifiche, così per le acque pubbliche per le quali fu abolito la Commissione Centrale per le bonifiche (1) e il Consiglio Superiore delle Acque (2).

Dall'altro lato colla stessa riforma del 1922, a tutti gli affari, misti di carattere amministrativo, anche strettamente giuridico e legale, e di tecnico veniva estesa la competenza del Consiglio Superiore allargandone la composizione numerica che giunse a 122 membri suddivisi, come è noto, in quattro sezioni. La terza sezione riguardava le acque pubbliche e l'elettricità.

(1) Art. 19 R. D. 31 dicembre 1922, n. 1809.
(2) D. L. 9 ottobre 1919, n. 2161 art. 44 e art. 19 D. R. di cui a nota n. 1.

Quando la parte detta legale o amministrativa fu assorbita dal Consiglio Superiore a questo accedettero funzionari amministrativi, Consiglieri di Stato e avvocati erariali.

E finalmente, dal 1922 il parere del Consiglio, per molte materie, fra le quali quella di derivazione di acqua pubblica per le concessioni idroelettriche, regolò in via obbligatoria il provvedimento del Ministro che non poteva allontanarsi dal contenuto sostanziale di quel parere salvo diversa deliberazione del Consiglio dei Ministri (1).

Nell'approvare la conversione in legge del R. D. del 1922, il Senato rilevò la necessità di una nuova riforma del Consiglio Superiore, completa ed organica, per assicurare la specifica competenza degli organi chiamati ad illuminare il ministro nelle sue determinazioni, con azione coordinata ed armonizzata in guisa da completarsi a vicenda, evitando ogni remora ed ogni intralcio.

Succedette una ulteriore riforma nel 1929; con questa la norma costituzionale del Consiglio Superiore dei LL. PP. assunse forma intermedia fra l'ordinamento originario del 1859 e quello del 1922. Frattanto, nel 1925 (2) era stato creato il Comitato per il riparto e scambio di energia elettrica fra i vari Enti di produzione.

Questo ordinamento non fu esente da critiche e da inconvenienti.

La Relazione Ministeriale al Senato (3) spiega come « sorge la necessità di riesaminare la competenza da riconoscere al Consiglio Superiore dei LL. PP., ossia se debba avere in preponderanza una competenza tecnica, secondo la fisionomia tradizionale del Consiglio stesso fino alla riforma del R. D. 31 dicembre 1922, n. 1809 (Riforma Carnazza), ovvero se debba avere una competenza, oltre che tecnica, anche giuridico-amministrativa, come in parte è attualmente, e come era integralmente in base alla riforma del 1922.

« Al riguardo devesi osservare che per un più ponderato esame degli affari relativi alle opere pubbliche occorre tornare in pieno al rispetto delle norme sulla contabilità generale dello Stato anche nei riguardi dei pareri del Consiglio di Stato.

« Pertanto non è il caso di sostituire il parere del massimo organo giuridico amministrativo dello Stato, col parere individuale di un numero più o meno grande di singoli consiglieri in seno ad un altro Consesso, spezzando in tal modo l'unità collegiale del Consiglio di Stato.

« In ottemperanza a tale ragione è stato accolto nel presente schema di disegno di legge il criterio di attribuire al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici piena competenza tecnica, riservando al Consiglio di Stato i pareri nei casi voluti dalle leggi vigenti.

« *Conseguenzialmente non può mantenersi in vigore la disposizione dell'art.* 5 *della legge* 24 *giugno* 1929, *n.* 1137, *per cui le concessioni erano accordate in base al solo parere del Consiglio Superiore de Lavori Pubblici, giacchè ciò contrasterebbe con la nuova fisionomia che viene ad assumere il Consiglio stesso, e verrebbe sottratta al Consiglio di Stato proprio la materia delle concessioni, che è la più complessa tecnicamente e giuridicamente e la più importante per le conseguenze finanziarie a carico dello*

(1) Art. 15 R. D. 31 dicembre 1922. n. 1809.
(2) D. L. 12 febbraio 1925, n. 101.
(3) Doc. Parlam. Senato del Regno – Legisl. XXVIII n. 826, pag. 2

Stato. Pertanto nell'art. 6 dell'accluso schema si dispone l'abrogazione del detto comma ».

Uguali osservazioni vennero dallo stesso Ministro proponente espresse nella relazione alla Camera dei Deputati (1).

La relazione senatoriale al progetto della legge vigente in ossequio al criterio fondamentale posto dal Ministro osserva anche che da tale ordinamento « ne derivava che sia per la particolare competenza, sia per una ulteriore tutela specifica degli interessi ad esse affidati, le varie Amministrazioni intendevano di essere rappresentate nel massimo organo tecnico amministrativo che riassumeva ormai tutte le attribuzioni.

« Per conseguenza apparve necessario che i direttori generali od i loro sostituti intervenissero senza limitazioni ai lavori del Consiglio, dovendosi occupare non più di opere pubbliche di una stessa natura, ma di tutte indistintamente per determinate regioni. Nè si poteva più mantenere la distinzione fra membri tecnici effettivi e membri amministrativi aggregati concorrendo ugualmente gli uni e gli altri al complesso esame delle varie questioni.

« Altro mutamento di criterio fondamentale si ebbe col decreto del 1922, e fu di sostituire all'esclusivismo la maggiore collaborazione di tutte le forze vive che in diverso campo spiegano l'azione loro in materia di opere pubbliche. Di qui un allargamento delle categorie prescelte con rilevante aumento nel numero dei componenti del Consiglio.

« Di tale ordinamento si videro ben presto gli inconvenienti. E col decreto 28 agosto 1924, n. 1395, convertito in legge, furono apportate nuovamente sensibili variazioni in relazione ai risultati dell'esperienza ed ai rimutati ordinamenti dell'Amministrazione dei lavori pubblici, con un ritorno parziale agli antichi concetti ed alle precedenti disposizioni.

« Nei riguardi dei caratteri fondamentali fu ripristinata l'attività consultiva del Consiglio di Stato, ma non in modo completo, ed una ulteriore limitazione si ebbe nell'esecuzione della legge 24 giugno 1929, n. 1137, accordandosi le concessioni di lavori pubblici in base al parere del solo Consiglio Superiore.

« Col ripristino delle attribuzioni prevalentemente tecniche il Consiglio Superiore tornò ad essere esclusivamente consultivo, ed i suoi pareri non furono più obbligatori per il Ministro. Conservò invece le attribuzioni di ufficio esecutivo per le speciali materie già ad esso assegnate.

« Così pure nei riguardi della collaborazione di estranei all'Amministrazione, si seguì un criterio di adattamento alle mutate esigenze, limitando il numero degli esperti e determinandone la scelta tra funzionari superiori dell'Amministrazione dei Lavori Pubblici collocati a riposo, tra professori ordinari di politecnici o di scuole di applicazione per ingegneri ed architetti, segnalati per studi o per opere di singolare importanza tecnica o scientifica, o tra rappresentanti di associazioni od enti aventi a scopo lo sviluppo dei lavori, dei trasporti o delle industrie nazionali.

« Nuove modificazioni avvennero colla legislazione successiva che avevano sempre uno scopo semplificativo o di specializzazione tecnica; così dicasi col R. D. 28 agosto 1924, n. 1396 per la gestione dei LL. PP. (2) e così colla creazione del Comitato per i collegamenti e scambi di energia elettrica (3) e così per la creazione del Provveditorato di opere pubbliche nel Mezzogiorno e nelle isole (4) e dell'Ispettorato per la Maremma Toscana (5) ».

***

Fu allora evidente che la legge istitutiva del Consiglio Superiore dei LL. PP. doveva essere integralmente riveduta e modificata. I caratteri fondamentali della riforma che è stata attuata colla legge del 1931 sono così enunciati nella relazione Ministeriale presentata dall'On. di Crollalanza:

« Anzitutto sorge la necessità di riesaminare la competenza da riconoscere al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ossia se debba avere in preponderanza una competenza tecnica, secondo la fisionomia tradizionale del Consiglio stesso fino alla ricordata riforma del R. D. 31 dicembre 1922, n. 1809 (Riforma Carnazza), ovvero se debba avere una competenza, oltre che tecnica, anche giuridica amministrativa, come in parte è attualmente, e come era integralmente in base alla riforma del 1922.

« Al riguardo devesi osservare che per un più ponderato esame degli affari relativi alle opere pubbliche occorre tornare in pieno al rispetto delle norme sulla contabilità generale dello Stato anche nei riguardi dei pareri del Consiglio di Stato.

« Pertanto non è il caso di sostituire il parere del massimo organo giuridico amministrativo dello Stato, col parere individuale di un numero più o meno grande si singoli consiglieri in seno ad un altro Consesso, spezzando in tal modo l'unità collegiale del Consiglio di Stato.

« In ottemperanza a tale ragione è stato accolto nel presente schema di disegno di legge il criterio di attribuire al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici piena competenza tecnica, riservando al Consiglio di Stato i pareri nei casi voluti dalle leggi vigenti.

« Conseguenzialmente non può mantenersi in vigore la disposizione dell'art. 5 della legge 24 giugno 1929, n. 1137, per cui le concessioni erano accordate in base al solo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, giacchè ciò contrasterebbe con la nuova fisionomia che viene ad assumere il Consiglio stesso, e verrebbe sottratta al Consiglio di Stato proprio la materia delle concessioni, che è la più complessa tecnicamente e giuridicamente e la più importante per le conseguenze finanziarie a carico dello Stato. Pertanto nell'art. 6 dell'accluso schema si dispone l'abrogazione del detto comma.

« Un altro importante scopo da raggiungere con la presente riforma è da una parte di ridurre il numero pletorico di membri del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (che raggiungono ormai il numero di 122), mentre con una accurata revisione i detti membri, con la nuova riforma, vengono ridotti di circa una trentina.

« D'altra parte il Consiglio superiore viene integrato con altri membri esperti in agraria ed in tecnica forestale, allo scopo di dare una adeguata rappresentanza al nuovo organismo recentemente costituito per la bonifica integrale.

« Nella composizione del Consiglio, data la sua fisionomia spiccatamente tecnica, i consiglieri di Stato in numero di 8 vengono ridotti soltanto a due, mantenendosi questi due membri per assegnarli alla 3ª sezione del Consiglio Superiore, che tratta delle utilizzazioni delle acque pubbliche, materia che è squisitamente giuridica anche per gli affari di minore importanza e per i quali è eminentemente utile una continua contemporanea collaborazione degli elementi tecnici, amministrativi e giuridici.

« Nessuna modificazione viene apportata alla competenza dei comitati tecnici-amministrativi degli organi decentrati del Ministero dei Lavori Pubblici, tenendo conto delle loro necessità speciali e del carattere in gran parte provvisorio di tali istituti.

« Infine con la proposta riforma vengono eliminati dall'esame del Consiglio Superiore gli affari di minore importanza, in modo da poter approfondire maggiormente gli affari più gravi e di dare nel tempo stesso una fisionomia più elevata all'Alto Consesso. » (1)

Colla nuova legge del 1931 si restituisce al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici l'antica tradizionale fisionomia di organo consultivo essenzialmente tecnico, riconoscendosi la necessità di restituire integralmente al Consiglio di Stato le sue funzioni amministrative. In tal guisa i due alti consessi svolgono l'azione loro in campi distinti, con piena autonomia e indipendenza, collegati solo dall'interesse supremo del pubblico bene che all'uno e all'altro è norma comune. Tale stato di diritto è dalla relazione Senatoria giustificata con ragioni transeunti.

« In momenti nei quali era indispensabile affrettare il ritmo nella esecuzione delle opere pubbliche il Senato consentì deroghe alle disposizioni della legge sulla contabilità generale, e la sostituzione della collaborazione individuale di Consiglieri di Stato a quella collegiale del massimo organo giuridico amministrativo. Ma non mancò di raccomandare in molteplici occasioni che all'ausilio del Consiglio di Stato si facesse ricorso quando possibile. Oggi che le opere pubbliche tornano a svolgersi con ritmo normale, è possibile anche il ritorno all'osservanza delle disposizioni di contabilità generale nei riguardi dei pareri del Consiglio di Stato.

« Con la proposta in esame rivive il concetto delle esclusività. Funzionari soltanto possono costituire il Consiglio. Però, con determinate esclusioni per incompatibilità, sono ammessi sei esperti in costruzioni civili ed architettoniche, in urbanistica, in elettrotecnica, in idraulica ed in materia economica, perchè possano portare il valido contributo dei loro studi scientifici e della loro pratica professionale. Ed essi sono membri effettivi al pari degli altri componenti. La categoria degli aggregati è soppressa, risultando preferibile la partecipazione di tutti i componenti al lavoro collegiale con parità di diritto alla discussione ed alle votazioni. Invece è data piena libertà al presidente del Consiglio Superiore di invitare all'esame di determinati affari i professori dei politecnici o delle scuole di applicazione degli ingegneri ed architetti, ed i professori degli istituti superiori agrari, particolarmente competenti per gli argomenti da trattare.

« Pure restringendo il numero dei componenti, è assicurata una

(1) Doc. Parl. Camera dei Dep. Legisl. XXVIII, n. 913, pag. 2 e 3.
(2) Modificato colla legge di conversione 27 maggio 1926, n. 1013 col R. D. 7 maggio 1925, n. 646, col R. D. L. 6 agosto 1926, n. 1657 e colla legge 24 giugno 1929, n. 1137.
(3) D. L. 12 febbraio 1925, n. 101.
(4) R. D. 7 luglio 1925, n. 1173.
(5) D. L. 7 febbraio 1926, n. 192.

(1) Atti Parl. Senato del Regno – Doc. Leg. XXVIII, n. 526 A.

rappresentanza del Consiglio alle varie Amministrazioni che hanno attinenza con le opere pubbliche (1) ».

Il progetto di legge ministeriale fu integralmente approvato dal Senato su conforme relazione dell'Ufficio Centrale (Relatore Sen. De Vito). Lo stesso testo fu approvato dalla Camera dei Deputati, respingendosi i due emendamenti proposti agli art. 7 e 17 dalla Commissione degli Uffici della Camera (Pres. On. Puppini, Relatore On.le Del Bufalo) che miravano ad aumentare da sei a dodici il numero degli esperti tecnici non funzionari chiamati a far parte del Consiglio Superiore (art. 7) e a coordinare gli studi e le ricerche tecniche affidate al Comitato del Consiglio Superiore « d'accordo col Consiglio Nazionale delle Ricerche » aggiunte ed emendamenti che non furono accolti dal Ministro competente.

Il testo delle disposizioni della legge 1931 e le industrie elettriche.

Nel testo della legge 1° giugno 1931, n. 678 sull'*ordinamento del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e sulla competenza degli organi consultivi in materia di opere pubbliche*, interessano l'industria elettrica due ordini di disposizioni: il primo relativo alla competenza del nuovo e riordinato organo consultivo tecnico e il secondo, alla composizione dell'organo stesso.

Vi sono poi alcune norme accessorie per la competenza consultiva in ordine ad utilizzazioni idrauliche minori e speciali.

1°) Sotto il primo aspetto l'art. 1 della nuova legge sottopone al parere del Consiglio Superiore *le domande di concessione di lavori pubblici, di pubblici servizi di trasporto, di utilizzazione di acque pubbliche e di trasmissione di correnti elettriche nei casi previsti dalle leggi speciali*.

2°) Hanno lo stesso trattamento gli affari — sempre in materia di utilizzazione di acque pubbliche e trasmissione di correnti elettriche — nei quali i capi degli uffici decentrati (Provveditorati, Ispettorati, Magistrato delle Acque) non intendano conformarsi ai pareri dei competenti comitati tecnici amministrativi (art. 1 lett. O). In tal caso il Consiglio Superiore dei LL. PP. funziona come organo consultivo di grado superiore o periziore.

3°) Sono soggetti finalmente al parere del Consiglio Superiore, gli affari che non siano soggetti, come i precedenti, al parere obbligatorio di cui alle lettere n. 1 e 2, ma per cui il Ministro competente richiegga, di sua facoltà, il parere del Consiglio Superiore, ancorchè gli affari stessi siano stati esaminati dagli altri organi consultivi.

Dalla competenza obbligatoria di cui ai n. 1 e 2 sopra riportata sono escluse le piccole derivazioni di acque pubbliche (cioè inferiori a 300 HP nominali) quando non vi siano domande concorrenti od opposizioni, e per le proroghe non oltre un anno dei termini stabiliti nei disciplinari relativi a tali concessioni (art. 2, lett. g).

Questi affari sono devoluti al solo parere degli Ispettori superiori del genio civile ai quali sia consentita apposita specifica competenza per territorio o per materia a norma di decreto ministeriale.

Sono parimenti esclusi dall'obbligo del parere del Consiglio Superiore dei LL. PP., gli affari per i quali non è prescritta tale preventiva modalità, e per cui il parere è devoluto, salvo il caso degli art. 1 e 2, al capo dell'ufficio tecnico governativo dal quale dipendono il lavoro per l'esecuzione o la vigilanza (art. 3, legge 1931).

Questa competenza del Consiglio Superiore dei LL. PP., rimane, come è detto, in via autentica, dalle relazioni ministeriali e parlamentari, nell'ambito soltanto tecnico, salvo il parere del Consiglio di Stato nei casi voluti dalle leggi vigenti (art. 6, legge 1931) per tutto quanto si riferisce alla parte giuridica. A questo riguardo giova rilevare come il nuovo ordinamento abroghi il primo comma dell'art. 5 della legge 24 giugno 1929, n. 1137 (2).

Sono riservate le competenze per le opere di interesse militare, quelle dell'Azienda Autonoma Statale della Strada, quelle per la bonifica integrale, per le concessioni ferroviarie e le teleferiche, per cui rimane a termini delle leggi speciali la diretta competenza dell'Amministrazione Militare, quella del Consiglio di Amministrazione dell'Azienda, quella del Comitato della 2ª sezione del Consiglio Superiore dei LL. PP., quella dell'Ispettorato generale delle Ferrovie (3) e delle Commissioni Speciali previste da tutte le leggi speciali. Questa competenza sussiste quindi per tutte le concessioni idroelettriche o di trasmissione di energia elettrica che interessino rispettivamente la difesa militare, le strade pubbliche dell'AA. SS. e la bonifica.

(1) Relazione Senatoria citata più sopra alla legge del 1931.

(2) Art. 5: Le concessioni sono accordate udito il parere del Cons. Sup. dei lavori pubblici.

(3) Art. 5 legge 24 giugno 1929, n. 1137 – D. L. 23 febbraio 1919, n. 303 e D. R. 17 Gennaio 1926.

Per quanto si attiene più strettamente all'industria elettrica occorre ricordare quanto è scritto nella Relazione Ministeriale al Senato (pag. 5)

« Circa il funzionamento del Consiglio Superiore l'art. 12 stabilisce che il Consiglio stesso delibera in assemblea generale o diviso per sezioni, e in base a tale distinzione, sono ripartiti gli affari sottoposti all'esame del Consiglio giusta l'articolo 1. Le sezioni sono quattro come attualmente.

« Al riguardo è da ricordare che, in base al R. D. 16 dicembre 1926, n. 2373, era data facoltà al Governo di istituire nel Consiglio Superiore una speciale sezione per la trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, chiamandovi a farne parte i rappresentanti delle Amministrazioni interessate, i rappresentanti delle società elettriche e gli esperti estranei all'amministrazione di speciale competenza in materia.

« Tuttavia è da osservare, da una parte, che gli affari che dovrebbero sottoporsi alla nuova Sezione sarebbero finora numericamente scarsi, e dall'altra, che il chiamare in seno al Consiglio i diretti rappresentanti delle Società elettriche urta contro il divieto generale di partecipazione al Consiglio stesso di persone almeno indirettamente interessate negli affari da trattare.

« Pertanto si è ritenuto dover lasciare in vita lo speciale Comitato consultivo, nominando con R. D. 17 maggio 1928 per dar parere nelle questioni riguardanti la trasmissione e lo scambio dell'energia elettrica, salvo a deferire al Consiglio gli affari attribuiti alla sua competenza dalle leggi speciali in materia di utilizzazione di acque pubbliche e di energia elettrica.

« Aggiungasi che nella nomina degli esperti da chiamare in seno al Consiglio in base all'art. 7, n. 26 sarà tenuta in considerazione la necessità di assicurare al Consiglio stesso la particolare competenza di esperti in elettrotecnica. »

Tutta la parte legale o giuridica o amministrativa delle concessioni idroelettriche o di trasmissione di energia elettrica, in base alle avvenute dichiarazioni interpretative rientra come già si è detto nella competenza del Consiglio di Stato.

In ogni caso giova ricordare che i pareri del Consiglio Superiore dei LL. PP. per la legge del 31 dicembre 1922, n. 1809 e i pareri del Consiglio di Stato per legge del 26 giugno 1924, n. 1058 non hanno forza determinativa obbligatoria per il Ministro competente e per il Governo del Re.

Nel senso che queste Autorità amministrative non debbono necessariamente conformarsi, per la sostanza del provvedimento al parere del Corpo consultivo competente, ma possono provvedere diversamente, salvo la deliberazione, in certi casi, del Consiglio dei Ministri.

Composizione del Consiglio Superiore e divisione in sezioni e comitati.

Fu già detto che scopo sussidiario della riforma fu quello di diminuire il numero e la qualifica dei componenti del Consiglio Superiore, che erano 122 e che colla riforma si riducono a 90.

Il Consiglio Superiore è costituito dai seguenti membri, a norma dell'art. 7 della legge 1931:

Art. 7. – Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici è costituito dai seguenti membri: 1° un presidente; 2° quattro presidenti di sezione; 3° i direttori generali del Ministero dei Lavori Pubblici; 4° il direttore generale dell'Azienda Autonoma Statale della Strada; 5° i capi degli uffici decentrati del Ministero dei Lavori Pubblici; 6° gli ispettori superiori del Genio civile addetti al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; 7° gli ispettori superiori tecnici addetti alla direzione generale delle nuove costruzioni ferroviarie; 8° l'ispettore generale e gli ispettori superiori del ruolo di vigilanza dell'Ispettorato generale delle ferrovie, tramvie ed automobili; 9° il direttore generale della sanità pubblica e il direttore generale dell'amministrazione civile; 10° un ufficiale generale e il capo dell'ufficio trasporti del Ministero della guerra, il capo dell'ufficio idrografico della Regia Marina; 11° due direttori generali del Ministero delle Colonie; 12° i direttori generali del tesoro e del demanio del Ministero delle Finanze; 13° il direttore generale della Cassa depositi e prestuti; 14° un direttore generale del Ministero delle corporazioni; 15° il segretario generale del Consiglio Nazionale delle Corporazioni; 16° un direttore generale del Ministero dell'educazione nazionale; 17° il direttore generale dell'agricoltura e il comandante generale della Milizia nazionale forestale; 18° il direttore generale della bonifica integrale, un delegato forestale del Sottosegretariato della bonifica integrale e quattro tecnici agrari designati dallo stesso Sottosegretariato; 19° il direttore generale della marina mercantile; 20° due consiglieri di Stato; 21° quattro avvocati dello Stato; 22° quattro funzionari tecnici delle Ferrovie dello Stato, di grado non inferiore al 2° delle tabelle organiche delle Ferrovie dello Stato; 23° il direttore della sezio-

ne postale dell'Istituto Superiore delle Comunicazioni, ovvero un funzionario tecnico dell'Amministrazione delle poste e dei telegrafi di grado non inferiore al 5°; 24° un ispettore superiore del Regio corpo delle miniere ovvero del Regio ufficio geologico, di grado non inferiore al 5°; 25° *sei esperti in costruzioni civili ed architettoniche, in urbanistica, in elettrotecnica, in idraulica e in materia economica.*

« In caso di impedimento o di assenza dei membri individuati per la carica, intervengono alle adunanze i funzionari che li sostituiscono nel rispettivo ufficio, secondo le norme in vigore. »

***

Si è chiamati a far parte del Consiglio Superiore dei LL. PP. o per nomina o per carica. La nomina è così disciplinata:

Art. 9. – Il Presidente del Consiglio Superiore ed i presidenti di sezione sono nominati per decreto Reale su proposta del Ministro per i Lavori Pubblici, sentito il Consiglio dei Ministri.

« I presidenti delle sezioni 1ª, 2ª e 3ª sono scelti fra gli ispettori superiori del Genio civile, quello della sezione 4ª fra gli ispettori superiori del ruolo di vigilanza dell'Ispettorato generale delle Ferrovie, tramvie ed automobili, o fra gli ispettori superiori tecnici delle nuove costruzioni ferroviarie.

« Per circostanze eccezionali può essere affidato a persone estranee all'Amministrazione dello Stato l'incarico di presiedere il Consiglio Superiore o le sezioni del Consiglio stesso. All'incaricato della presidenza del Consiglio Superiore compete la indennità di missione stabilita per il grado 3° dall'art. 181 del R. D. 11 novembre 1923, n. 2395, ed agli incaricati della presidenza delle sezioni competono le indennità di grado 4°. Inoltre viene loro corrisposta un'indennità di carica, la cui misura è da stabilirsi col decreto d'incarico, di concerto fra i Ministri per i Lavori Pubblici e per le Finanze. »

Art. 10. – I membri del Consiglio Superiore, che non sono individuati per la carica, sono nominati con Regio decreto su proposta del Ministro per i Lavori Pubblici. La nomina è fatta di concerto con i Ministri interessati per quanto riguarda i funzionari di altre Amministrazioni, e su designazione del presidente del Consiglio di Stato e dell'avvocato generale dello Stato rispettivamente per i consiglieri di Stato e per gli avvocati dello Stato.

« Sarà nominato, su designazione del Sottosegretario per la bonifica integrale, uno degli esperti idraulici.

« Essi durano in carica due anni e possono essere confermati. »

La legge del 1931 (art. 11) pone alla nomina dei membri del Cons. Sup. delle limitazioni, determinando che: « *Non possono essere membri del Consiglio Superiore coloro i quali in proprio o come soci di società in nome collettivo abbiano convenzioni con lo Stato o con altri enti per trasporti, somministrazioni o lavori a carico dello Stato, o nella cui spesa lo Stato concorra sotto qualsiasi forma, nè coloro che abitualmente assumano la esecuzione di opere pubbliche o l'esercizio di servizi pubblici o comunque siano personalmente interessati anche come consulenti in tali imprese.*

« *Non possono parimenti essere membri del Consiglio Superiore gli amministratori di società anonime ed in accomandita o di enti che abbiano convenzioni per gli oggetti indicati nel comma precedente.* »

***

Il funzionamento del Consiglio Superiore dei LL. PP. avviene in assemblea generale e per sezioni. Le norme inerenti contenute nella legge 1931 sono le seguenti:

Art. 12. – Il Consiglio Superiore delibera in assemblea generale e diviso per sezioni. Le sezioni sono quattro: 1ª Sezione – Ponti, strade ed edilizia - Consolidamento abitati. 2ª Sezione – Opere idrauliche e forestali - bonifica ed irrigazioni - Acquedotti e fognature - Opere marittime. 3ª Sezione – *Utilizzazione di acque pubbliche - Impianti di produzione e trasmissione di energia elettrica.* 4ª Sezione – Ferrovie, tramvie, funicolari e servizi pubblici automobilistici e di navigazione interna.

« Gli affari indicati nelle lettere *a*) *b*) *c*) *g*) *m*) *o*) dell'articolo 1 sono sottoposti all'esame del Consiglio in assemblea generale; gli altri affari sono trattati dalle sezioni competenti per materia, salvo al Ministro richiedere anche per essi il parere dell'Assemblea.

« Quando siano in discussione importanti questioni che interessino la competenza di due o più sezioni, il parere è emesso collegialmente dalle sezioni interessate riunite in unica assemblea. »

Art. 13. – La distribuzione dei membri nelle varie sezioni è stabilita ogni biennio per Reale decreto. Peraltro i due consiglieri di Stato indicati al n. 20 dell'art. 7 faranno stabilmente parte della sezione 3ª.

Art. 14. – *Per la seconda e terza sezione è costituito rispettivamente con decreto del Ministro per i Lavori Pubblici, sentito il presidente del Consiglio Superiore, un Comitato composto del presidente e di dieci membri che delibera nei casi previsti dalle disposizioni vigenti.*

Art. 15. – A rendere valide le adunanze è necessaria la presenza della metà almeno del numero dei componenti il Consiglio e la sezione.

« Le deliberazioni si prendono a maggioranza dei votanti, e, in caso di parità decide il voto del presidente.

« I membri che non intervengono ad almeno sei adunanze del Consiglio senza giustificato motivo durante un anno, saranno dichiarati dimissionari. »

Art. 16. – Alle adunanze generali e a quelle delle sezioni del Consiglio Superiore il Ministro per i Lavori Pubblici e gli altri Ministri interessati possono delegare commissari per dare informazioni sugli affari da trattare.

« Intervenendo personalmente, il Ministro per i Lavori Pubblici, presiede l'adunanza. »

In aggiunta ai Comitati speciali di cui agli articoli suddetti esiste un Comitato permanente, sul che la legge 1931 così dispone:

Art. 17. – Per mezzo di un Comitato permanente, costituito dal Presidente del Consiglio Superiore e dai quattro presidenti di sezioni, il Consiglio provvede a studi tecnici di carattere generale e normativo, a ricerche sperimentali ed alla coordinazione e metodizzazione degli studi afferenti ai vari rami della tecnica concernente i lavori pubblici, ed in specie: *a*) allo studio riguardante i materiali da costruzione; *b*) allo studio di speciali tipi costruttivi che possono normalizzarsi, e di opere di particolare interesse pubblico; *c*) *all'alta vigilanza sul servizio idrografico, e agli studi riguardanti la migliore utilizzazione delle risorse idriche e la produzione e trasmissione dell'energia elettrica; d*) alla raccolta e alla pubblicazione degli studi anzidetti, dei dati relativi alle più importanti opere pubbliche ed alla pubblicazione degli « Annali dei Lavori Pubblici ».

« Per gli studi e le ricerche di cui sopra è stanziato annualmente un fondo da determinarsi con la legge di approvazione del bilancio dei lavori pubblici. »

Art. 18 – Per provvedere alle ricerche ed agli studi di cui al precedente articolo sono costituiti presso il Consiglio speciali reparti, composti di funzionari particolarmente idonei a studi e ricerche scientifiche.

« Presso tali reparti il Ministro per i lavori pubblici potrà chiamare a prestare la propria opera professori ed assistenti di istituti tecnici superiori e tecnici di riconosciuto valore su designazione del Comitato suddetto. »

***

Questo nuovo ordinamento è passato in applicazione effettiva e concreta col provvedimento che nomina i nuovi membri del Consiglio Superiore dei LL. PP., avuto presente che colla legge 1° luglio 1931, n. 345 il vecchio ordinamento è venuto a cessare col 30 giugno 1931.

ANNIBALE GILARDONI

FATTI E TESTIMONIANZE

ELETTRICITÀ ED AGRICOLTURA

Lettera aperta al signor F. L.

Come Ella può ben immaginare, non manco mai di leggere gli articoli a firma F. L., come leggo, e la lettura mi diverte un mondo, anche gli articoli degli innumerevoli Paneroni dell'industria elettrica (1).

Ella scrive spesso dell'industria elettrica, quasi mai con benevolenza, anzi se mi permette la schiettezza, sempre con scarsa obiettività. Ma non gliene posso far colpa perchè molte cose Ella non le può conoscere: portato dalla vastità del campo in cui lavora a occuparsi di tutte le forme dell'attività economica, non può approfondire l'una piuttosto che l'altra. Noi, poveri lavoratori di un campo ristrettissimo, se non ci approfondissimo, perderemmo perfino la rispettabilità. Ecco perchè spesso non possiamo intenderci.

Questa è una delle ragioni, anzi la principale, per la quale mi guardo bene dal contradirla ancora pubblicamente. Un'altra ragione non disprezzabile è poi questa: che sarei costretto a scrivere per tutta la mia vita, se dovessi rispondere a tutti coloro i quali, esercitando qualunque altra professione, commercio o industria, si ritengono in grado di darci consigli o insegnarci addirittura l'a.b.c. o avanzare qualunque fantastica pretesa!

Non so poi quale risultato otterrei. La pretesa di persuadere, infatti, non mi illude, perchè conosco perfettamente che, essendo tutti dal più al meno mal disposti a lasciarci persuadere, sono del tutto impersuadibili, i critici, per la professione, e gli utenti, per l'interesse.

Tuttavia, leggendo il Suo articolo odierno non posso a meno di prendermi la libertà di rivolgerLe la presente.

Parlando di un recente voto della Confederazione dell'Agricoltura, Ella dice fra l'altro che gli industriali elettricisti dovranno fare notevoli concessioni sul prezzo dell'energia. Fin qui si tratta di un apprezzamento Suo prevedibilissimo. Ma Lei ne vuole anche dare una ragione, e dice testualmente: « perchè è presumibile che nell'attuale condizione di crisi, gli « agricoltori non sono in grado di sopportare grossi oneri ».

Lasci alla mia franchezza di ricordare che i critici e gli utenti sostenevano proprio la stessa tesi anche quando l'agricoltura era in auge, tanto che il grano si vendeva a 200 lire il Q.le. Non è questa la più bella dimostrazione della mancanza di obiettività?

Ma Ella mi dirà: lasciamo andare le discussioni inutili. Il fatto è che l'agricoltura è in crisi, e Lei non lo vorrà negare. Buon Dio! Ma è così difficile capire che l'industria elettrica è rilegata da un cordone ombelicale ai suoi clienti e che quindi si potrebbe considerare come una madre, *sui generis*, nel senso che nel cordone ombelicale viaggia sì l'alimento dalla madre agli utenti, ma attraverso la detestata bolletta l'alimento ritorna dagli utenti alla madre? È così difficile capire che in queste condizioni se gli utenti sono in crisi, siamo in crisi anche noi? E a Lei, uomo di studio, non balena il dubbio che se la crisi è generale, come certamente è, non può essere senz'altro accolto il principio che l'industria elettrica, per la cattiva ragione che le alimenta tutte, debba aiutare a sopportare il danno delle altre? Ma se l'industria elettrica invertisse il ragionamento e chiedesse alle altre industrie di voler sopportare il suo danno, Lei lo troverebbe proprio un ragionamento assennato? Ma quando le altre industrie fiorivano (benedetta sia l'inflazione per tutti i secoli!) e noi eravamo pagati con dei centesimi falsi rispetto ai centesimi che avevano valore alla data del contratto, c'è stato qualche utente e qualche critico che si sia sentita la commozione nelle viscere al punto da venire in nostro aiuto?

Caro ed illustre professore, quando si risolvono i problemi coi denari degli altri, tutto diventa facile, e facilissimo diventa poi fare delle prediche: il difficile è applicare quella bella massima che si riassume nel dire: metà consigli e metà denari.

Ma Ella ha un'altra delle Sue solite punture sarcastiche nel ricordare « l'inamovibilità » (la virgolettatura è la Sua) delle tariffe elettriche. L'inamovibilità non ha dato fastidio, professore egregio, agli utenti di tutti i generi quando essi, pagando con moneta falsata dalla svalutazione, nel senso più sopra esplicato, hanno risparmiato qualche miliardo. Adesso naturalmente, cessati i lauti guadagni dell'inflazione, anche i critici fanno come i compratori; trovano che il prezzo è sempre troppo caro.

Ebbene no; il prezzo odierno dell'energia idroelettrica dipende dal costo degli impianti, e questo si mantiene oggi ancora a un livello superiore assai al rapporto di valore nominale fra la vecchia e la nuova lira. La mano d'opera costa sempre da sei a sette volte l'anteguerra; e i materiali da costruzione in media poco meno del quintuplo. Invece i nostri prezzi in media si aggirano sul triplo e la luce rimane sotto a questo moltiplicatore. Ella dirà che si diventa noiosi. Ma la verità è questa; e la noia delle ripetizioni si evita accettandole francamente.

Ma se vuol chiarire le Sue idee, provi a considerare i rapporti fra l'industria elettrica e gli utenti. Mi spiego meglio. Se una classe di utenti invoca dei prezzi politici, dei prezzi cioè che non permettano di pagare tutti i costi, compresi naturalmente gli interessi, gli ammortamenti, ecc., lo sbilancio dovrà essere pagato dagli altri utenti, così e come gli incassi mancati ricadono sulle spalle dei pagatori, e per esempio i fallimenti sono sopportati da coloro che non falliscono. Le capacita questo ragionamento? Oppure Ella ha la persuasione che il prezzo politico di una classe di utenti debba andare a danno dei proprietari delle aziende? Se Ella fosse di quest'ultimo avviso, mi per-

---

(1) Per i lettori non milanesi sarà necessario dire che Paneroni è un'esilarantissima macchietta del mondo studentesco-scientifico di Milano. Venditore di castagne arrosto, si è scoperto un certo giorno il bernoccolo della scienza astronomica e geografica, e si è messo a fare propaganda orale e scritta. Per quest'ultima usava preferire i muri bianchi ch'egli sgorbiava a grandi caratteri col carbone, dando della bestia a tutti gli astronomi, a tutti gli ingegneri e a tutti i geografi, i quali sostengono (e sono dei bei buffoni, dice Paneroni) che la terra gira, e, quel ch'è peggio, che la terra è rotonda!! C'è da scoppiar dal ridere a sentire le ragioni del buon Paneroni, contro la geografia e l'astronomia!

metterei di chiedere per quale ragionamento la classe di quei risparmiatori, che ha permesso al Paese di mettere in valore un così cospicuo patrimonio idraulico (dal quale senza la loro fede non si sarebbe mai cavato nulla), questa classe dovrebbe essere la sola ad aiutare la classe agricola nel momento in cui questa abbia bisogno di aiuto. E gli altri cittadini? Per questi aiuti se si reputano di interesse generale non deve essere lo Stato a intervenire?

Per finire: Ella ha creduto che i tre paragrafi del voto recentemente espresso dalla Corporazione dell'Agricoltura siano stati ADDITATI dagli agricoltori agli industriali elettricisti. Mi permetta di dirLe che si sbaglia.

Per ciò che concerne i primi due, si tratta di suggerimenti dati da una Commissione mista di agricoltori e di industriali elettricisti. La richiesta degli agricoltori si può anzi dire una derivazione logica, un riconoscimento (tanto più autorevole quanto più obiettivo) delle conclusioni votate in materia dal Congresso 1930 della UNFIEL. Il quale Congresso, è bene ripeterlo, votava la seguente risoluzione:

6°) *L'elettrificazione delle campagne non potrà mai determinare una richiesta di energia superiore ad una piccola frazione (dal 2 al 5 %) dell'energia totale occorrente alle industrie ed ai commerci.*

Invece l'immobilizzo occorrente per attivare questo consumo è di un ordine di grandezza così elevato, che il prezzo di vendita dell'energia elettrica destinata ad usi agricoli perde ogni importanza; e anche se si annullasse rimarrebbe sempre il grande onere causato dagli investimenti. Questo onere esorbita dai compiti dell'industria elettrica e dai mezzi di cui può disporre; esso potrebbe tutt'al più venir riguardato come un compito dello Stato, analogo in un certo senso a quello che sta assolvendo per la bonifica integrale.

Di novità dunque non c'è che l'ultimo paragrafo nel recente voto degli agricoltori: la formulazione di un contratto tipo nazionale. Ma su questo punto, che d'altronde è tutt'affatto formale, sarà lecito dissentire dalla richiesta della Confederazione dell'Agricoltura, sopratutto perchè non sembra che la formulazione del contratto-tipo possa avere un'importanza qualsiasi sulla sostanza del risultato che si vuol raggiungere, mentre costituirebbe invece un pericoloso precedente per la tendenza all'uniformità che in esso si celerebbe; tendenza la quale contrasta, stride anzi, con la enorme differenza di condizioni tecniche, economiche, sociali, in cui vivono non solo le aziende elettriche nelle diverse regioni d'Italia, ma anche la stessa agricoltura.

Si può dunque legittimamente sperare che sull'ultimo punto la Confederazione degli Agricoltori non insisterà.

Così rimessa in piedi anche questa umile verità storica, che cioè non a noi, ma da noi, fu additata la sola possibile soluzione del grave problema degli immobilizzi occorrenti alla elettrificazione dei campi, e che la Confederazione degli Agricoltori, per opera specialmente del suo benemerito Presidente, ha riconosciuto con lealtà ed obiettività l'esattezza del nostro assunto, non mi resta che riverirLa distintamente.

i. g. m.

DIRITTO E GIURISPRUDENZA

Obbligazioni commerciali – Rimborso di crediti espressi in lire oro.

MASSIMA

La clausola contenuta nelle obbligazioni emesse da una Società Anonima, per la quale la somma di debito è espressa in « lire oro », non crea nell'obbligazionista il diritto a farsi rimborsare il suo credito in oro, al valore intrinseco della moneta al tempo della emissione delle obbligazioni; tale diritto sussisterebbe solo se l'obbligazionista avesse mutuato una determinata quantità di specie di moneta d'oro (art. 1821-1822 Cod. Civ.).

Conseguentemente la Società non è tenuta a rimborsare le lire oro se non in base alla valutazione legale vigente.

Il R. D. L. 21 novembre 1927, n.° 2325, abolendo il corso forzoso e dando una nuova valutazione aurea alla moneta, sulla base di una parità più bassa della precedente, ha istituito in Italia una nuova lira oro, di valore intrinseco inferiore a quella prima esistente, e pari alla valuta legale circolante, divenuta così convertibile in oro.

Conseguentemente il rimborso delle lire oro da farsi nelle specie in corso al tempo del pagamento (art. 1821 Cod. Civ.) bene può effettuarsi mediante consegna di un pari numero di lire carta.

Appello Napoli, prima sezione, 1° maggio-12 giugno 1931, in causa Soc. Generale Elettrica Napoletana c. Ingarano.

Fatto

Nel 20 aprile 1903 la Società Napoletana per Imprese Elettriche emise un prestito di tre milioni in seimila obbligazioni del valore di emissione di 500 franchi d'oro, da rimborsarsi ai possessori, mercè graduale sorteggio, ivi determinato, anno per anno, a finire nel 1932. Nel corso della guerra e del dopoguerra il legislatore, in relazione alle contingenze del mercato monetario della lira, intervenne a disciplinare i pagamenti da eseguirsi nel Regno ed all'Estero per effetto di obbligazioni portanti la clausola « oro effettivo » od altra equivalente emesse da Società esercenti pubblici servizi.

Si ebbero così i decreti luogotenenziali del 25 giugno 1917, n. 1023, del 14 aprile 1918, n. 513, del 27 novembre 1919, n. 2355, del 7 marzo 1920, n. 243, ed infine del 18 aprile 1920 n. 329. Con detti decreti le Imprese Ferroviarie e le Società esercenti pubblici servizi vennero facultate a calcolare al limite massimo di L. 115 ogni 100 lire in oro, stabilite nelle obbligazioni a rimborsare; si aggiunse, però, che l'obbligazionista aveva il diritto di chiedere il rinvio del pagamento della valuta fissata in contratto ad epoca da determinarsi fino a nuova disposizione.

Il Consiglio di Amministrazione della Società Napoletana, intanto, con deliberazione del 15 novembre 1927, stabilì di eseguire il rimborso anticipato di tutte le obbligazioni a partire dal 1° gennaio 1928 e tale deliberazione inserì nella *Gazzetta Ufficiale* del Regno il 28 novembre stesso.

L'avv. Alessandro Ingarano, possessore di venti obbligazioni, ai primi di gennaio 1928 si presentò alla Banca Commerciale Italiana sede di Torino, per l'esazione della cedola semestrale di interessi, e la Banca gli offrì anche il rimborso del capitale in ragione di lire 115 di valuta corrente per ogni cento lire portate dalle obbligazioni.

L'Ingarano si rifiutò di incassare quella somma, e nel 16 gennaio 1928, fece scrivere dal figlio alla Società Napoletana che egli intendeva rinviare l'esazione della valuta oro ai sensi dell'art. 2 del decreto 25 giugno 1917, n. 1023. La Società a mezzo della sede di Torino della Banca Commerciale, rinnovò l'offerta ma l'Ingarano persistette nel rifiuto.

Nel 30 marzo 1928 il legislatore emanò l'altro decreto portante il n. 573, col quale, in seguito alla stabilizzazione della lira, si abrogarono le disposizioni contenute nell'art. 1 del decreto 7 marzo 1920 e gli art. 1 e 2 del decreto 18 aprile 1920 sopra menzionati. Dopo tale decreto l'Avv. Ingarano sia con l'atto stragiudiziale del 9 giugno 1928, che per tramite del suo procuratore speciale Avv. Buccino, nel verbale 27 giugno 1928 del Notaio Piscopo, offrì alla Società i titoli dietro contemporaneo pagamento in valuta oro, questo calcolato al cambio della giornata di L. 336. In quel verbale il rappresentante della Società si dichiarò pronto a versare, previa consegna delle 20 obbligazioni, la somma di L. 11.500, nonchè l'altra di lire 258.75 per l'importo della cedola interessi, al saggio di L. 115 per ogni 100 lire oro, secondo le disposizioni vigenti al 1° gennaio 1928 ma il Buccino rifiutò il pagamento in simili proporzioni.

In conseguenza l'Ingarano, con atto 2 agosto 1928, ripetuto il 17 settembre successivo, convenne innanzi il Tribunale di Napoli la Società e chiese che fosse condannata a pagargli in valuta oro le 20 obbligazioni e la cedola esigibile al 1° gennaio 1928 con gli interessi dalla scadenza o quanto meno dalla domanda dandosi atto che esso Ingarano teneva a disposizione della convenuta i titoli su indicati e relative cedole dal n. 49 in poi.

Il Tribunale con sentenza 29 aprile - 10 maggio 1929 cos decise:

« 1°) Dichiara che la Società predetta è tenuta ad eseguir « il pagamento degli interessi ed il rimborso delle obbligazioi « stillate in franchi oro, in lire italiane nella valuta legale a « tuale, senza aumenti di sorta per cambio.

« 2°) Dichiara, in conseguenza che per le 20 obbligazion « specificate nei quattro titoli n. 0667, 0668, 0670, 0673 dell « complessiva somma numerica di diecimila franchi oro, dev « la Società stessa corrispondere all'attore Ingarano Lire 10.00 « nella valuta legale in corso, e per le cedole di interessi sem « strali scaduti al 1° gennaio 1928 nella complessiva somm « numerica di 235 franchi oro, altrettante lire attuali.

« 3°) Condanna l'attore Ingarano alle spese dello attua « giudizio ed onorario di avvocato a favore della Società co « venuta e delega per la tassazione il giudice estensore.

« 4°) Autorizza la provvisoria esecuzione della presente

Contro questa sentenza notificata il 5 giugno 1928 produs appello l'Ingarano il 25 giugno detto, per tutti i motivi di prin istanza, e di tale appello è investita la Corte innanzi alla qua i procuratori delle parti hanno conchiuso nel modo sopra tr scritto, avvertendosi che la Società, con la prima compars ha per suo conto, spiegato appello incidentale condizionato, p due eccezioni di cui il Tribunale non si occupò perchè assorbi dalle argomentazioni della sentenza medesima, e cioè: *a*) nullità del patto di rimborso in moneta oro, in quanto lo I garano aveva versato moneta cartacea; *b*) il rimborso ne peggiore ipotesi per essa Società non poteva eccedere l carta 115 per ogni cento lire delle obbligazioni vigendo i gennaio 1928 i decreti 7 marzo e 18 aprile 1920.

Diritto

Che l'appello principale è inconsistente e va respinto, restan così assorbito quello incidente, condizionato *ex adverso* all' coglimento del primo.

L'Avv. Ingarano sostanzialmente sostiene che intervem il decreto 30 marzo 1928 ogni vincolo cessò e ritornò integro a stato *quo ante* e rivisse per la Società l'obbligo del rimbo in lire oro, ovvero in corrispondenti lire carta al cambio della giornata. Sicchè avendo egli domandato il rimborso 27 giugno 1928, giorno in cui il cambio dell'oro era di L. 3 ne consegue che, per le 20 obbligazioni in disputa gli compet L. 36.666.66.

Posto ciò occorre innanzi tutto accertare se, ai termini del contratto, la Società è tenuta a pagare le L. 10.000 oro in base al loro valore intrinseco al 1903, il che è quanto dire se si ebbe riguardo ad una somma o valore legale, indipendente dalla moneta, od a specie avente un determinato valore. Nel primo caso sarebbe applicabile l'art. 1821 Cod. Civ., per cui, accadendo aumento o diminuzione nella moneta prima che scada il termine del pagamento, il debitore deve restituire la somma numerica nella specie in corso al tempo del detto pagamento; e la ragione è evidente, perchè riferendosi le parti ad una data somma o valore legale, il debitore adempie la sua obbligazione col restituire tante monete, siano esse della stessa specie di quelle ricevute, o di specie diversa, quante ne occorrono a rappresentare tale somma numerica o valore legale. Nel secondo caso sarebbe applicabile il successivo art. 1822, il quale accenna a somministrazione di monete di oro e di argento, con patto di restituirle nella medesima specie o quantità, e soggiunge che se viene alterato il valore intrinseco delle monete, o queste non si possono ritrovare, o sono messe fuori corso, si rende l'equivalente al valore intrinseco che le monete avevano al tempo in cui furono mutuate; ed anche di questa disposizione si intuisce facilmente il motivo, giacchè se si considera la moneta non come somma numerica rappresentante un dato valore legale, ma come specie avente un dato valore reale, è di giustizia che si debba restituire lo stesso valore reale ricevuto.

Or se nel caso che ne occupa è pacifico che l'Ingarano non versò monete di oro, ma valuta cartacea, bene a ragione il Tribunale trasse da ciò la conseguenza che l'indicazione «oro» che leggesi nei titoli come qualifica del prestito, non può significare che fu fatto il mutuo di determinata quantità di specie di moneta d'oro, ma un prestito di danaro nella somma numerica espressa nel contratto secondo la regola sancita nel menzionato art. 1821. E coerentemente nel decidere il primo punto della controversia, disse che per il semplice obbligo di restituire in lire oro le lire 10.000 ricevute in carta moneta, la Società in difetto di altro patto di maggiore onere, è tenuta oggi a pagare soltanto 10.000 lire in oro, in base alla valutazione legale vigente e non già in base al loro valore intrinseco al tempo del prestito.

Ma in che modo va fatta la valutazione legale attuale, o, in altri termini, qual'è la portata da assegnarsi al R. D. L. 21 novembre 1927, n. 2325? Per l'Ingarano l'essenza della riforma monetaria non è stata quella di creare una nuova moneta aurea circolante, parallela al biglietto di stato, ma il più moderno e pratico sistema del cambio aureo: ossia di fissare una nuova parità legale aurea della lira, in ragione di g. 7.919 oro fino per ogni cento lire, imponendosi nel contempo alla Banca di Italia di convertire i propri biglietti in oro.

Non potendo quindi confondersi il mezzo di pagamento con l'oggetto della obbligazione, il quale rimane quello fissato in contratto, ed essendosi nella specie pattuite «lire oro» debbono queste pagarsi bensì con la moneta attuale, ma moltiplicata per 3.66, vale a dire tenuto conto della parità aurea più bassa.

L'errore è evidente però quando si consideri che secondo la lettera e lo spirito del decreto si ebbe di mira l'abolizione del corso forzoso resituendo alla lira la sua piena capacità liberatoria, nonchè la rivalutazione della moneta non in base alla antica parità aurea cui non si poteva più ritornare, ma in base ad una parità più bassa, aggiungendosi l'obbligo dello Istituto di emissione di convertire in oro detta valuta. Se quindi si deve ammettere in rapporto al complesso degli enunciati provvedimenti il ritorno al corso legale, non può, d'altra parte, disconoscersi che dal dicembre 1927 veniva istituita in Italia una nuova lira oro, di peso inferiore alla lira oro prima esistente e di valore pari alla valuta legale ora circolante. Quindi la Società a causa del nuovo regime monetario aureo, ha il diritto di soddisfare le sue obbligazioni col pagamento di tante lire correnti per quante erano quelle contenute nelle obbligazioni stesse.

L'esattezza di questo concetto risulta anche dalla relazione fatta in Senato a proposito della abrogazione dei decreti che facultavano le Società esercenti pubblici servizi a soddisfare le obbligazioni in oro sulla base di lire 115. Da essa si apprende che l'Ufficio Centrale chiese chiarimenti al Ministero della Finanza, il quale rispose che le questioni concernenti il trattamento delle obbligazioni stillate in oro e valute estere, dopo la riforma monetaria, furono ampiamente studiate da una commissione consultiva composta dalle più alte personalità dell'ordine giuliziario, finanziario, bancario. E ciò premesso, nella relativa nota di risposta così continuò: «In seguito ai risultati di tali «studi, venne riconosciuto concordemente che nei riguardi «delle obbligazioni, per le quali in base ai Regi Decreti-legge «7 marzo 18 aprile 1920, vigeva, fino al marzo scorso, un regime «eccezionale e transitorio, non potevasi far altro che abrogare «puramente e semplicemente i decreti stessi. La conseguenza «dell'abrogazione pura e semplice è che rinascono i patti con«trattuali, i quali, però, vanno indubbiamente interpretati e «regolati in base al diritto vigente e cioè all'art. 1821 del Co«dice Civile (che è conforme ai principi del diritto romano ed «alle norme giuridiche vigenti in altri stati) ed alla disposizione «del Regio Decreto-legge 21 dicembre 1927, n. 2325. L'art. 1821 «del Codice Civile dispone che, accadendo aumento o diminu«zione nelle monete prima che scada il termine del pagamento, «il debitore deve restituire la somma numerica prestata e non è «obbligato a restituire questa somma che nella specie in corso, «al tempo del pagamento. È quindi pacifico ed incontestabile «che avendo il R.D.L. 21 dicembre 1927 n. 2325 istituita una «nuova lira oro prima esistente, le obbligazioni in lire oro «vanno ora pagate all'interno ed all'esterno nella valuta legale «italiana attuale che è valuta aurea, salvo il pagamento al«l'estero nella valuta locale, in base alla nuova parità aurea «della lira od al cambio, quando una opzione di tal genere «sia stata consentita nei patti contrattuali. Pertanto..... 2° le «obbligazioni stillate esclusivamente in lire oro o in lire effet«tive sono da pagarsi allo interno ed all'estero in valuta legale «attuale..... ».

Pertanto il richiamo all'art. 1821 ed alla istituzione della nuova lira oro, dimostra, come si è detto, sempre più la inconsistenza della tesi dell'appellante di doversi moltiplicare la somma portata dalle obbligazioni per il coefficiente di L. 3.66 avvertendosi, ad esuberanza, che le prime disposizioni attinenti al pagamento sulla base di L. 115 risalgono ad epoca (1917-1918) in cui il cambio era rispettivamente di L. 1.38 e L. 1.75, onde il Governo che quelle disposizioni aveva adottate in favore delle Società per le contingenze del mercato della lira, non le avrebbe di certo abrogate quando il cambio si era stabilizzato invece a L. 3.66.

Nè basta, in quanto a dimostrazione che di lira italiana non ve ne può essere e non ce n'è che una ormai, è intervenuto il recente decreto 18 luglio 1930, n. 1148, sulle caratteristiche delle nuove monete auree italiane da lire cento e da lire cinquanta, decreto che è così redatto:

«Visto il R. D. L. 21 dicembre 1927, n. 2325 per la cessazione «del corso forzoso e la convertibilità in oro dei biglietti della «Banca d'Italia, visto il R. D. 26 febbraio 1928, n.° 252, per la «determinazione delle norme per la convertibilità in oro ed in «valuta aurea dei biglietti della Banca d'Italia,

«Art. 1°) È autorizzata la coniazione di monete di oro da «lire cento e da lire cinquanta aventi le seguenti caratteristiche, «lire cento peso in grammi 8.799.014; lire 50, grammi 4.399.507.

«Art. 2°) Il diametro, il contorno e le impronte delle mo«nete predette saranno fissati con successivo nostro decreto».

Di conseguenza poichè per l'art. 1821 c. c. il convenuto deve la somma numerica cui è obbligato anche se la valuta corrente abbia perduto di valore, così la Società è tenuta a versare all'Avv. Ingarano 500 lire correnti per ogni cinquecento lire oro delle controverse obbligazioni.

In tali sensi decise il Tribunale e però la sua sentenza va completamente confermata, altresì nella parte con cui respinse le restanti deduzioni dell'Ingarano, il quale, innanzi tutto, faceva ricorso ad un argomento di indole morale, tratto dal confronto tra ciò che si riscuoterebbe oggi in rapporto di quello che riscossero, sulla base di L. 115, gli obbligazionisti in regime di corso forzoso, e richiamava poi sia la casistica prospettata dal Ministero delle Finanze nella ricordata nota di risposta all'Ufficio Centrale del Senato, sia il decreto 21 dicembre 1927 numero 2326 per la commisurazione delle valute per il pagamento dei dazi doganali.

Di vero, circa la prima proposizione, ripetuto che l'Ingarano non versò valuta aurea, bensì cartacea, basterebbe il semplice rilievo del rimborso offertogli in misura superiore al dovuto. Comunque piace aggiungere, quanto ai pagamenti precedenti, che le L. 115 di valuta cartacea in regime di corso forzoso per l'oscillazione continua del corso del cambio, ebbero a volta un potere di acquisto inferiore alle cento lire attuali.

Circa la seconda è notevole che il Ministero fece tre ipotesi, vale a dire: 1° obbligazioni stillate esplicitamente ed esclusivamente in valute straniere (sterline, dollari, franchi svizzeri ecc.); 2° obbligazioni stillate esclusivamente in «lire oro» o «lire effettive»; 3° obbligazioni stillate in lire oro con opzione di pagamento all'estero nelle valute locali, distinguendo in ordine a questa terza ipotesi tre casi. Or se nella specie è pacifico che con la locuzione indicata nelle obbligazioni controverse si intese dire lire, non occorrono parole per comprendere che si versa nella seconda ipotesi ed il pagamento, secondo è tassativamente spiegato, va eseguito all'interno ed all'Estero in valuta legale attuale, onde mal si comprende, come ben considerarono i primi giudici, un qualsiasi riferimento ad altri e distinti patti contrattuali contemplati nelle ipotesi prima e terza.

Infine si risolve in un fuor d'opera l'invocazione del decreto inerente ai dazi doganali, di indole tutta fiscale, anzi la sua emissione, col n.° 2326 nel medesimo giorno in cui veniva emesso

quello col n.° 2325, che aboliva il corso forzoso e disponeva la convertibilità in oro dei biglietti della Banca di Italia, resiste alla tesi dell'Ingarano e dimostra che fu necessario un provvedimento speciale per aumentare i dazi da pagarsi in oro, aumento inattuabile per la portata del decreto n. 2325.

Osserva che tutto quanto si è detto per il capitale, vale ad evidenza anche per gli interessi. Che l'Ingarano il quale soccombe è tenuto per legge anche alle spese del presente giudizio.

P. Q. M. (*omissis*).

Fornitura di energia elettrica - Fallimento - Privilegio del credito per rimborso imposte e tasse.

MASSIMA

Il diritto di rivalsa che compete al fornitore della energia elettrica per le tasse pagate in luogo e vece dell'utente (*art.* 14 *D. M.* 8 *luglio* 1924) *surroga il fornitore stesso anche nel diritto di privilegio che spetta all'originario creditore* (*Stato o Comune*).

Il privilegio si estende alla totalità dei beni mobili del debitore; e deve essere riconosciuto in caso di fallimento del debitore stesso (1).

Tribunale Bologna, 24 giugno 1931 in causa SOCIETÀ BOLOGNESE DI ELETTRICITÀ (Avv. Brazioli) c. FALLIMENTO NENZIONI (Avv. Magli).

DIRITTO

Omissis.

La Società Bolognese di Elettricità ebbe a chiedere di essere ammessa al passivo del fallimento della ditta F.lli Nenzioni per complessive L. 1219,85, dipendenti da fornitura di energia elettrica allo Stabilimento Nenzioni in Bologna, e chiese di essere collocata in chirografario per L. 1041,55, importo di energia consumata, e in privilegiato per L. 178,30, importo tasse pagate sull'energia stessa.

Il credito venne nella sua totalità ammesso in via chirografaria, non avendo in sede di verifica dei crediti trovato il Giudice Delegato che si riscontrassero gli estremi per la costituzione di un privilegio. La S. E. B. non si acquetò alla decisione del Giudice Delegato e volle che la questione venisse — come era diritto — esaminata dal Collegio. (*Omissis*).

Fra così opposti e contrari opinamenti riconosce il Collegio che alla stregua delle norme dettate dal Codice Civile — articolo 1597 — trattandosi di imposta sui consumi, che costituisce un tributo indiretto, il privilegio sulla generalità dei mobili non potrebbe venire accordato, e che d'altra parte l'applicazione delle norme relative ai tributi indiretti sopra i mobili, che ne sono l'oggetto, costituirebbe un non senso, una disposizione destinata a rimanere lettera morta, dal momento che trattasi di materia di natura specialissima, che si consuma nello stesso momento in cui è usata. Non quindi alle norme del Codice Civile, sorto quando l'energia elettrica non aveva trovato così ampio respiro di vita sotto l'irresistibile impulso del progresso, occorre richiamarsi per decidere la presente questione.

Occorre perciò ricorrere alle norme sancite nel T. U. approvato con D. M. 8 luglio 1924, che espressamente riconosce il diritto di rivalsa al fabbricante dell'energia sui consumatori della stessa (articolo 14), che impone al fabbricante di pagare prima, oppure di concedere cauzione corrispondente all'imposta di due mesi (articolo 15) e che attribuisce alla Finanza una ulteriore garanzia, dandole un diritto di preferenza sulle « somme dovute dagli utenti alle Ditte medesime per consumi soggetti a tassa ».

Sono tutte norme, queste, di carattere singolare escogitate *aerarii commodo*, col preciso scopo di rendere più piana, più facile e più sicura, sopratutto, l'esazione delle imposte, le quali, erariali o comunali che siano, colpendo il consumo dell'energia elettrica, devono in definitiva pesare sul consumatore ed utente. In questa guisa lo Stato e i Comuni con minore difficoltà e con minore spesa si avvalgono dell'opera del fabbricante dell'energia, il quale così viene a costituire ed assumere la figura di intermediario fra l'Ente creditore delle imposte e il contribuente, che nonostante tutto rimane il vero debitore della imposta, non venendo meno, per la natura particolare delle disposizioni sopra accennate, il rapporto fondamentale.

Ed allora se il credito dello Stato è privilegiato, poichè rientra in quelli previsti e disciplinati dall'art. 1958, n. 1 Codice Civile, che riguarda i dazii e tributi indiretti sopra i mobili che ne furono oggetto; se il diritto di rivalsa è espressamente riconosciuto e precisato nella disposizione dell'art. 14 della precitata legge, non può più revocarsi in dubbio che al fabbricante, tenuto a pagare direttamente ed anticipatamente l'imposta in Tesoreria, spetti un privilegio nei confronti dei consumatori su cui deve rivalersi. E se la Finanza pretende il pagamento anticipato, o in difetto una adeguata cauzione, esorbitando perciò dai ristretti confini stabiliti dal Codice di Commercio per i tributi indiretti (privilegio limitato ai mobili che dell'imposta sono l'oggetto), tale criterio va osservato anche per il fornitore; elementari principii di diritto, di equità e di logica impongono appunto che a lui non sia fatto diverso trattamento, il quale poi — data, come sopra si è visto, la particolare caratteristica dell'energia elettrica, che si consuma nell'attimo stesso che si crea — diventerebbe statuizione vuota di contenuto nei confronti di chi la tassa dovrebbe pagare, e che invece avrebbe in tal modo la possibilità di sottrarsi in mille guise a tale obbligo, che rimarrebbe a gravare compiutamente sulle spalle di colui, che la Finanza per propria comodità, per motivi di semplice convenienza presceglie quale intermediario nei rapporti con coloro che con l'imposta vuole colpire.

Se rivalsa ha da essere, questo diritto deve costituire non una semplice figura rettorica, ma costituire una garanzia piena ed efficace: non deve essere limitata alla particolare natura dell'oggetto della fornitura, ma estendersi a tutti i beni mobili del debitore. E a questo proposito va richiamato quanto ebbe a disporre in tema di tassa di scambio il R. D. Legge 28 luglio 1930, n. 1011; con gli articoli 43 e 60 è disposto che detta tassa, gravante anche sull'energia elettrica, sia dovuta, salvo rivalsa, dal fornitore fatturante, il quale gode, per detta rivalsa verso l'altro contraente, dello stesso privilegio competente allo Stato a norma dell'articolo 109. Vale a dire del privilegio sulla generalità dei mobili.

Il credito della S.E.B. va perciò collocato in via privilegiata al passivo del fallimento Nenzioni per quanto riguarda l'importo delle tasse pagate sull'energia.

Le spese, data la particolare natura della dibattuta questione, reputa il Collegio doveroso compensare fra le parti.

NOTA

La massima accolta dal Tribunale di Bologna, dopo alcune resistenze, sta per diventare ormai *ius receptum*.

Si vedano per i precedenti, da ultimo, le sentenze 26 novembre 1930 e 12 gennaio 1931 del Tribunale di Genova, pubblicate in questa Rivista, febbraio 1931, pag. 162, con nota di richiamo e commento.

PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti i principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazioni di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessione di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali, etc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicate per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *Energia* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

171 – *Concessioni idroelettriche - Sanatoria per una utilizzazione effettiva inferiore a quella prevista nel decreto di concessione.*

Ove all'atto del collaudo sia riconosciuto che, per effetto della variante apportata durante la costruzione dei lavori, la utilizzazione effettiva sia inferiore a quella prevista dal decreto di concessione o del progetto esecutivo, può, nel caso, accordarsi sanatoria.

Per tale sanatoria non risulterebbe intervenuto il parere del Cons. Sup. dei LL. PP.

D. R. 22 dicembre 1930. Società dell'Alluminio italiano. Derivazione dai torrenti Ayasse e affluenti. Prov. di Aosta. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, pag. 1650).

172 – *Concessioni idroelettriche - Clausole di interesse militare.*

Nel disciplinare di concessione idroelettrica può essere inserita clausola per cui, in caso di bisogno e non solo in periodo di operazioni militari, l'autorità militare potrà valersi dell'energia elettrica prodotta fino alla concorrenza massima di X HP al prezzo del tempo e del luogo dell'utilizzazione.

(Come al N. precedente, pag. 1655).

173 – *Concessioni idroelettriche - Riserve obbligatorie di utenze a valle - Prescrizione di indipendenza.*

La riserva di uso legittimo di derivazioni a valle di quella in concessione può essere subordinata alla prescrizione che dette utenze debbano comunque avere indipendenza idraulica, per assicurare il regolare esercizio degli stabilimenti cui l'energia prodotta serve direttamente.

Tale modalità può essere, nella specie, formulata, fra l'altro, nel modo seguente colle condizioni particolari del disciplinare: « Le condotte forzate saranno munite alla loro origine oltre che di valvole comandate, anche di valvole automatiche capaci di intercettare l'introduzione dell'acqua nelle condotte medesime, qualora in esse la velocità dell'acqua venisse a superare quella normale. Ogni anello della condotta forzata dovrà essere regolarmente provato in officina a una pressione uguale a una volta e mezza di quella cui verrà sottoposta nell'impianto.

« È fatto obbligo alla ditta concessionaria o di lasciare defluire costantemente a valle della presa di derivazione (a monte) con apparecchi automatici, la quantità d'acqua che compete alla ditta X per il regolare funzionamento dei suoi stabilimenti o di costruire a valle un serbatoio di compensazione della capacità di Y mc colle modalità e nel termine che dall'autorità saranno stabiliti e sempre che questa ne ravvisi la necessità e consentire la fornitura della corrispondente quantità d'energia elettrica in caso di accordo fra le parti.

« Per assicurare la competenza delle altre minori derivazioni esistenti fra la presa e la restituzione della derivazione richiesta, la Concessionaria dovrà lasciare defluire a valle delle dighe di presa l'acqua necessaria per integrare le risorgenze nell'alveo del torrente in modo da poter fornire agli utenti delle minori derivazioni per essi risultanti dai rispettivi diritti d'uso oppure dovrà fornire l'energia necessaria per forza motrice.

« Alle derivazioni per forza motrice che verranno private dell'energia idraulica sarà fornita energia elettrica provvedendosi a cura e a spese della concessionaria alle trasformazioni tecniche occorrenti. La Società dovrà perciò fornire ed impiantare, oltre alla luce elettrica, i motori, gli apparecchi di regolazione, le puleggie, le trasmissioni e quant'altro occorra pel regolare servizio degli opifici per modo da non aumentare gli oneri dei rispettivi proprietari, cambiando, ove occorra, anche le macchine operatrici ».

D. R. 9 giugno 1930. Soc. Idroelettrica dell'Evançon. Derivazione dal torrente Evançon (Aosta). Pareri Cons. Sup. LL. PP.,. 1929, n 500-572 e 29 ott. 1928, n. 2913. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, pag. 2968-2981).

174 – *Concessione idroelettrica - Tutela delle utenze preesistenti Riallacciamento vene idriche.*

Nel disciplinare di concessione può essere imposto l'obbligo per la concessionaria di eseguire dietro semplice invito della Autorità concedente le opere necessarie per convogliare le vene idriche intercettate dalla galleria costituente il canale di carico e già attualmente convogliate qualora a giudizio insindacabile dell'autorità suddetta le dette sorgenti risultassero diminuite in modo pregiudizievole, per le necessità dell'alimentazione idrica degli abituali servizi delle sorgenti stesse.

(Come al n. precedente, pag. 2982).

175 – *Concessioni idroelettriche - Prescrizioni a tutela del paesaggio - Mascheratura dell'impianto - Prescrizioni artistiche.*

Nel disciplinare di concessione di derivazione idroelettrica può essere inserita speciale disposizione per la quale la concessionaria dovrà effettuare una piantagione di pini allo scopo di mascherare la diga a valle della diga stessa. Dovrà inoltre provvedere al rimboschimento delle pendici montane in corrispondenza del serbatoio. Le condotte forzate dovranno per quanto possibile essere mascherate sia con piantagioni laterali, sia con adeguata coloritura.

Nella specie, potrà essere imposto che l'architettura della centrale dovrà essere ispirata allo stile e ai tipi dei fabbricati artistici della regione.

(Come al n. precedente, pag. 2988).

176 – *Concessioni idroelettriche - Assorbimento d'acque freatiche Obbligo di tacitazione del danno.*

Nel caso che sianvi opposizioni relative a temuto abbassamento di falde freatiche e conseguente impoverimento della sorgente e prosciugamento di torrenti nella zona imbrifera e idrica interessata dalla derivazione, può essere richiamato a tal riguardo l'obbligo di tacitare i danni a cura del concessionario, quando venga alterato lo stato di fatto esistente, introducendosi all'uopo opposita clausola nel disciplinare.

D. R. 22 dic. 1930. Concessione Soc. Utilizzazione Garza inferiore. Derivazione dal Garza, Comune di Bagnolo Mella (Brescia). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 3518 del 16 dic. 1929. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, pag. 1661).

177 – *Concessioni idroelettriche - Formula di tutela delle utenze preesistenti.*

Nelle concessioni idroelettriche che investano utenze idriche legittimamente preesistenti, può essere imposta nel disciplinare la clausola di tutela colla formula seguente: « restano impregiudicati i diritti delle antiche utenze sia irrigue che industriali che in parte verranno assorbite o sottese dalla nuova concessione ».

(Come al n. precedente, *Boll. Min LL. PP.*, 1930, pag. 1665).

178 – *Concessioni idroelettriche - Condizioni particolari - Obbligo di rilevamento di danni a carico del concessionario - Formula di salvezza dei diritti d'acqua preesistenti.*

Fra le condizioni particolari cui dovrà soddisfare la derivazione potrà essere inserita nel disciplinare la clausola seguente circa l'obbligo dei danni e la salvezza dei diritti preesistenti: « tutte le opere della derivazione dovranno essere convenientemente dimensionate nei riguardi della loro stabilità ed essere costruite con materiali delle migliori qualità e a perfetta regola d'arte. La Società concessionaria dovrà rispondere esclusivamente in proprio per qualunque danno potesse derivare a terzi, sia per lesi diritti che per difetti di costruzione o per trascurata manutenzione. Dovrà astenersi da qualunque uso delle acque derivate che potesse essere causa di inquinamento delle medesime o comunque dannoso alle loro proprietà igieniche. La Concessionaria dovrà provvedere a che siano mantenuti i diritti d'acqua per irrigazione, comunque precostituiti e ciò con la costruzione delle opere necessarie e nel modo esposto nella relazione tecnica di progetto e secondo le opere che verranno incluse nel progetto esecutivo, previi gli opportuni accordi colle Ditte interessate, sollevando l'Amministrazione da qualunque molestia le dovesse derivare ».

(Come al n. precedente, *Boll. Min. LL. PP.*, 1930, pag. 1667).

179 – *Concessione idroelettrica - Concorrenza fra una domanda di variante a concessione già esistente e altra nuova utilizzazione.*

Ove sia in atto una concessione di derivazione a scopo industriale e il titolare relativo proponga varianti atte ad aumentare la utilizzazione e ove tali varianti siano state, per privati accordi e prima del relativo provvedimento amministrativo di concessione affidate per l'esecuzione a un terzo, non può questi, per successivi dissensi intervenuti, far propria l'istanza di concessione della derivazione, secondo le predette varianti.

D. R. 6 gennaio 1931. Soc. Molini Albani. Derivazione dal Metauro. Parere Cons. Sup. delle Acque, nov. 1922, n. 652. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, pag. 1686).

180 – *Sanatoria per opere variante il decreto di concessione idroelettrica - Non sussidiabilità dell'opere nuove ma non sostanzialmente innovatrici.*

Può essere concessa sanatoria di varianti apportate al progetto di derivazione idroelettrica in confronto all'originaria concessione anche in occasione di proroga al termine d'esecuzione.

Le nuove opere contemplate nella variante non possono però essere ammesse al sussidio del D. R. 2 ott. 1919, n. 1995 se le varianti apportate all'esistente derivazione non sono sostanziali, e ciò in conformità del D. M. 16 agosto 1920 par. VI, capoverso 2°, ipotesi 1ª.

D. R. 18 luglio 1930. Soc. Molini Alta Italia. Derivazione dalla Dora Riparia (Prov. di Torino). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 1738 del 15 giugno 1929. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, pag. 121).

A. G.

NOTE E RIASSUNTI

CONSIDERAZIONI CRITICHE SUL MODERNO SVILUPPO DELLE DIGHE A GRAVITA'

Der Bauingenieur, 20 marzo 1931. – F. TÖLKE.

In questi ultimi anni nelle dighe a gravità, l'impiego del calcestruzzo ha soverchiato quello della pietra e, benchè le dighe stesse abbiano praticamente di poco modificato il loro aspetto esterno, esse in compenso hanno subito delle sostanziali modificazioni intrinseche.

Considerando la sezione trasversale di una diga a gravità soggetta ad un carico idrostatico massimo h e ad una sottopressione massima uh vicino al paramento a monte e nulla

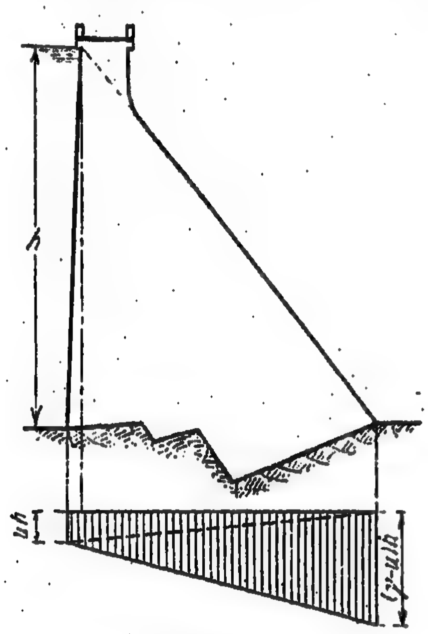


Fig. 1.

in quello a valle, risulterebbe, colla regola del trapezio e ammettendo di bilanciare la sottopressione col peso della muratura (fig. 1) un angolo β al vertice della diga tale da essere

$$\text{arctg} \, . \, \beta = \sqrt{\frac{1}{\gamma - u}}$$

dove γ è il peso specifico della muratura.

Il problema sta nel fissare il valore di u. In Isvizzera ed in Ispagna si pone senz'altro $u = 1$, riducendone il valore del 25% soltanto in caso di terreno di fondazioni eccezionalmente favorevole. Quindi risulterà in tali casi

per $u = 1$ e $\gamma = 2{,}3$ t/m³: $tg\ \beta = 0{,}88$
» $u = 0{,}75$ $\gamma = 2{,}3$ » : $tg\ \beta = 0{,}80$

Osservando le più recenti costruzioni di dighe eseguite in Ispagna si osserva anzitutto che predomina il concetto di adottare $u = 1$ ed in secondo luogo di costruire il paramento a monte verticalmente. Cosa questa ultima giustificata dal fatto che le sollecitazioni di trazione che intervengono a serbatoio vuoto non corrispondono a quelle determinabili colla regola del trapezio, rimanendo esse al di sotto di tali valori.

Del resto anche ammettendo di attenersi ai risultati di tale regola, questi sforzi sono così modesti da non richiedere soverchie preoccupazioni in proposito.

Sempre nelle dighe a gravità spagnuole si osserva il fatto che la composizione del calcestruzzo nel paramento a monte e, talvolta anche in quello a valle, ha un dosaggio maggiore di cemento per diminuirne la porosità. Questo fatto è vantaggioso per la impermeabilità ma non bisogna dimenticare che esso può causare delle maggiori variazioni di volume coll'oscillare della temperatura e conseguentemente dar luogo a delle lesionature. Un accorgimento migliore è quello di ottenere la impermeabilità della massa lavorando con molta cura il calcestruzzo nel quale accanto alla ghiaia grossa abbondi la sabbia finissima (farina di pietrame o trass). In tal modo anche con dosaggio basso di cemento si sono ottenuti dei calcestruzzo praticamente impermeabili (150 kg/m³ di cemento nella diga Bull-Run negli U. S. A.)

In Italia, dove negli ultimi 15 anni si sono costruite più dighe che in tutti gli altri stati europei, per quanto concerne lo studio delle fondazione e la determinazione delle sottopressioni idrauliche si fanno tre distinzioni di terreni:

a) Rocce compatte impermeabili.
b) Rocce compatte e impermeabili con fratture.
c) Rocce fratturate.

Allora per dighe fino a 25 m si prescrive ($\gamma = 2{,}3$ t/m³)

con terreno di fondazione *a*): $u = 1/2$ e $tg\ \beta = 0{,}71$
» » » » *b*): $u = 1/2$ » » $= 0{,}75$
» » » » *c*): $u = 1$ » » $= 0{,}88$

Per dighe dai 25 ai 50 m di pressione idrostatica a monte

con terreno di fondazione *a*): $u = 1/2$ $tg.\ \beta = 0{,}75$
» » » » *b*): $u = 3/4$ » » $= 0{,}80$
» » » » *c*): $u = 1$ » » $= 0{,}88$

Per dighe con pressione idrostatica a monte superiore ai 50 m

con terreno di fondazione *a*): $u = 3/4$ $tg.\ \beta = 0{,}78$
» » » » *b*): $u = 1$ » » $= 0{,}88$
» » » » *c*): (non si consente la costruzione)

Siccome il tipo di terreno di fondazione a è assai raro, così si vede come anche in Italia il valore di u sia prossimo all'unità nella maggioranza dei casi.

In Germania queste prescrizioni sono considerate assolutamente eccessive, tanto più che esse non escludono nelle costruzioni italiane quelle opere di iniezioni, consolidamenti e drenaggi che spesso difettano nelle dighe spagnole. Va poi osservato che secondo l'Hoffmann la presenza di drenaggi serve a diminuire notevolmente l'azione della sottopressione. Detta infatti b la distanza di questi drenaggi dal paramento a monte, h la massima pressione idrostatica, $2a$ la distanza tra due tubi di drenaggio contigui e r_0 il loro raggio, il diagramma delle sottopressioni assume l'andamento indicato nella fig. 2 con linea

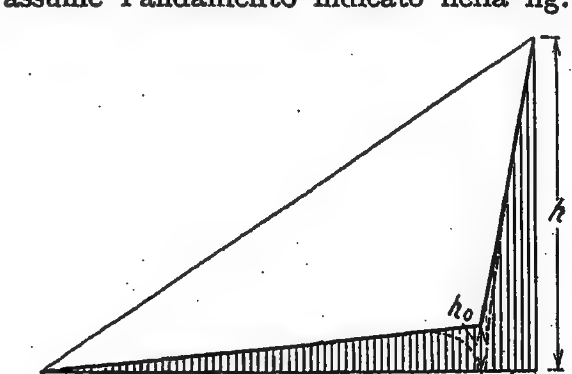


Fig. 2.

punteggiata. Per poterlo costruire praticamente, bisogna determinare la ordinata h_0 che, secondo l'Hoffmann, è data da

$$h_0 = \frac{h}{1 + \dfrac{\pi b}{a \log_n \dfrac{a}{\pi r_0}}}$$

Nel caso della diga italiana di Suviana delle FF. SS. risulterebbe essere ($b = 7$ m, $2a = 6m$ $r_0 = 0{,}35$ m)

$$h_0 = 0{,}12\ h$$

quindi pari a circa un decimo del valore col quale se ne è eseguito il calcolo di stabilità.

Anche in Francia oggigiorno si è ritenuto eccessivo il coefficiente $u = 1$. Così nella costruenda diga di Chambon, alta 120 m, si è posto $tg\,\beta = 0{,}75$ e si sono ridotte le gallerie di ispezione dei drenaggi a due sole. In compenso il drenaggio venne esteso

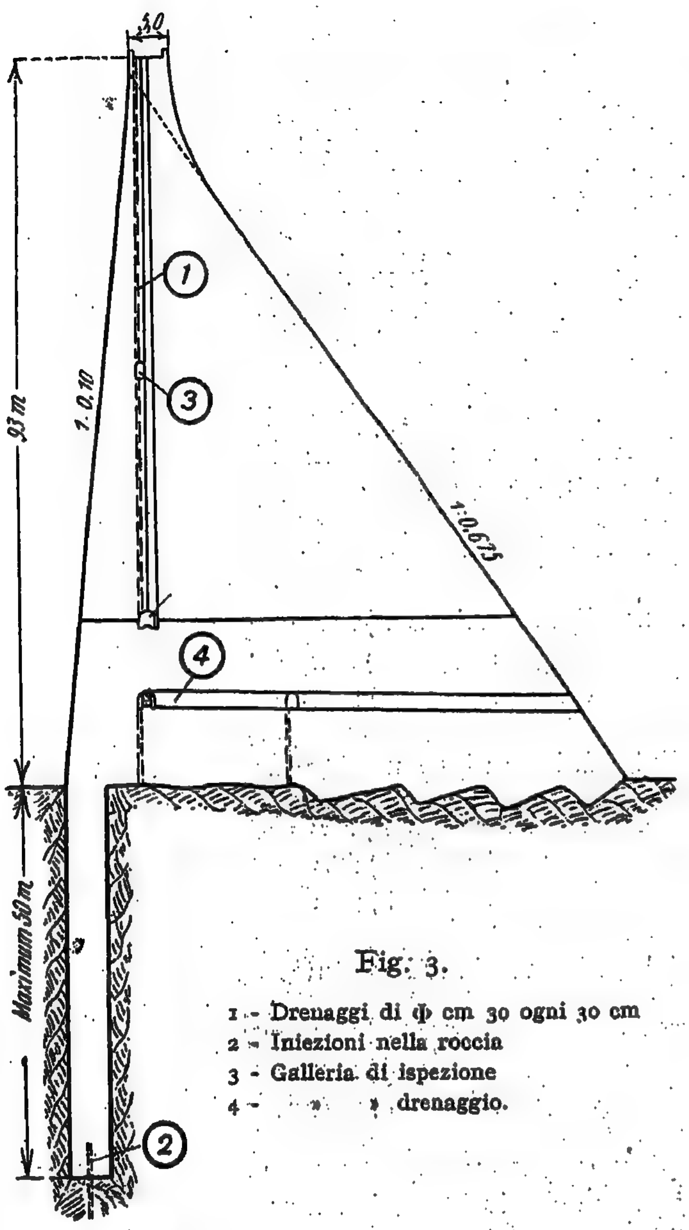


Fig. 3.

1 - Drenaggi di Φ cm 30 ogni 30 cm
2 - Iniezioni nella roccia
3 - Galleria di ispezione
4 - » » drenaggio.

anche alla roccia di fondazione già preventivamente ed abbondantemente iniettata con cemento in pressione. Per quanto riguarda le sottopressioni si può considerare questa diga come costituita di due parti: quella a monte dei drenaggi che è soggetta ad una sottospinta variabile da un massimo a zero e quella a valle che ne è priva.

Interessante a tale proposito è pure la sezione della diga Oued-Fodda in Algeria (fig. 3) dove i drenaggi raggiungono quasi il vertice del manufatto. Siccome in questo caso il terreno di fondazione è costituito da un calcare permeabile, si è dovuto eseguire un profondo taglione a monte e iniettare poi la parte sottostante con cemento e boiacche di argilla e silice. Tanto questa diga come quella di Chambon sono assolutamente stabili anche dal punto di vista delle norme tedesche avendosi in esse secondo l'Hoffmann

$$h_0 = 0{,}069\ h$$

In alcuni casi può interessare di conoscere il valore di $2a$ per cui a valle dei drenaggi la sottopressione sia praticamente nulla. A tale scopo basterà porre nella formula (1)

$$\frac{a}{\pi r_0} = 1$$

il che vuol dire che si raggiunge la condizione voluta quando sia $a = \pi r_0$. Va notato però che non sempre tale condizione è economicamente conveniente. In generale poi per evitare di avere infiltrazioni è bene tenere i drenaggi non troppo vicini al paramento a monte. Non bisogna però dimenticare che in tal modo, nel tratto compreso tra quest'ultimo e la rete dei drenaggi può rendersi attiva una sottopressione considerevole.

Nelle costruzioni tedesche i drenaggi hanno più che altro una funzione di controllo e normalmente l'angolo γ viene fissato in base alle formole di Fecht e Luck

$$tg\,.\,\beta = \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma^2 - 1}} \qquad (2)$$

che è stata ricavata ammettendo di avere una pressione massima sulla fondazione a valle a serbatoio pieno equivalente a quella a monte a serbatoio vuoto. Si presuppone inoltre una distribuzione lineare (diagramma triangolare) delle pressioni sul fondo e nessuna coesione tra la roccia e la muratura per gli sforzi di trazione. Con questa ipotesi è stata studiata ad esempio la diga di Schwarza nella quale esistono anche dei drenaggi sulla fondazione non solo verticali ma anche orizzontali e tali che per essi risulti secondo Hoffmann

$$h_0 = 0{,}37\ h$$

In generale poi, per eliminare le infiltrazioni può essere interessante l'accorgimento adottato per la diga Bleiloch (Turingia) ove si desiderava avere la parte a valle dei dispositivi di drenaggio, perfettamente asciutta. A tale scopo si sono previsti dei cunicoli verticali a sezione rettangolare (fig. 4*a* e *b*)

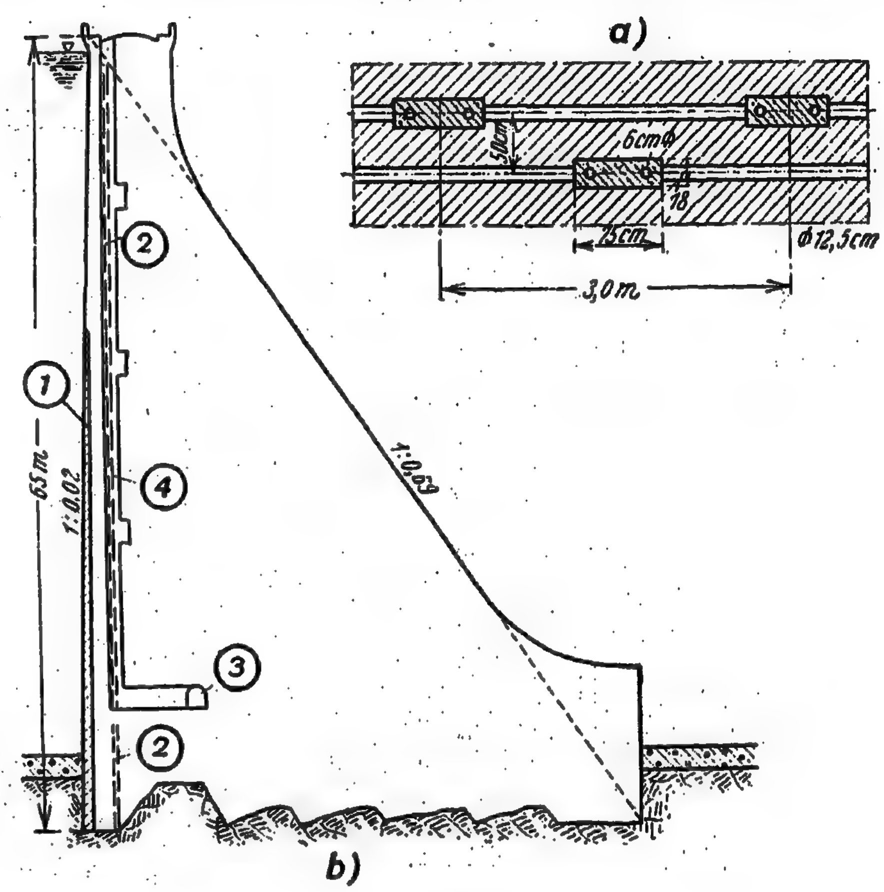


Fig. 4.

1 - Intonaco in cemento
2 - Drenaggio secondo la fig. 4a
3 - Cunicolo di ispezione e di drenaggio
4 - Cunicolo di ispezione
5 - Calcestruzzo poroso.

riempiti di calcestruzzo molto poroso nel quale sono ricavati due tubi di 6 cm di diametro. Questi cunicoli sono poi collegati con dei tubi orizzontali di 17,5 cm di diametro ed il complesso è situato in due piani verticali distanti 50 cm tra di loro in modo che i tubi di un piano sono sfalsati rispetto a quelli situati nell'altro. Per calcolare il valore di h_0 in questo caso, basta supporre che nella diga esistano dei cunicoli verticali a sezione circolare di 21 cm di diametro, dimensione quest'ultima che equivale a quella dei drenaggi realmente esistenti. Inoltre si può supporre

$$2a = 1{,}5 \text{ m}$$

dato che questa è la reale distanza fra due cunicoli verticali sfalsati.

Risulta allora essere

$$h_0 = 0{,}012\ h$$

ossia praticamente trascurabile.

È bene notare che una riduzione della sottopressione tale da raggiungere il 5÷10% di quella originale è più che sufficiente nella maggior parte dei casi.

Osservando poi la formula (1) si nota che si ha maggior profitto a diminuire la distanza fra due drenaggi verticali contigui, che non aumentando la sezione di questi. Quindi si trovano in genere eccessive le dimensioni dei canali previsti nella diga di Suviana e si crede di poter consigliare come diametro di tali cunicoli un valore compreso fra i 15 cm ed i 40 cm come minimo e massimo rispettivamente.

Sempre allo scopo di dare uno sguardo generale alla situazione si può osservare a questo punto che nella diga di Bull-Run (U. S. A.) (fig. 5) dove esistono drenaggi di 7,5 cm di diametro, si incontrarono delle notevoli difficoltà nella loro posa in opera.

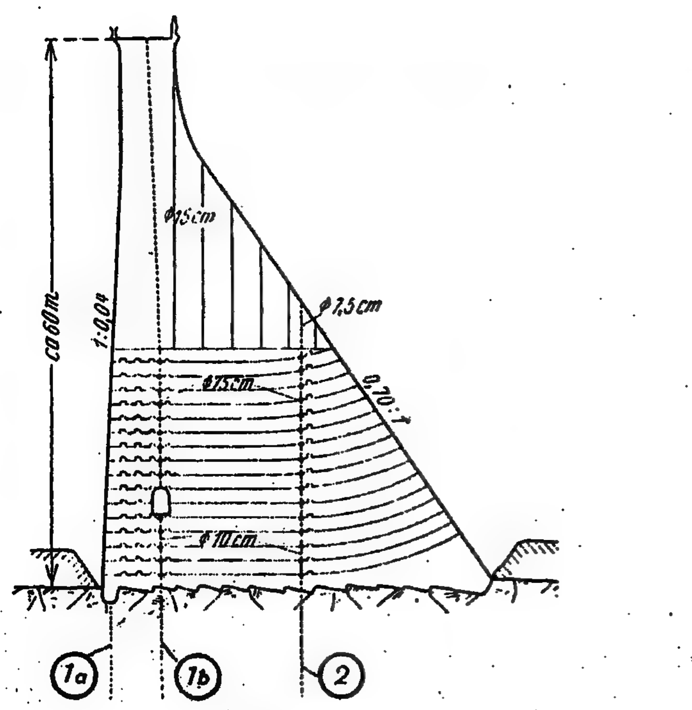


Fig. 5.

1 - Fori di 5 cm di Φ con 3 m di interasse e 15 m di profondità
a) per iniezioni b) per drenaggi
2 - Fori di 5 cm di Φ con m 7,50 di interasse, per drenaggio.

In quest'ultima diga i giunti orizzontali sono previsti con incastri a denti per ostacolare il passaggio all'acqua di infiltrazione e le dimensioni complessive del manufatto sono assai vicine a quelle dello sbarramento di Schwarza e a quello di Chambon. Differentissime sono invece in questi tre sbarramenti le precauzioni dal punto di vista delle sottopressioni: mentre nella diga di Schwarza ai drenaggi si è data scarsa importanza, in quella di Chambon essi costituiscono un fattore essenziale ai quali, teoricamente, è affidata la stabilità del manufatto. Nella diga di Bull-Run si è addirittura giudicato insufficiente un solo ordine di drenaggi e se ne è situato un secondo più a valle. Inoltre questa diga è stata munita di giunti orizzontali di ripresa con incastri a dente con andamento prossimo a quello delle massime sollecitazioni. Le ipotesi adottate per il calcolo di quest'ultima diga hanno trovato largo credito in Francia; esse considerano la sottopressione massima al paramento a monte pari a quella idrostatica e suppongono una sua distribuzione triangolare con valore nullo in prossimità dei drenaggi. La sezione della diga viene poi calcolata in modo che la massima pressione idrostatica a serbatoio pieno, sia sufficiente a equilibrare detta sottopressione.

Va notato che le precauzioni un po' eccessive adottate in questa diga stanno poi in forte contrasto con i progetti delle dighe Don Pedro (85 m di altezza e ultimata nel 1923) ove $tg\ \beta = 0{,}62$ e di Exchequer (100 m di altezza e ultimata nel 1926) ove la $tg\ \beta$ arriva a solo 0,63. In queste costruzioni non si è menomamente tenuto conto delle sottopressioni, pur riducendo i drenaggi ad uno sviluppo assai deficienti.

Un estremo opposto è stato invece raggiunto nelle dighe di St. Gabriel (150 m) con $tg\ .\ \beta = 0{,}83$ e nella diga di Hoover (221 m) con $tg\ \beta = 0{,}89$ ove nonostante risultasse (fig. 6)

$$h_0 = 0{,}013\ h$$

essendo $2a = 3\text{m}$ $b = 24$ m e $r_0 = 0{,}25$.

si è creduto opportuno considerare una sottopressione al 100% secondo Levy.

Per quello che riguarda l'andamento planimetrico delle dighe a gravità va notato che mentre in quelle in pietrame la forma arcuata può dare un indubbio valore alla stabilità laddove le condizioni geologiche permettono un sicuro appoggio delle spalle, nelle dighe in calcestruzzo tale contributo è problematico. Infatti le contrazioni dei giunti sono tali da impedire il contrasto dei cunei, potendo esso avvenire solo dopo un esauriente sigillatura con cemento in pressione oppure, in caso catastrofico, dopo uno slittamento della diga sulle fondazioni. Questo ultimo caso dovrebbe allora rappresentare una estrema riserva di sicurezza: è però inopportuno fare assegnamento su una simile garanzia per una opera destinata a durare dei secoli e che involge ingenti responsabilità finanziarie e morali.

Nelle nuove costruzioni tedesche si provvedono le fondazioni delle dighe a gravità di apparecchi registratori delle sottopressioni. E questi hanno mostrato in alcuni casi (diga di Schwarzenbach ad esempio) la presenza di notevolissimi sforzi di trazione tra roccia e calcestruzzo tale da impedirne la aderenza monolitica. È per questo che il procedimento di collegare la fondazione colla sottostante roccia deve essere preso seriamente in considerazione. In America di solito si fanno fori di 7,5 cm alla distanza di m 1,50 l'uno dall'altro per servire a questo scopo.

Negli Stati Uniti, la grande diffusione delle dighe ad arco portò con se il fatto che, in alcuni casi si tentasse di estendere il tipo di giunti studiati per queste ultime, anche per le dighe a gravità a fronte arquata. In queste ultime, come già si disse, se si vuole che la conformazione della pianta abbia effetto sulla stabilità bisogna che i giunti siano abbondantemente iniettati con boiacca di cemento. Inoltre è bene che i giunti stessi siano muniti di incastri a denti in modo da garantire una migliore aderenza dei conci. Nella diga di Pardee (110 m, raggio di curvatura m 370, $tg\ \beta = 0{,}66$) si sono lasciati dei fori a sezione di un settore circolare nei singoli incastri per poterli poi iniettare con cemento in pressione, a completo ritiro avvenuto della massa di calcestruzzo. In questa costruzione, in considerazione del contributo dell'arco, si è tenuto conto di una sottopressione di solo il 10% di quella massima.

Invece nella diga di Owyhee (123 m, raggio di curvatura 152 m, $\gamma = 0{,}626$) data la maggior curvatura del manufatto, si è creduto opportuno considerare lo sbarramento sotto due punti di vista: come struttura ad arco, attribuendogli i 3/4 delle sollecitazioni attive totali e come diga a gravità che debba resistere al rimanente 1/4 di sforzi agenti. Siccome l'azione dell'arco è preponderante, si è progettato di eseguire le iniezioni di cemento nei giunti solo a serbatoio completamente invasato, quindi a costruzione sotto carico. Per il calcolo di questa diga si è ricorso al metodo indicato dal Ritter che consiste nel calcolare per successive approssimazioni una distribuzione di carico sull'arco ideale passante orizzontalmente per un punto qualsiasi della diga e sulla trave verticale pure ideale incastrata alla base e passante per il detto punto, in modo che per effetto dei carichi entrambi gli ordini di struttura in cui si suppone scomposta la diga, abbiano un identico cedimento. Nel caso della diga Owyhee si riscontrava nel calcolo solo un divario

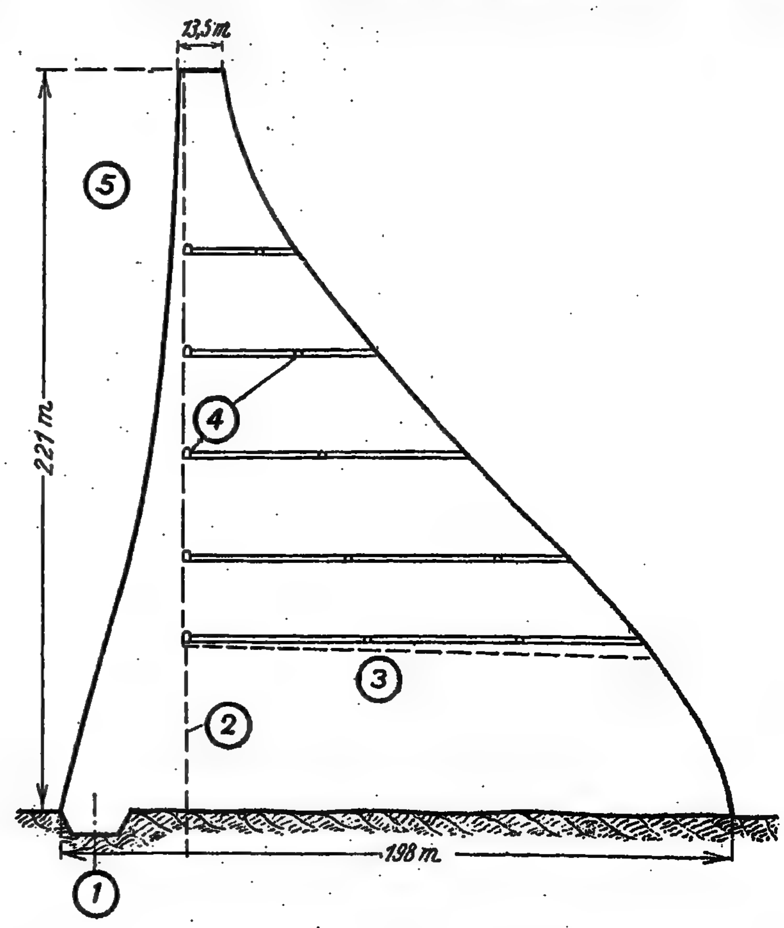


Fig. 6.

1 - Fori per iniezioni a m 1,50 di interasse
2 - Drenaggi di 9 cm di Φ a m 1,50 di interasse
3 - Drenaggi a collettori
4 - Cunicoli di ispezione
5 - Drenaggi di 50 cm con 3 m di interasse.

teorico medio del 2% del cedimento di un ordine statico rispetto all'altro. Va ricordato a questo proposito che nel progetto della menzionata diga si era anche tenuto conto dei cedimenti della roccia su cui essa era fondata e si erano anzi determinati il suo modulo di elasticità (600.000 kg/cm^2), il carico di rottura (630 kg/cm^2) e la costante di Poisson ($m = 4{,}3$). Le fondazioni

di questa diga sono state spinte a 50 m di profondità dalla superficie del terreno originale, modificando in tal modo il primitivo disegno di progetto che prevedeva solo un taglione a monte di tale profondità ed in ciò si deve vedere una maggior pendenza consigliata in seguito al disastro della diga St. Francis.

Riassumendo si può notare che la pianta arcuata di una diga, quando le condizioni geologiche del terreno permettano un sicuro appoggio delle spalle e quando i giunti vengano poi chiusi accuratamente con cemento in pressione, portano senz'altro ad un risparmio di muratura. Ad ogni modo anche in questi casi non si dovrebbe però mai scendere al di sotto di $tg\,.\,\beta = 0{,}66$.

Dal punto di vista della distanza da dare a due successivi giunti di dilatazione è bene notare che a forti escursioni esterne della temperatura, corrispondono nella massa della diga delle variazioni termiche molto minori. Si possono citare a questo proposito le osservazioni fatte alla diga di Gelmersee (Svizzera) dove a variazioni esterne di 70° si sono riscontrate nell'interno del calcestruzzo, ad 1 m di distanza dai paramenti, solo il 12% di tali variazioni. In questa diga i giunti posti a m 22 l'uno dall'altro risultarono ad ogni modo eccessivamente distanziati data la successiva formazione di varie lesionature trasversali che si sono riscontrate durante l'esercizio.

In genere, questo tipo di lesionatura non influisce tanto sulla stabilità quanto sulla impermeabilità della diga stessa. Più pericolose sono le fessure longitudinali che è bene evitare mediante un opportuno dosaggio del calcestruzzo, un attento impasto ed una accurata maturazione. Queste lesionature infatti disturbano la distribuzione delle linee di forza e possono alterare le condizioni di lavoro del manufatto.

Interessante sotto questo aspetto è la erezione della diga Hoover avente uno spessore alla base di m 195. Dalla fig. 7 se ne vedono i dettagli costruttivi. Tanto i fori verticali, come quelli orizzontali destinati alle iniezioni vengono riempiti ogni 30 m di sopraelevazione del costruendo manufatto. La gettata avviene in blocchi quadrati di m 15 × 15 con giunti di ripresa a denti. Degna di nota è la disposizione dei tubi di raffreddamento di 5 cm di diametro che, con una portata di lt. 7900 di acqua al primo, sono destinati ad abbassare la temperatura da 8½° a 4 ½ al minuto (La lunghezza complessiva di detti tubi è di 240 km). Per la gettata di questa diga sono state poi prescritte speciali avvertenze: anzitutto i blocchi contigui devono essere gettati in modo da non raggiungere la stessa altezza onde garantire un miglior incastro alla parte sovrastante, poi i giunti di ripresa orizzontali devono essere a m 1,50 l'uno dall'altro, e ogni strato deve essere gettato in 72 ore circa; infine per ciascun blocco si devono superare i m 10,50 al mese di gettata in altezza.

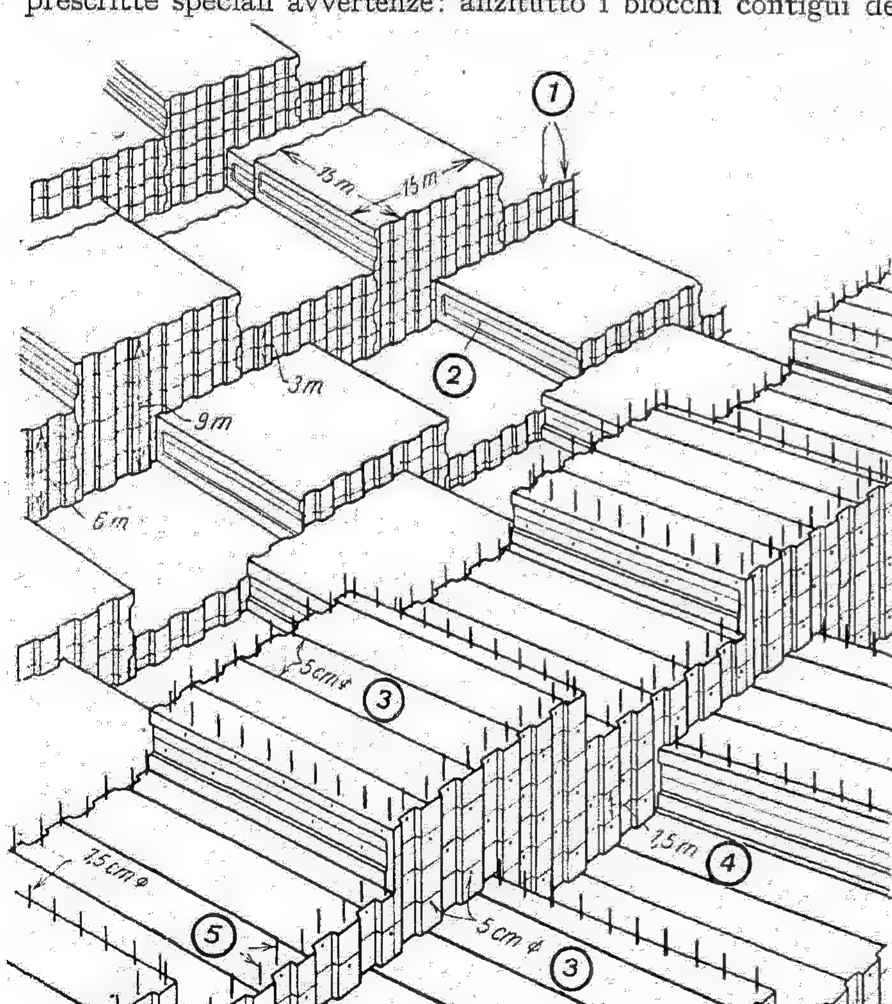


Fig. 7.

1 - Fughe radiali dentate
2 - » longitudinali
3 - Tubi di raffreddamento
4 - Giunti di ripresa
5 - Fori di iniezione.

Riepilogando dunque i concetti esposti si può notare che a tutt'oggi mentre per dighe di altezza inferiore ai 60 m esiste una discreta uniformità di vedute, per sbarramenti di altezza maggiore si nutrono ancora molte incertezze che dovranno essere eliminati con una coerente disamina dei fenomeni registrati sulle costruzioni esistenti. Va ad ogni modo segnalata la superfluità di certe precauzioni che necessiterebbero la coesistenza di fatti non facilmente concomitanti, come ad esempio nel caso della diga di Hoover dove si è considerata una sottopressione al 100% secondo Levy, si è data una pianta fortemente arcuata alla diga, si è munito il manufatto di una abbondante rete di drenaggi, di fughe radiali e longitudinali e dove infine si è ricorso agli accorgimenti più raffinati della tecnica moderna per un collegamento compatto dei singoli blocchi delle gettate.

G. R. M.

L'AUTOMATIZZAZIONE DELLE CENTRALI IDROELETTRICHE

E. u. M., N. 12, 22 marzo 1931, pag. 213-223. - K. Piche.

Il processo di automatizzazione degli impianti elettrici andò sviluppandosi grado a grado ed ebbe inizio parecchi anni avanti che entrasse in servizio la prima centrale completamente automatica. Si incominciò con l'installazione di apparecchi di controllo-orologi, indicatori di interruzione d'acqua, misuratori di deflusso dell'olio, voltmetri e termometri registratori, ecc. allo scopo di costringere il personale ad eseguire periodicamente determinate misure e comandi e di richiamare l'attenzione di questo al sopravvenire di perturbazioni atte a costituire un pericolo per la sicurezza del macchinario e degli impianti. Regolatori automatici di velocità per le turbine e regolatori automatici di tensione per i generatori si resero in seguito opportuni per mantenere costante la frequenza e la tensione dell'energia generata, indipendentemente dalle manovre del personale. Relais di protezione contro i corto circuiti oppure appositi regolatori furono tosto impiegati per la diseccitazione degli alternatori, mentre appositi termometri indicatori vennero montati in determinate parti delle macchine per segnalare eventuali sovra temperature eccessive ed inammissibili.

Tutti questi accorgimenti miravano, da un lato, ad accrescere la sicurezza di esercizio degli impianti, e dall'altro, ad economizzare nelle spese di sorveglianza e di servizio.

Il fattore economico riveste un carattere di particolare importanza per i piccoli impianti, situati in località montagnose e poco accessibili. La necessità di mantenere il personale in queste piccole centrali di montagna comporta un onere annuo sproporzionato, talvolta, all'importanza della centrale, mentre il fabbricato di essa, dovendo soddisfare alle esigenze di una abitazione, viene a perdere le caratteristiche di semplicità e di economia.

I primi esperimenti di impianti elettrici autonomi — sottostazioni e centrali — furono fatti in America. Si ritenne, dapprima, che le condizioni di esercizio delle reti americane fossero troppo diverse da quelle delle reti europee per poter trarre qualche insegnamento dall'esperienza fatta in America. Soltanto quando si generalizzò anche in Europa la persuasione che la messa in servizio di una centrale automatica non è necessariamente vincolata a colpi di corrente e che l'esercizio automatico di esso può esser fatto senza pericolo per le macchine e gli apparecchi, si accentuò la tendenza a costruire impianti completamente automatici. Alla prima centrale automatica europea, quella di Göschenen in Svizzera, costruita nel 1922, seguirono così dopo qualche anno, altri impianti dello stesso tipo.

Allo scopo di colmare una lacuna nella letteratura tecnica, l'A. riferendosi principalmente agli impianti eseguiti in Austria, espone la singolarità degli apparecchi impiegati, le esigenze a cui devono soddisfare, le possibilità di esecuzione e i criteri direttivi per la scelta dei comandi automatici in sede di progetto.

1. Gli apparecchi più importanti.

Fra questi è da considerare in primo luogo il *regolatore automatico di tensione*, che regola al giusto valore la tensione del generatore prima della sua inserzione sulla rete ed influisce sull'eccitazione della macchina al variare del carico. Esso viene anche impiegato per regolare il fattore di potenza.

La protezione delle macchine viene affidata ai *relais a massima corrente* ed ai *regolatori di protezione contro le sovracorrenti*. Questi ultimi provvedono alla diseccitazione degli alternatori

in caso di sovraccarichi o di cortocircuiti, ed alla rieccitazione di essi quando il sovraccarico od il cortocircuito sono scomparsi. Soltanto quando questi ultimi permangono e la diseccitazione non è sufficiente a mantenere la corrente in limiti determinati, intervengono i relais a massima corrente. Questi ultimi vengono tarati generalmente per scatto ritardato. Per la protezione contro i sovraccarichi vengono impiegati anche i *relais termici* che agiscono in funzione della temperatura delle parti della macchina protetta e consentono la migliore utilizzazione di essa. *Relais a ritorno d'energia, relais differenziali, relais di terra, relais a massima tensione, ecc.* proteggono gli impianti contro difetti interni alle macchine rotanti ed ai trasformatori. Apparecchi automatici di *sincronizzazione* e di *messa in parallelo* agiscono rispettivamente sul regolatore delle turbine e sul comando elettrico degli interruttori in olio in modo da effettuare a tempo opportuno l'inserzione dei gruppi sulla rete e la loro messa in parallelo con le unità già inserite.

Oltre ai *relais ausiliari, contattori,* relais *intermediari,* ecc., necessari all'esecuzione dei comandi automatici si hanno *i termometri a contatti sui cuscinetti,* gli *indicatori di pressione d'olio; gli apparecchi di sicurezza contro la rottura delle cinghie ; motori e contatti* ausiliari che agiscono elettricamente e meccanicamente sugli organi di avviamento o di regolazione delle turbine.

Tutti i relais e gli apparecchi elettrici che disimpegnano l'automatismo devono essere alimentati da una sorgente ausiliaria di energia che può essere costituita da una batteria d'accumulatori o meglio da una dinamo montata direttamente sull'albero della turbina. L'esperienza ha dimostrato che l'impiego delle batterie negli impianti automatici riserva talvolta delle sorprese. Esse possono trovarsi infatti solfatate o scariche proprio quando necessita il loro intervento. L'impiego di una piccola dinamo è, quindi, preferibile.

Le successive manovre in un impianto automatico devono potersi effettuare secondo un ordine prestabilito. Sono pertanto necessari apparecchi a contatti che consentano un determinato comando soltanto se il precedente ha potuto essere effettuato.

I controller comandati a motore sono, perciò, poco adatti allo scopo.

2. Possibilità di esecuzione degli impianti idroelettrici automatici.

Ferma restando la condizione che l'esercizio di un impianto possa aver luogo senza la presenza continua di personale, diverse sono le possibilità di soddisfare ad essa con la scelta opportuna dell'automatismo. Quantunque, però, diverse siano le possibilità di esecuzione degli impianti, questi si possono dividere in tre categorie: *comandati a distanza, semiautomatici* e *totalmente automatici*.

Fra gli *impianti comandati a distanza* sono da considerare quelli per i quali tutti i comandi — avviamento, regolazione di tensione, sincronizzazione, messa in parallelo, regolazione del carico e della potenza reattiva, disinserzione, ecc. — sono effettuati da un'altra centrale sorvegliata oppure da un apposito posto di controllo esterno alla centrale. Al posto di comando sono segnalati: l'avvenuta esecuzione di tutti i comandi; le eventuali perturbazioni ed, all'occorrenza, le indicazioni degli strumenti di misura.

Quando si tratta di piccole distanze, il collegamento fra centrale e posto di comando e controllo viene realizzato mediante un cavo a più conduttori; per distanze maggiori si utilizzano le linee telefoniche o le linee di trasporto ad alta tensione in luogo degli appositi cavi di collegamento, ovvero si ricorre ai selettori, nella stazione di comando ed in quella comandata, i quali richiedono soltanto un numero molto limitato di conduttori.

Negli *impianti semiautomatici,* la messa in e fuori servizio delle macchine viene effettuata a mano: l'impianto viene poi lasciato a sè stesso e protetto con appositi dispositivi di sicurezza che limitano i sovraccarichi e disinseriscono i gruppi quando i disturbi all'esercizio hanno carattere permanente e pericoloso per le macchine. La messa fuori servizio della centrale dev'essere segnalata al centro di utilizzazione o in un altro posto sorvegliato quando la mancanza di tensione non può essere senz'altro avvertita. La natura della perturbazione viene segnalata sul quadro di manovra della centrale allo scopo di permettere al personale che interviene di individuare subito il punto difettoso della installazione. È necessario che l'impianto venga periodicamente controllato (una volta per settimana) da personale competente, anche se il servizio è regolare, allo scopo di prevenire eventuali perturbazioni.

Fra gli impianti automatici eseguiti in Austria l'A. ne ricorda alcuni che presentano qualche singolarità notevole.

La centrale di *Hallein,* dapprima equipaggiata con gruppi a corrente continua, venne in seguito trasformata per corrente alternata e corredata di apparecchiature automatiche per assicurare la maggior sicurezza di esercizio e la continuità dell'alimentazione nelle saline adiacenti alla località in cui si trova la centrale.

Le stesse condizioni hanno indotto ad automatizzare la centrale di *Lauffen,* per la quale la necessità di una sorveglianza continua avrebbe richiesto spese di esercizio eccessive e particolari adattamenti per l'alloggio al personale.

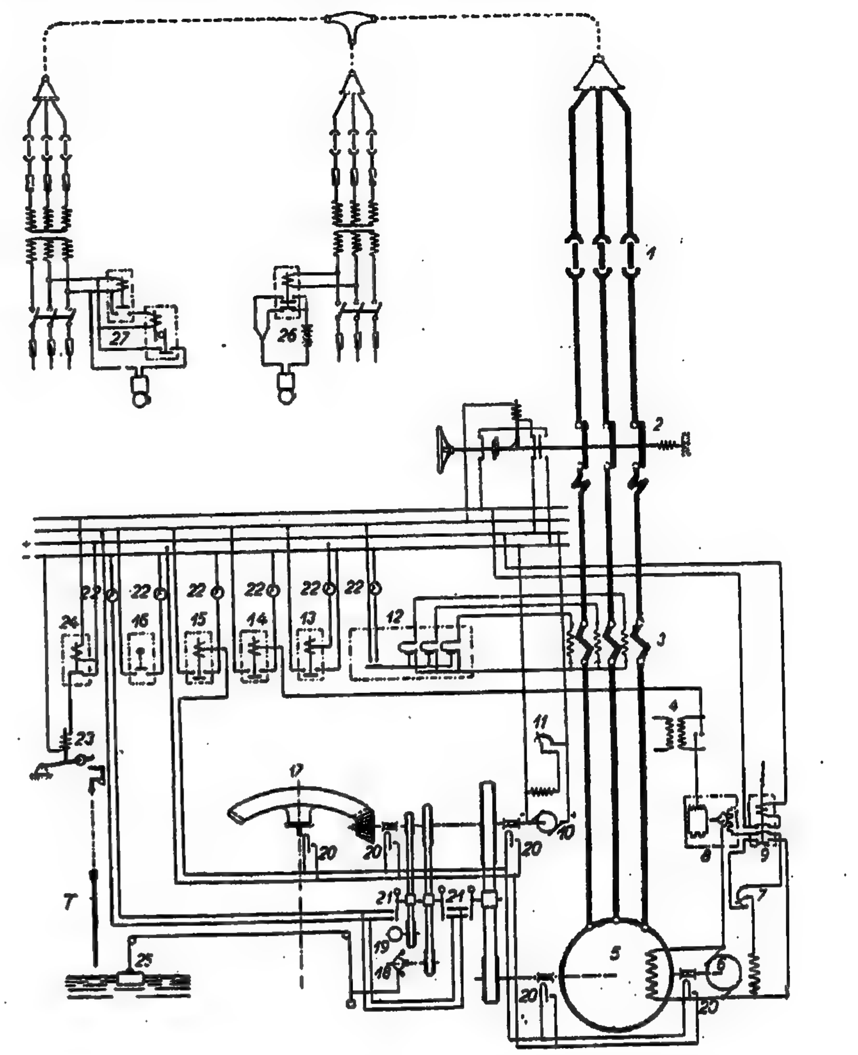


Fig. 1 - Schema della centrale semi-automatica di Lauffen.

Lo schema della centrale è rappresentato nella fig. 1 e indica i circuiti che realizzano il comando semiautomatico dell'impianto. In un primo centro di utilizzazione, situato a circa 2 km dalla centrale, è sistemata una suoneria alimentata da una batteria, la quale dà l'allarme quando viene meno la tensione d'alimentazione. Una seconda suoneria montata in un secondo centro di utilizzazione, attraverso ad un relais di frequenza, segnala una eventuale deficienza d'acqua nella centrale, in relazione alla richiesta di energia elettrica dalla rete. Una deficienza d'acqua provoca l'intervento di un galleggiante che agisce sul regolatore della turbina diminuendone la velocità e, quindi, facendo variare la frequenza della corrente erogata dal generatore.

Un terzo impianto semiautomatico è quello di *Jbbsitz* con un generatore da 220 kVA, 3000 V, accoppiato ad una turbina doppia a 300 giri/min. con regolatore centrifugo, dispositivi d'allarme per l'eventuale rottura delle cinghie che comandano il regolatore, termometro d'allarme, dinamo tachimetrica montata sul basamento dell'alternatore e da esso comandato mediante catena. L'apparecchiatura di questo impianto semiautomatico non differisce sostanzialmente da quella dei due impianti precedenti; è notevole un regolatore di sovraccorrente previsto in relazione alle necessità di far funzionare l'impianto automatico in parallelo con una centrale termica di riserva.

L'A. accenna poi ad un quarto impianto semiautomatico; quello di Wildalpen delle Officine Elettriche Viennesi.

Gli impianti *completamente automatici* sono caratterizzati dal fatto che essi, oltre ai vari dispositivi di protezione delle varie parti dell'installazione, sono provvisti anche degli apparecchi automatici di messa in o fuori servizio, di reinserzione e di regolazione del carico.

La messa in marcia e l'arresto delle unità della centrale possono essere effettuate automaticamente in funzione del livello dell'acqua, del carico degli altri gruppi oppure dietro comando di un interruttore orario a contatti, regolato in base ad un determinato programma di distribuzione. Tutte le manovre per la messa in marcia dei gruppi vengono effettuate successiva-

mente e gradualmente secondo un ordine prefissato. Al verificarsi di una perturbazione, i gruppi vengono disinseriti e tosto reinseriti per un determinato numero di volte per verificare automaticamente se la perturbazione ha carattere passeggero o permanente. Soltanto in quest'ultimo caso la centrale vien messa fuori servizio e bloccata e la rimessa in funzione non è più possibile fino a quando non è stata eliminata la perturbazione e non è stato sbloccato l'impianto.

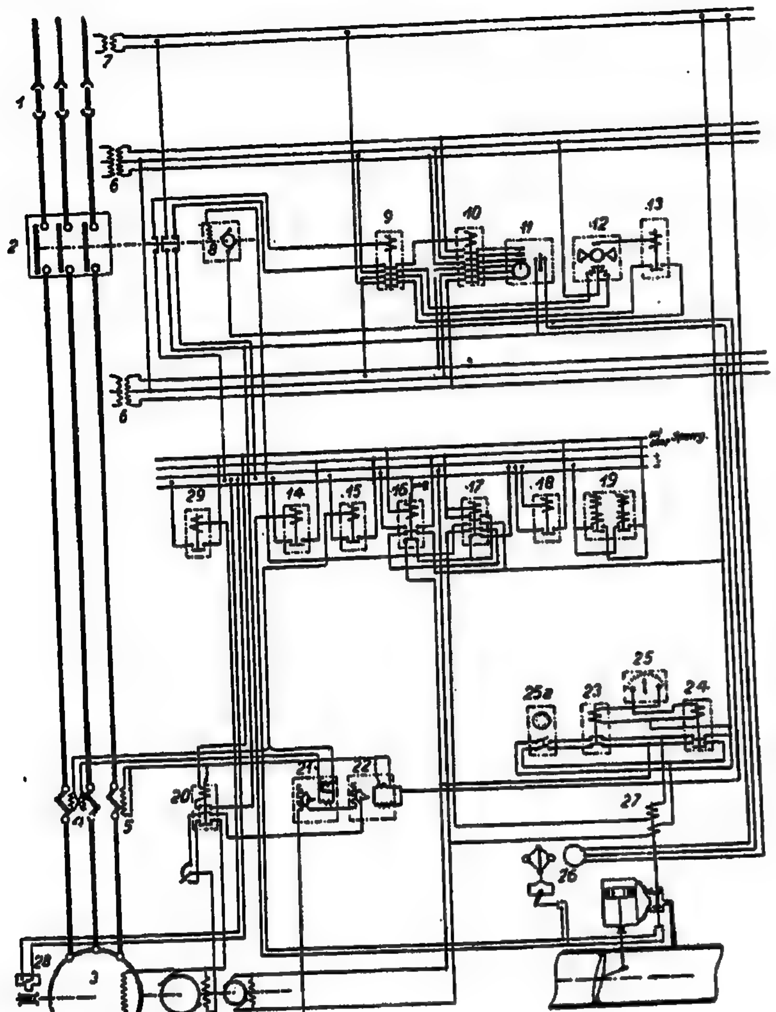


Fig. 2. - Schema di una centrale completamente automatica con generatore sincrono.

La fig. 2 rappresenta lo schema di un impianto completamente automatico nel quale la messa in e fuori servizio del gruppo generatore è regolata dal livello dell'acqua nel serbatoio della centrale. Lo schema rappresenta i circuiti dei principali comandi automatici.

3. Criteri per il progetto di un impianto automatico.

Il criterio fondamentale riflette la scelta del tipo di generatore: asincrono oppure sincrono. Col generatore asincrono si realizza una semplificazione dell'impianto perchè vengono meno la dinamo eccitatrice e gli organi di regolazione relativi. La tensione e la frequenza della rete vengono mantenute dalla centrale principale sincrona. Con opportuno dispositivo di sicurezza per evitare che, cessando il carico la turbina passi in velocità di fuga, si può rinunciare al regolatore di velocità di detta macchina. Uno schema di collegamento per impianto automatico con generatore asincrono è rappresentato nella fig. 3. Secondo questo schema la messa in servizio della centrale è ottenuta con la messa sotto tensione della linea trifase che collega l'impianto automatico alla centrale principale; con la disinserzione della linea, la centrale ausiliaria viene messa fuori servizio.

Di fronte ai vantaggi della semplicità e dell'economia di un impianto con generatore asincrono, vi sono gravi inconvenienti da considerare: l'impossibilità di far funzionare da sola la centrale asincrona che deve assorbire la corrente magnetizzante fornita da generatori sincroni; la necessità di tenere sempre in servizio almeno una macchina sincrona anche quando la potenza assorbita potrebbe essere fornita tutta dal generatore asincrono; il peggioramento del fattore di potenza dell'impianto, particolarmente ai bassi carichi e quindi, l'inopportunità di far funzionare le unità a carichi molto variabili; la limitazione della potenza della centrale asincrona per impedire che gli alternatori delle centrali sincrone, marcianti in parallelo, abbiano ad essere invertiti nel loro funzionamento, restando alimentati come motori dalle macchine asincrone.

Gli svantaggi sopra elencati non possono essere che apparentemente eliminati con qualche accorgimento: impiego di macchine asincrone sincronizzate; di macchine asincrone con eccitatrice trifase; di compensatori di fase. Con questi ripieghi si rinuncia alle prerogative più caratteristiche delle macchine asincrone: la semplicità, la facilità di manovra e l'economia d'impianto, mentre non si realizzano ancora i pregi degli alternatori sincroni che sono, in generale, le macchine da preferirsi per gli impianti automatici.

Il secondo problema che si impone nel progetto di un impianto automatico è la scelta del metodo di avviamento dei gruppi. L'avviamento può avvenire con manovra dal lato turbina seguita dalla semplice inserzione del generatore asincrono quando essa ha raggiunto la sua velocità sincrona oppure dalle operazioni di sincronizzazione e di parallelo per il generatore sincrono. Per avviare, invece, dal lato rete, i generatori asincroni, funzionando da motore, portano la relativa turbina scarica fino alla velocità sincrona dopo di che vengano aperti gli organi di deflusso dell'acqua nella turbina stessa. Gli alternatori sincroni sono avviati come motori asincroni per effetto delle correnti parassite nelle espansioni polari o nelle sbarre smorzatrici, eccitati e portati al sincronismo e commutati nella piena tensione.

Particolari accorgimenti devono essere presi nella scelta degli organi comandati dal regolatore di velocità, per l'avviamento e l'arresto dei gruppi.

Alla scelta delle turbine, dei generatori e del metodo di avviamento delle unità deve fare seguito una scelta razionale delle apparecchiature adatte per realizzare le condizioni di funziona-

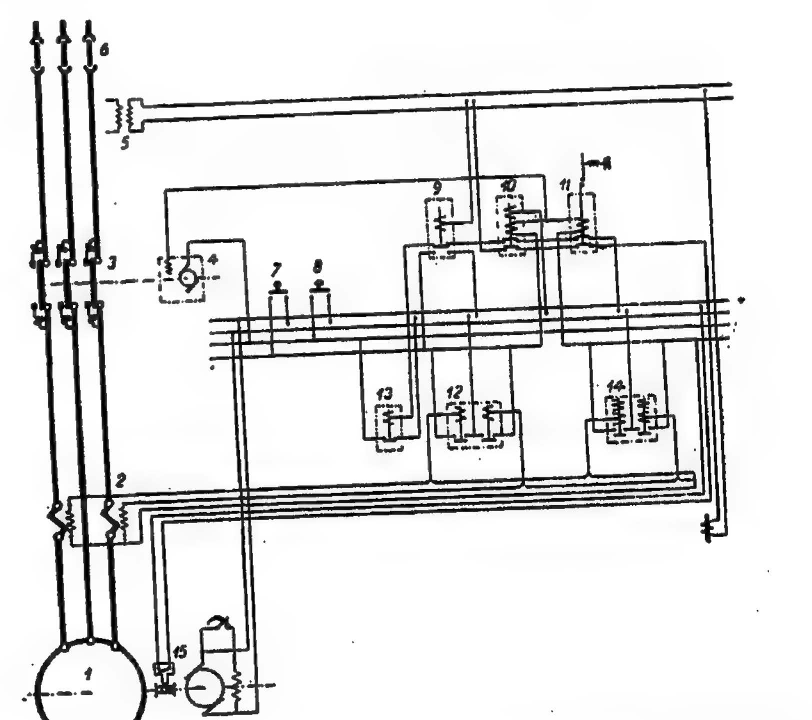


Fig. 3. - Schema di una centrale completamente automatica con generatore asincrono.

mento automatico che si adattano alla natura dell'impian ed all'esercizio di esso, senza introdurvi delle complicazioni in tili e costose.

Concludendo, l'A. ricorda come per tutti gli impianti auton tici si sia constatata la possibilità di ammortizzare in brev simo tempo le maggiori spese per l'automatismo, con le eco mie realizzate nel personale di sorveglianza. Questa consta zione deve indurre ad accentuare la costruzione delle cent automatiche specialmente là dove esse offrono la possibi di sfruttamenti redditizi di energia senza aggravio soverchio l'esercizio.

d. m

RASSEGNA TECNICA

a) L'IMPIANTO IDROELETTRICO DEI MONTI TAURI

Wasserkraft u. Wasserwirtschaft, 15 gennaio 1931. – W. Münch.

Il progetto studiato dalla A.E.G. di Berlino per lo sfruttamento idroelettrico della regione montuosa dei Tauri, si fonda su un concetto non del tutto nuovo, poichè esso era già stato adottato anche da qualche nostro progettista per alcuni impianti appenninici e successivamente dalla Società delle Forze idrauliche del Moncenisio per l'impianto del Moncenisio, ma che offre tuttavia un notevole interesse di carattere tecnico che merita di essere rilevato.

L'impianto dei Tauri, lungi dall'aver superata la fase di progetto per entrare in quella esecutiva, ha dato luogo a una serie di vivaci polemiche, che possono suddividersi in due categorie: quelle d'ordine tecnico per quanto concerne il progetto in sè e quelle di carattere idrologico. C'è poi una non meno vivace polemica di natura politica e di carattere economico agricola. Senza negare a questi ultimi due argomenti l'importanza che è loro dovuta, dal punto di vista tecnico hanno tuttavia maggior peso le discussioni che si riferiscono alla parte concettuale e che costituiscono, se non una novità assoluta, almeno una interessante manifestazione di avanguardia.

Il principio informatore dell'impianto idroelettrico dei Monti Tauri è stato quello di cercare di utilizzare tutte le risorse idrauliche della vastissima regione indicata nella figura 1, con poche centrali che accentrassero in sè tutta la potenza necessaria.

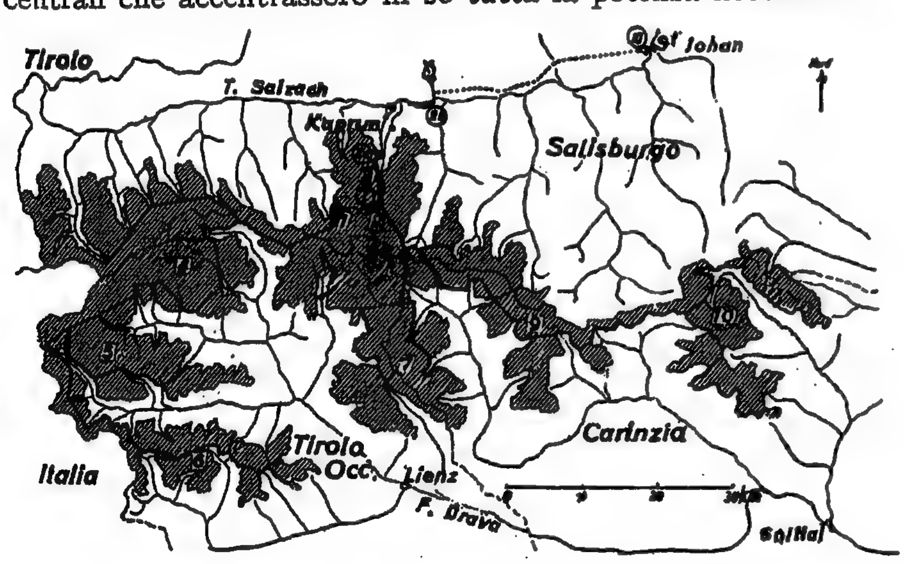


Fig. 1.

1. – Serb. Tauernmoosboden.
2. – » Mooserboden.
3. – Orglerboden.
4. – Gruppo Venediger.
5. – » Virgen-Gesoirge.
6. – Gruppo Defereggen.
7. – » Schober.
8. – » Glockner.
9. – » Sadnig.
10. – » Ancogen.

Il bacino imbrifero utilizzato è tutto superiore alla quota di m 2 100 s. l. m. ed ha uno sviluppo di 1600 kmq. Esso si svolge nel massiccio dei Tauri compreso tra Salzach e Drau, tra i monti Defereggen e il Krimmlertal, fino al massiccio dell'Hafner. Le cime più elevate che si trovano in esso sono quelle del Grossglockner (3 798 metri) e Gross-Venediger (3 660 m).

La particolarità di questo impianto consiste nel fatto che non sono previste delle vere e proprie prese sui singoli torrenti, ma bensì un sistema di canali di gronda che corrono lungo le falde dei monti alla quota di circa 2.100 metri, raccogliendo in essi tutto il tributo delle acque superficiali scorrenti sulle falde delle montagne. Canali di raccolta e gallerie servono poi a convogliare le portate dei singoli canali di gronda ai bacini di immagazzinamento.

Secondo i progettisti la quota compresa tra i 2000 metri e 2200 metri è la più propizia per simili canali di gronda; a tale altezza le valanghe e le frane avrebbero una minor importanza che non ad una quota più bassa.

Il progetto completo importerebbe uno sviluppo di 1200 km tra canali di gronda e gallerie, dei quali il 65 % sarebbe costituito da condotti d'acqua della sezione netta di soli 0,6÷1 m².

Il progetto prevede la creazione di due grandi serbatoi: quello di Mooserboden e di Tauernmooserboden, situati proprio quasi al centro di tutto il bacino imbrifero e collegati fra di loro a mezzo di una galleria lunga 3,5 km.

Il loro pelo di massimo invaso è alla quota di 2080 metri sul livello del mare e la loro capacità complessiva è di 335 milioni di mc.

Un terzo bacino è situato a Orglerboden alla quota 1720 ed ha una capacità di 130 milioni di mc. In tal modo rimane possibile avere una riserva invernale complessiva di 1400 milioni di kWh immagazzinati.

Gli impianti sono situati nella valle di Kaprun che offre la possibilità di utilizzare un salto di 1200 metri lungo uno sviluppo di 12 km. Detto salto viene suddiviso in tre parti per ragioni di carattere orografico.

Alla valle di Kaprun fa seguito quella di Salzach che ha un dislivello di 565 metri su uno sviluppo di 30 km (vedi fig. 2).

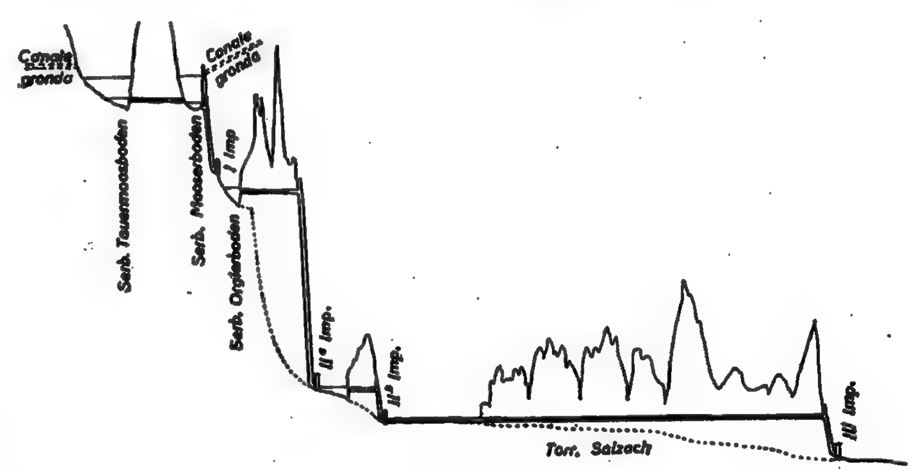


Fig. 2.

La portata totale utilizzata si aggira sui 40 l/sec per kmq di bacino imbrifero, dei quali 10÷12 possono essere sicuramente forniti anche durante la stagione invernale e 70 circa durante quella estiva.

Il primo impianto situato tra il bacino di Mooserboden e di Oglerboden, sfrutta un salto di 330 metri. Esso è alimentato da due canali in galleria di 400 metri di lunghezza e da una condotta forzata lunga 520 metri.

Il secondo impianto è alimentato da due canali in galleria lunghi 4 km, cui fa seguito una tubazione forzata di 1230 metri di lunghezza. Il salto utile di questo secondo impianto è di m 775.

L'acqua di scarico viene immagazzinata da un bacino di compensazione e poi convogliata al terzo impianto a mezzo di un canale in pressione lungo 2100 metri ed una successiva condotta forzata di 270 metri di lunghezza e di 136 m di dislivello.

Quest'ultimo impianto è situato presso S. Giovanni nel Pongau e sfrutta l'acqua di scarico di tutti i precedenti, utilizzando un salto di m 171.

Il complesso del programma prevede la possibilità di produrre 6,6 miliardi di kWh all'anno, di cui 2,3 invernali e 4,3 estivi; la potenza complessiva degli impianti può essere valutata a 2 milioni di kW.

Geologicamente le condizioni del terreno sarebbero tali da lasciar sperare una facile esecuzione dei lavori. Onde accertarsi delle difficoltà costruttive reali e del comportamento effettivo dei canali di gronda, vennero fatti alcuni tratti sperimentali alla

quota di 2080 m in vicinanza di Mooserboden. Questi manufatti constano in una specie di trincea che si sviluppa lungo la falda dei monti e che è coperta superiormente da travi in cemento armato atte a portare uno strato di pietrame filtrante. L'acqua che scorre sui pendii viene in tal modo captata, grossolanamente filtrata, per essere poi convogliata nel sottostante canale a mezza costa (vedi fig. 3) fino alle gallerie di raccolta. In altre parole i canali di gronda costituiscono una specie di sistema vascolare che serve ad alimentare le arterie principali del sistema.

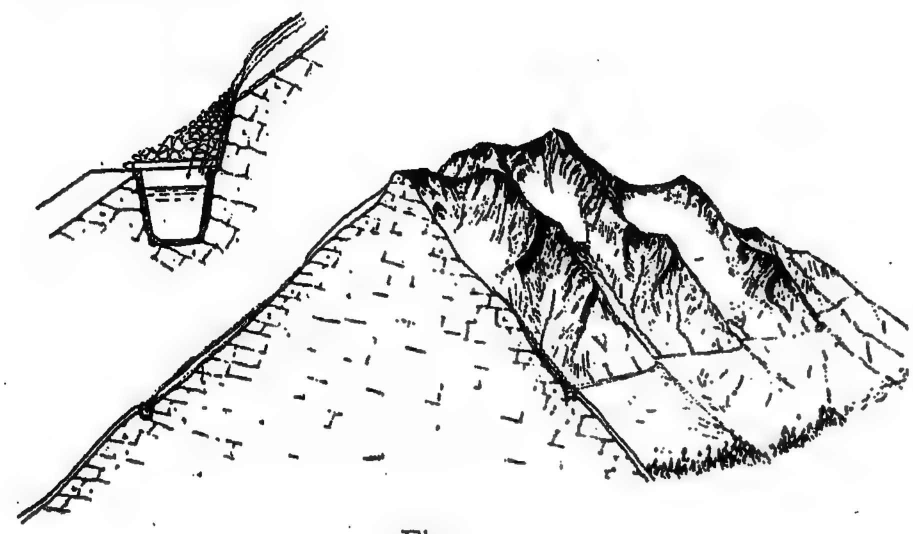


Fig. 3.

Nel tratto sperimentale di canale di gronda lungo m 1200, si constatarono dei risultati quanto mai soddisfacenti; tra l'altro l'acqua nel canale non riuscì mai a congelare raggiungendo solo una temperatura minima di mezzo grado sopra zero e non si verificarono neppure seri fenomeni di inghiaiamento.

Il progetto della A.E.G. di Berlino dovrebbe essere svolto durante un periodo lavorativo di 10÷12 anni.

Alcune osservazioni e critiche al progetto A. E. G.

Die Wasserwirtschaft, 15 marzo 1931. – Ing. R. Moro.

L'autore di questo articolo, a nome degli Ingegneri della Carinzia fa alcune osservazioni generali di notevole rilievo sia tecnico che politico ed economico.

Secondo l'Autore qualunque impianto idroelettrico non deve trascurare i seguenti principi fondamentali:

1º) Si deve cercare la massima utilizzazione dal punto di vista idraulico;

2º I serbatoi devono essere commisurati alle reali possibilità del bacino idrologico;

3º Si deve cercare di disturbare il meno possibile il naturale deflusso delle acque;

4º La potenza e la produzione dell'impianto devono essere commisurate al fabbisogno;

5º Tutto l'impianto deve essere considerato anche dal punto di vista di poter aggregarsi ad un futuro programma di collegamento elettrico europeo;

6º L'impianto deve ledere il meno possibile l'interesse di terzi;

7º L'interesse economico del paese ove si sviluppa l'impianto deve essere permanentemente garantito.

Orbene, il progetto della A.E.G. prevede di captare tutte le acque defluenti al disopra dei 2200 metri di una intera regione per indirizzarle poi definitivamente verso la unica vallata di Salzach.

Per lo sfruttamento dell'ultimo salto, chè in sè stesso non sarebbe redditizio senza il convoglio di tutte le acque dei Tauri, si richiederebbe la costruzione di due canali in pressione della lunghezza di 28 km, ed aventi una sezione complessiva di ben 60 mq. La località che dovrebbe essere attraversata da una simile opera imponente sembra tutt'altro che favorevole a costruzioni di questo genere. Gallerie ferroviarie, costruite nelle vicinanze, hanno dato notevoli disturbi.

Anche la costruzione dei serbatoi che richiedono dighe alte fino a 150 metri non è priva di incognite, specie per quanto riguarda la fondazione dello sbarramento di Mooserboden.

Dal punto di vista idrologico poi non è sicuro che al di sopra della quota di 2100 metri i dati riportati non siano ottimistici.

Infine l'Autore osserva che, avendo i canali una pendenza dell'1 ‰ ed essendo le estreme propaggini di essi lontane anche più di 1000 km dai serbatoi di raccolta, non è fuori luogo il considerare la possibilità che una interruzione in qualche punto vitale dei canali adduttori possa riuscire fatale per il buon funzionamento dell'intero impianto.

Naturalmente questi canali sarebbero inevitabilmente soggetti a fenomeni di interrimento e dovrebbero essere esposti all'azione delle valanghe e delle frane. Il materiale filtrante, situato al di sopra delle travature in cemento armato costituenti la copertura superiore dei canali stessi, non potrà impedire il convoglio di terriccio e sabbia attraverso di esso.

L'Autore considera che il costo medio per la pulizia dei canali potrebbe importare annualmente oltre a 3 milioni di scellini, non solo, ma che si richiederebbe nel contempo un notevole consumo di acqua per il dissabbiamento dei canali stessi.

Un'altra obbiezione è quella rivolta al funzionamento dei canali di gronda. Si osserva che laddove la roccia strapiomba al di sopra di essi, e peggio ancora, nei terreni permeabili e gandosi, l'acqua non potrebbe essere tanto facilmente captata. Infine c'è anche il pericolo che durante la stagione invernale alcuni tratti dei canali, sfavorevolmente esposti, abbiano a gelare, impedendo così il naturale contributo di tutta la parte a monte.

Anche dal punto di vista della sicurezza i canali a mezza costa possono sempre costituire una minaccia permanente pe tutto quanto trovasi al disotto di essi, specie laddove le condizioni del terreno non sono tali da garantire una solida fonda zione dei manufatti.

Neppure vanno sottovalutate le enormi difficoltà costruttiv inerenti allo sviluppo di un così vasto programma di lavor che si svolge quasi tutto alla quota di oltre 2000 metri.

Idrologicamente sussiste poi anche l'incertezza di sape quale sia il reale quantitativo d'acqua che un canale di grond può fornire e quanto sia quello che va disperso. Per esempio, logico che durante i periodi di rapido sgelo questi condot d'acqua risultino manifestamente deficienti e non abbia così la possibilità di raccogliere il contributo delle morbide.

A queste osservazioni di carattere generale l'Autore fa p seguire delle considerazioni più concrete relative alle condizio idrologico-metereologiche locali; nega la possibilità di pot captare il quantitativo di acqua prevista e fonda le sue oss vazioni su numerosi dati pluviometrici raccolti nella regione.

In ultimo, a parte le difficoltà tecniche ed economiche no chè le controversie idrologiche, l'autore considera pure il p blema dal punto di vista economico della regione, sconsiglia do il trasporto di notevolissime quantità di acqua destinate defluire nelle loro sedi naturali, in una unica vallata che verreb così ad usufruire della ricchezza di cui scapiterebbero le gioni limitrofe.

(*Die Wasserwirtschaft*, 15 aprile 1931. – Ing. Thürnau).

Alle precedenti obbiezioni risponde l'Ing. Thürnau, facer osservare che dal punto di vista idrologico il progetto d A.E.G. è certamente il più completo, in quantochè prevede produzione di ben 6,6 miliardi di kWh mentre con il comple dei singoli impianti progettati seguendo i soliti criteri che vedono la utilizzazione di ciascun salto nella vallata in naturalmente defluisce il corso d'acqua, si era raggiunto massimo di 1,3 miliardi di kWh di produzione complessi

L'Autore nega anche la particolare difficoltà di costr gallerie in pressione a grande diametro, dato che i terreni ficili da attraversare sarebbero poco estesi.

Infine crede esagerati i timori relativi al danneggiame dei canali a mezza costa per opera delle valanghe e delle fra trova troppo pessimistici i dati relativi alla reale possib di captare con buon rendimento le acque defluenti lung falde dei monti. A tale proposito cita i risultati ottenuti diante il canale di prova lungo 1200 metri che fino ad or dato dei soddisfacentissimi risultati. Ricorda fra l'altro che, una temperatura esterna di —32 gradi, l'acqua interna ai dotti non era mai scesa a meno di mezzo grado sopra zer

Anche i fenomeni di insabbiamento sono stati esagerat condo l'Autore, che fa seguere poi una discussione sulla po delle falde dei monti, sulla natura idrologica della regio sulla piovosità dell'intero bacino imbrifero, concludendo dei risultati non concordanti con quelli esposti nel preced riassunto.

(*Die Wasserwirtschaft*, 15 aprile 1931, Associazione Ingg. del Tirolo e del Vorarlberg e Camera degli Ingg Tirolo e del Vorarlberg).

Gli organi ufficiali delle Associazioni tecniche del Tirolo Vorarlberg, preso in considerazione il progetto dell'A.E.G. addivenuti alle seguenti conclusioni:

Anzitutto considerano con un certo senso di preoccupazi inusitate proporzioni del progetto e il costo ingentissim esso di conseguenza involge. Anche il problema della cu

dei terreni merita, secondo loro, di essere considerato più da vicino, dato che i canali di gronda dovrebbero praticamente asportare in certi casi la totalità del deflusso, non solo di alcuni torrenti, ma bensì di tutta la falda dei monti. Ragioni di ordine politico lasciano poi il dubbio sull'opportunità che le ricchezze idrologiche del Tirolo vadano ad arricchire le provincie limitrofe, esulando da quella cui competono.

Anche i dati idrologici su cui si basa il progetto dell'A.E.G. sono ritenuti ottimistici inquantochè si prevede l'utilizzazione di 40 lt/sec per kmq pari al 90% circa della reale possibilità del bacino.

Fanno seguito alcune considerazioni relative alla natura geologica del terreno dove, tra l'altro, si nota il fatto che questi canali di gronda possono avere una reale efficacia solo laddove sono fondati sulla roccia. Se invece il terreno è costituito da materiale filtrante o peggio ancora da ganda, sussiste il pericolo che, o l'acqua sottopassi il canale senza poter essere raccolta da questo, o il canale stesso debba essere profondamente interrato e provvisto di costose opere di presa. Naturalmente viene poi anche rilevata la difficoltà della costruzione di gallerie in pressione a grande diametro e viene riconfermato il timore che i canali a mezza costa rappresentino un pericolo per gli abitati sottostanti.

Seguono poi considerazioni d'ordine politico già esposte precedentemente.

(*Die Wasserwirtschaft*, 25 aprile 1931 e 25 giugno 1931).

L'Ing. Moro e il Dott. Hradil riprendono la polemica d'ordine tecnico e politico e ribadiscono in via di massima le osservazioni, ostili al progetto, già precedentemente esposte.

Non crediamo opportuno riassumere questi articoli non tanto perchè il loro interesse non ci sembri notevole, quanto per il fatto che la discussione non accenna affatto ad essere esaurita.

G. R. M.

---

b) TRASPORTO D'ENERGIA CON LINEE A CORRENTE CONTINUA AD ALTA TENSIONE

Elektrotechnik und Maschinenbau, N. 14, 5 aprile 1931. – F. NIETHAMMER.

Sono di attualità i progetti di trasporto delle grandi quantità di energia elettrica dai centri di produzione a quelli di consumo distanziati dai primi da migliaia di chilometri. La tensione massima delle linee di trasporto trifasi è prevista di 400 kV; tensioni alternate superiori non entrano in considerazione a causa delle difficoltà inevitabili originate dall'effetto corona. La forzata limitazione della tensione e le altre difficoltà inerenti alle linee trifasi, hanno richiamato l'attenzione dei tecnici sul problema del trasporto dell'energia con corrente continua ad alta tensione. Come vantaggi della trasmissione con corrente continua rispetto a quella con corrente trifase, si citano i seguenti:

1. Gli sfasamenti non entrano in considerazione. Vengono meno, quindi, anche le cadute di tensione da essi provocate.
2. Sono superflui i compensatori di fase, sotto forma di condensatori sincroni o di altri mezzi di compensazione.
3. L'effetto corona ed i fenomeni di effluvio assumono una importanza molto minore per le linee a corrente continua.
4. La trasmissione con corrente continua è più stabile, mancando la dannosa influenza della induttanza.
5. Manca la manifestazione delle correnti e delle tensioni nell'armatura dei cavi ed anche le perdite nell'armatura stessa.
6. Le perdite supplementari per effetto pellicolare nei conduttori pieni vengono meno.
7. L'intero impianto di trasporto diventa più semplice e per grandi quantità di energia e distanze notevoli, anche più economico.

Di fronte a quenti vantaggi indiscutibili stanno le difficoltà di produrre e di convertire le correnti continue ad alta tensione. Una soluzione pienamente soddisfacente di quest'ultimo problema a tutt'oggi non esiste ancora; sono stati fatti, però, numerosi studi in proposito, sui quali l'A. si sofferma indicando i risultati raggiunti e la portata di essi agli effetti della risoluzione del problema stesso.

Si presenta, dapprima, spontanea l'applicazione del sistema Thury, secondo il quale le alte tensioni possono essere ottenute coll'accoppiamento in serie di dinamo a correnti continue. Con opportuni accorgimenti, piccolo numero di poli, avvolgimenti di compensazione, poli di commutazione scelti convenientemente, eccitazione separata, ecc — è possibile costruire dinamo alla tensione di 10÷12,5 kV per collettore. Con un complesso di tre macchine a doppio collettore si possono ottenere tensioni di 60÷75 kV e correnti di 800 A ossia potenze di 48000÷60000 kW. Mediante un gruppo di 8 di tali complessi si può disporre di una tensione di 2×240 kV. In modo particolare, quando si tratta dello sfruttamento di centrali a bassa pressione, l'impiego di generatrici a corrente continua, per generare l'energia elettrica da trasportare a distanza, si presenta come il mezzo da preferirsi. I mezzi necessari per rendere le turbine, che funzionano sotto cadute di acqua variabili da 0,5 a 2, a 5 m, adatte a generare corrente trifase da trasportare a distanza sono sempre complicati e scompaiono quando le turbine azionano generatrici a corrente continua, che possono funzionare a velocità variabilissime. Secondo un progetto di sfruttamento delle acque del Golfo di San José in Argentina, si potrebbero generare 2.700.000 kW a 564 kV, 5000 A, installando 188 complessi turbina-dinamo a corrente continua con generatrici a 3000 V, 5000 A.

La trasformazione, ai centri di utilizzazione, dell'energia a corrente continua in corrente alternata trifase, si può ottenere coll'impiego di gruppi motogeneratori analoghi. I motori a c. c. in serie regolati a velocità costante, comanderebbero degli alternatori sincroni atti a generare tensioni massime dell'ordine di 30÷36 kV. Per il calcolo dei motori a corrente continua valgono gli stessi accorgimenti applicabili alle dinamo ad alta tensione.

Il sistema Thury è, notoriamente, un sistema a corrente costante, la variazione di potenza è ottenuta variando la tensione delle macchine, agendo sull'eccitazione di esse. Le grandi diminuzioni di potenza si ottengono mettendo alcune generatrici, o, rispettivamente, alcuni motori in corto circuito.

Si è cercato anche di convertire la corrente alternata in continua ad alta tensione e di effettuare la trasformazione inversa, impiegando allo scopo delle commutatrici. La difficoltà di ottenere tensioni elevate con queste ultime macchine (3000 Vmax con basse frequenze), rendono il loro impiego assai problematico.

Alte tensioni con corrente continua si possono ottenere coi raddrizzatori rotanti. È da ricordare fra questi il «panchahuteur» di Hutin e Leblanc, che risale al 1900 ed il « transverter » di Calverty e Highfield. Quest'ultimo convertitore venne costruito nel 1924 per una potenza di 2,5 A × 100 kV = 250 kW a c. c. In esso la corrente continua ad alta tensione viene raccolta da un gioco di spazzole, mantenuto in rotazione da un motore sincrono. L'indotto della macchina è fisso col collettore e viene alimentato da corrente a 18 fasi, ottenuta mediante un trasformatore con primario connesso alla rete a corrente trifase. Una linea a corrente continua di 48 km si trova in servizio a 2×60 kV, nel South Wales. La linea è alimentata da un transverter e trasporta 20000 kW (comunicazione di Mr. Smith alla Conferenza Mondiale dell'Energia a Berlino). Le maggiori speranze per la risoluzione pienamente soddisfacente del problema di convertire la corrente alternata in continua ad alta tensione e, viceversa, di quest'ultima nella prima sono riposte nei raddrizzatori termoionici ed a vapore di mercurio. Tensioni continue di 250÷500 kV si possono ottenere senza difficoltà mediante i raddrizzatori termoionici. La corrente massima ottenibile con questi ultimi non è, però, superiore ad 1 A. Correnti molto più intense si possono al contrario, ottenere con raddrizzatori a vapore di mercurio, già costruiti per tensioni di 20 kV e previsti anche per tensioni dell'ordine di 50 kV. Con 10 raddrizzatori da 2000 A collegati in serie si può trasformare in corrente continua 500 kV una potenza di 1 000 000 kW.

La trasformazione inversa da corrente continua in alternata mediante i raddrizzatori termoionici od a vapore di mercurio presenta le maggiori difficoltà. La fig. 1 rappresenta lo schema

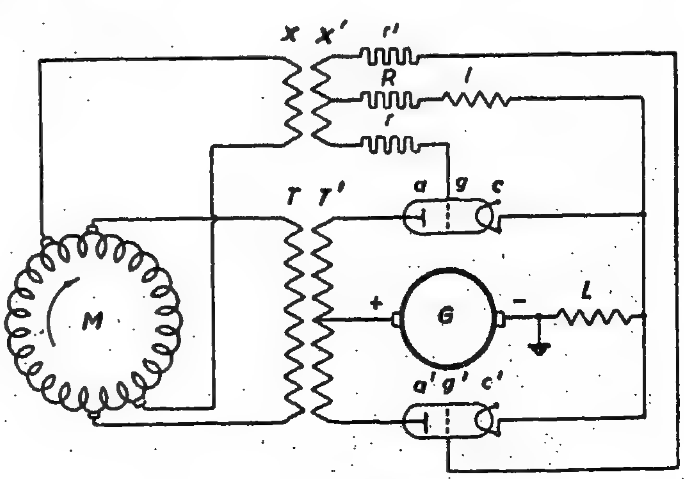


Fig. 1. - Schema dell'invertitore.

M - motore sincrono; *G* - macchina a corrente continua; *L* - bobina di autoinduzione; *r*, *r'* - resistenze di griglia; *x* - primario del trasformatore di griglia; *x'* - secondario dello stesso trasformatore; *T*, *T'* - trasformatore principale per i due raddrizzatori termoionici.

impiegato da D. C. Prince. Due tubi termoionici $a\,c$ ed $a'\,c'$ connessi alle sorgenti a corrente continua attraverso ad una induttanza L, sono muniti di griglie comandate, le quali provvedono alla inversione parziale della corrente continua in istanti ben determinati, onde convertirla in corrente alternata. La frequenza della rete a c. a. è fissata da una macchina sincrona inserita nella rete stessa. Anche con raddrizzatori a vapore di mercurio si può applicare un procedimento analogo ideato dal D. C. Prince stesso. Nella fig. 2 è rappresentato lo schema per

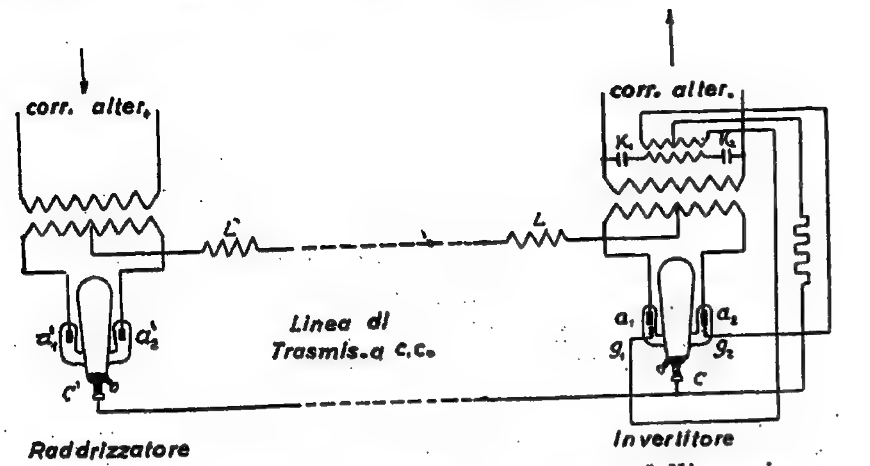


Fig. 2. - Doppia conversione e trasporto dell'energia sotto forma di c. c.

a'_1, a'_2 - anodi del raddrizzatore a vapore di mercurio; g_1, g_2 - griglie; c, c' - catodi; k_1, k_2 - condensatori per lo sfasamento delle correnti di griglia; L, L' - induttanze.

la doppia trasformazione. La corrente continua, ottenuta con un primo raddrizzatore, viene convertita in alternata alla stazione utilizzatrice, mediante un altro raddrizzatore munito di anodi con griglie comandate. Il comando di queste griglie è regolato da un apposito trasformatore provvisto di capacità che causano l'opportuno sfasamento delle correnti di griglia. La frequenza è impressa dall'esterno alla rete a corrente alternata. Per corrente trifase è necessaria la combinazione di parecchi raddrizzatori con griglie opportunamente sfasate.

Un raddrizzatore-invertitore, descritto da R. Mitsuda, comporta la rotazione fra anodi e catodi, di un disco munito di fori il quale regola l'adescamento e l'interruzione dell'arco. La frequenza è proporzionale alla velocità del disco, al numero di anodi del raddrizzatore ed al numero dei fori del disco. L'A. ricorda, infine, la possibilità di utilizzare il raddrizzatore meccanico a getto di mercurio adottato per la carica di batterie di accumulatori (Corbino-Hartmann).

Al problema del trasporto a distanza dell'energia sotto forma di corrente continua si riconnette quello di misurare l'energia stessa. L'impiego dei trasformatori di misura non è, per ovvie ragioni, possibile. La bobina di corrente dei contatori può essere connessa direttamente ai morsetti di uno shunt montato in corrispondenza della messa a terra di uno dei due poli della trasmissione. La bobina di tensione va connessa alla rete mediante una resistenza collegata alla piena tensione se un polo è a terra; oppure suddivisa in due, collegate tra un polo e la terra, se il punto medio dell'impianto è a terra. In questo secondo caso sono necessarie due bobine distinte. Accorgimenti speciali vanno presi per evitare che gli strumenti, in caso di guasti, vengano investiti dalla piena tensione. Nelle reti a corrente costante per un calcolo approssimato dell'energia sono sufficienti le indicazioni di un voltmetro registratore o di un indicatore di voltore.

d. m.

---

c) RIDUTTORI DI CORRENTE PER SISTEMI DI PROTEZIONI

Siemens Zeitschrift, marzo 1931 — ING. H. NEUGEBAUER.

Nelle cabine moderne in molti casi il numero totale dei riduttori di corrente necessario per i vari dispositivi di protezione e comando, supera quello destinato agli stessi apparecchi di misura. Le norme del VDE prendono però in considerazione soltanto quelli destinati a quest'ultimo scopo: così ad esempio la classe E si riferisce a quegli apparecchi destinati ad alimentare strumenti indicatori e misuratori, atti al computo dei quantitativi di energia, mentre quella F riguarda i riduttori destinati ad apparecchi più correnti sufficienti per misure di esercizio. Queste due classi in cui si tiene conto dell'errore di corrente e di quello di fase, possono chiamarsi del tipo « wattmetrico » appunto per lo scopo cui sono destinate. Invece potrà definirsi classe « relais » quella che comprende riduttori destinati ad alimentare apparecchi di protezione; in essi si tiene conto solitamente del solo errore di corrente che potrà oscillare dal 3 % al 10 % a seconda del carico.

Avremo occasione di notare come i riduttori destinati ad alimentare apparecchi di protezione debbano aver delle particolarità che non tutte sono previste nelle norme del VDE.

I — CARATTERISTICHE GENERALI DEI RIDUTTORI DI CORRENTE DESTINATI AL COMANDO DI RELAIS DI PROTEZIONE.

Una differenza sostanziale delle caratteristiche dei riduttori destinati a scopi di misura rispetto a quelli per apparecchi di protezione è dovuta ai differenti limiti della corrente primaria entro cui essi sono destinati a lavorare.

Nel caso di un riduttore per apparecchi di misura la corrente primaria che interessa varierà da zero o dal 10 % al 100 % della corrente normale e si dovrà evitare di superare quest'ultima. Avviene invece precisamente il contrario nei riduttori per relais, dove il loro funzionamento è richiesto appunto quando la corrente supera il valore normale e passa a valori eccezionali.

Indicando in tale modo i riduttori per relais, viene ad essere scartata l'altra definizione meno completa che li considerava come riduttori a forte induzione specifica tali che in essi un supero della corrente rispetto al valore normale abbia a produrre una saturazione magnetica atta a proteggere i relais da sovracorrenti nocive. Va notato però incidentalmente che i relais sono generalmente assai più resistenti sia agli effetti termici che dinamici, degli strumenti di misura. Ad ogni modo una forte induzione specifica nei riduttori di corrente tipo relais permetti un miglior sfruttamento del materiale a scapito della precisione che del resto non è necessario spingere ad un grado tropp elevato.

Per sapere quindi se un riduttore di corrente può o meno se vire ad alimentare dei relais bisogna osservare quanto segue

a) *Caratteristiche di sovracorrente.*

Queste dipendono dalla corrente normale agente sul prir rio, dall'induzione normale del ferro e dal rapporto normale trasformazione del riduttore stesso.

Poichè la corrente di magnetizzazione non può essere forni direttamente dalla rete al riduttore di corrente (il che inve avviene per il riduttore di tensione), sarà facile comprende come la corrente secondaria sia data dalla differenza geometri tra la corrente teorica di trasformazione e quella di magnetiz zione. Ammesso di chiamare con AW il numero delle ampè spire sarà:

$$AW_1 = AW_2 + AW_0$$

dove l'indice 1 si riferisce al primario, quello 2 al secondari quello o alle correnti di magnetizzazione.

D'altra parte l'induzione del riduttore è proporzionale tensione secondaria e quindi:

$$B = k\,u_2 = k\,i_2 z_2$$

dove z_2 u_2 e i_2 sono rispettivamente l'impedenza, la tensior la corrente del circuito secondario dove k è un coefficiente

Aumentando la corrente primaria si raggiungerà ad un c punto la saturazione magnetica del ferro e allora la tensi secondaria non potrà più aumentare oltre un certo limite conseguenza anche la corrente secondaria raggiungerà un va massimo.

In altre parole la corrente del secondario aumenta coll mentare della corrente primaria, ma superato il ginocchio caratteristiche magnetiche del ferro, aumenta sempre pi fabbisogno di corrente magnetizzante mentre di conseguen riduce l'incremento della corrente secondaria.

Ad esempio, sia un riduttore che, per una induzione di 15 Gauss richieda una corrente di magnetizzazione di 500 e si ammette che ciò avvenga quando la corrente prir raggiunge un valore dieci volte quella normale.

Se poi a corrente normale si avevano 100 AW_1 sul prim per una corrente dieci volte quella normale sul secondar avranno disponibili

$$1000 - 500 = 500\,AW_2$$

ossia il riduttore di corrente verrebbe a avere un error 50 %.

Quando invece il numero di Ampère spire nel primario fo 1000 per la corrente normale, esso sarebbe di 10 000 pe corrente decupla. Nel secondario avremo allora

$$10\,000 - 500 = 950\,AW_2$$

con un errore del 5 %.

Se poi nel primo caso la corrente normale fosse stata così piccola da raggiungere i 15 000 Gauss solo con una corrente cento volte quella normale, si avrebbe avuto in tale caso un valore di 10 000 AW_1 nel primario, con quindi un errore nel secondario del solo 5 %.

Viceversa nel secondo caso, se l'induzione normale avesse importato 7500 Gauss, si sarebbero aggiunti i 15 000 Gauss con 2000 AW_1 e si avrebbe avuto un errore di trasformazione del 25 %.

Si vede dunque come l'induzione di saturazione sia tanto più lontana quanto maggiore è il numero di amperspire AW_1 e quanto minore è la induzione normale.

È interessante a tale proposito conoscere le caratteristiche che determinano la saturazione magnetica del nucleo del riduttore. Se ad esempio la induzione normale è di 1000 Gauss, e se si ammette che l'induzione di saturazione sia di 15 000 Gauss, si avrà che da $\frac{15\,000}{1000} = 15$ volte la corrente normale in poi, il rapporto di trasformazione non sarà che approssimativamente quello teorico. Il rapporto Bmax/Bnormale $= n$ si può definirlo numero indice della sovracorrente.

b) *Prestazioni.*

La prestazione del secondario di un trasformatore si esprime in VA.

$$N_2 = i_2 u_2 = i_2^2 z_2$$

Si ricordi poi che $N_2 = kB \cdot AW_2$ dove k è una costante che dipende dall'apparecchio e dalla frequenza. Dalle precedenti espressioni si nota che

$$z_2 = \frac{u_2}{i_2} = \frac{kB}{AW_2}$$

Variando la resistenza del secondario da zero all'infinito, ossia aumentando la prestazione e mantenendo costante la corrente del primario, si possono misurare per ogni carico la corrente e la tensione sul secondario stesso. Se il secondario è in corto circuito allora $u_2 = 0$ e la i_2 ha il valore che le compete esattamente in funzione del rapporto di trasformazione. Viceversa per $i_2 = 0$ sarà u_2 che acquisterà il valore teorico in base al rapporto di trasformazione. In entrambi i casi è però $N_2 = 0$.

Portando i valori di i_2 espressi in % e quelli della prestazione come ordinate di un diagramma su i valori di n_2 presi come ascisse, si avrà la curva delle prestazioni.

Avendosi poi $i_2 = k_1 AW_2$; $u_2 = k_2 B$; $N_2 = k_3 AW_2 B$ si potrà costruire un diagramma generale valevole in ogni caso. Basta riportare a tale scopo il valore

$B\,AW_2$ come ordinata su B come ascissa (fig. 1)

La prestazione varia naturalmente coll'angolo di fase φ che, nel caso di riduttori per relais è di solito induttivo e dell'ordine di 70° ÷ 55°.

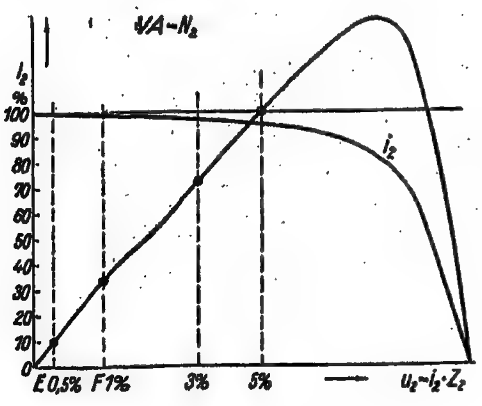


Fig. 1.

Nel diagramma Fig. 1 si sono poi ricavati 4 punti sulle ascisse in corrispondenza a vari scostamenti di i_2 dal valore teorico. Per uno scostamento minore del 0,5 % si ha la classe E di riduttori, per uno scostamento inferiore al 1 % si ha la classe F per uno inferiore al 3 % si ha una prima classe di riduttori per relais, ed infine, per uno inferiore al 5 % si ha una ulteriore classe dei riduttori per relais. Innalzando da questi punti delle ordinate si determinano sulla curva delle prestazioni i valori che vi competono per ciascun singolo caso. Da qui si vede come ad esempio un riduttore della classe E sia assai meno sfruttato che non uno che tolleri un errore del 10 % e come un riduttore destinato ad una certa classe possa venire sovraccaricato quando però si rinunci al suo grado di esattezza.

Va notato che in un riduttore la induzione normale e la prestazione non bastano a definirne la classe poichè ad esempio uno della classe F e della prestazione di 30 VA può raggiungere la saturazione del ferro per una corrente quintupla della normale, mentre un altro identico di prestazione può avere un'approssimazione solo del 5 % ma avere un corretto rapporto di trasformazione (entro i limiti tollerati) per una corrente decupla della normale.

Si osservi incidentalmente che i diagrammi e le deduzioni precedenti sono relative al caso di nuclei di ferro dolcissimo. Impiegando materiale differente si alterano completamente le condizioni esposte.

II – Caratteristiche speciali in ralazione ai singoli sistemi protettivi.

a) *Protezione semplice a tempo.*

1°) *Per relais il cui scatto è indipendente dalla sovracorrente e dall'angolo di fase.* – In questo caso, in cui il relais deve intervenire solitamente per sovracorrenti variabili tra l'80 ÷ 200% della corrente normale, il riduttore deve avere generalmente una precisione dell'ordine del ± 3 %.

Quanto alla prestazione il riduttore deve essere in caso di alimentare il relais e di vincere la resistenza ohmica dei circuiti di connessione. Qualsiasi riduttore atto a dare un errore di corrente inferiore al ± 3 % può garantire una simile prestazione.

2°) *Per relais con scatto dipendente dalla sovracorrente e indipendenti all'angolo di fase.* – Questi relais hanno un'azione che è tanto più rapida quanto maggiore è la sovracorrente. Di solito basta che il riduttore dia un esatto rapporto di trasformazione a meno di un errore del ±3% fino ad una corrente quintupla della normale. Al di sopra di questo valore non importa se il valore della corrente secondaria rimane costante. Solitamente un normale relais di detta precisione può bastare allo scopo. Qualora però esso dovesse anche alimentare dei relais selettivi allora naturalmente bisognerebbe controllarne la prestazione caso per caso.

3°) *Relais di protezione il cui scatto dipende dalla corrente e dalla fase.* – Tali relais devono intervenire anche quando viene superato un certo angolo di fase. Generalmente si scelgono riduttori della classe F. Siccome i sovraccarichi sono solitamente induttivi, gli errori di fase nei relais sono poco sensibili. Come campo di funzionamento questi relais agiscono all'incirca in quello degli altri citati. Va notato, però che quando si raggiunge la saturazione del nucleo, l'errore di fase aumenta notevolmente portandosi in anticipo. Poichè solitamente il nucleo dei relais viene saturato per una corrente 20 volte quella nominale, è bene che anche il riduttore abbia una corrente secondaria sufficientemente proporzionale entro tale limite di azione. Questa è praticamente l'unica condizione richiesta per tali riduttori. Solitamente un riduttore a ± 3% di errore risponde a questi requisiti.

b) *Protezione a tempo dipendente dalla resistenza del circuito protetto.*

Relais di questo genere agiscono con tempi tanto più brevi quanto minore è la resistenza del circuito che proteggono. Quindi vanno regolati in modo di avere una azione istantanea per il caso che subentri un arco in vicinanza di uno di essi. Per speciali ragioni la resistenza che interessa è soltanto quella dovuta all'impedenza e la componente della corrente che vien presa in considerazione è quella induttiva.

Da quanto si è detto risulta che in questo caso il riduttore non deve più agire solamente su una zona ristretta della corrente ma deve bensì essere capace di sopportare anche la corrente di corto circuito.

1°) *Relais di impedenza.* – In questo caso i relais sono dipendenti dal valore $\frac{U_1}{I_1}$ ossia dal rapporto tra la tensione e la corrente.

Ma la impedenza del circuito primario si rende sensibile nel secondario secondo la seguente espressione

$$Z\text{sec} = Z\text{prim}\,\frac{n_c}{n_t}$$

dove n_c = rapporto di trasformazione delle correnti
e n_t = » » » » tensioni.

Quando il riduttore raggiunge la sua saturazione nel ferro, allora la corrente secondaria rimane costante e l'impedenza appare errata in eccesso. Siccome anche i relais di questo ge-

nere hanno una saturazione magnetica che è raggiunta solitamente per una corrente 15 volte quella normale, basterà che per una sovracorrente altrettanto forte sul primario i riduttori abbiano ancora da garantire un errore di ± 5%. Solitamente basta per questo scopo un comune riduttore della classe *F* di 30 VA. Non interessa come si comporti il riduttore fino al momento in cui esso è prossimo ad agire sul relais. Così può bastare un riduttore a passante con sufficiente sezione di nucleo che dia magari una pessima approssimazione entro un campo compreso fra il 10÷100% della corrente normale, ma che superando tale valore raggiunga una maggior precisione.

2°) *Relais di reattanza.* – Questi relais funzionano a tempo e sono dipendenti dalla componente induttiva della corrente, in modo che per essi, l'errore di fase del riduttore deve rimanere entro certi limiti tollerati. Si ricordi però che solitamente i sopraccarichi sono induttivi e che perciò l'errore di fase, è reso meno sensibile. Questo genere di relais agisce solitamente in un campo che va da 1 : 60 e pertanto anche i riduttori devono agire in un simile campo. Siccome però queste protezioni si fanno già intervenire ad 1/5 della corrente normale così basterà che i riduttori siano atti a dare una sufficiente approssimazione per un'ampiezza da 1 : 12 volte il valore di quest'ultima.

c) *Protezione differenziale.* – Con questo sistema vengono messi in opposizione i secondari di due riduttori in modo che detti circuiti siano indipendenti da ciò che avviene al di fuori del tratto compreso fra i relais di protezione e che le correnti si annullino esattamente in periodo di funzionamento normale.

Detti R_I e R_{II} i rapporti di trasformazione dei due riduttori alimentanti i relais, dovrà essere:

$$I_1 : I_{II} = R_I : R_2 = w_1/W_I : w_2/W_{II} = I_1/i_1 : I_{II}/i_{II}$$

dove

I sono le correnti primarie;
i sono le correnti secondarie;
W sono i numeri delle spire degli avvolgimenti primari;
w sono i numeri delle spire degli avvolgimenti secondari.

Uno squilibrio su uno dei conduttori protetti (vedi fig. 2) genera pure uno squilibrio, ossia una variazione di corrente sui secondari dei riduttori, che agendo sul relais differenziale pro-

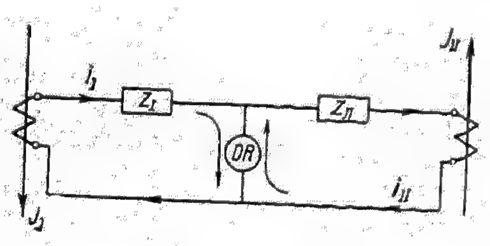


Fig. 2.

voca lo scatto. Praticamente bisogna notare che la corrente di magnetizzazione di uno dei due riduttori può differire da quella dell'altro per le seguenti ragioni:

Differente carico dovuto a differente sviluppo delle condutture.
Differenti sezioni dei nuclei.
Differente numero delle amperspire primarie.
Differente qualità di ferro impiegato per il nucleo.

Qualunque ne sia la causa è facile che i due riduttori lavorino ad induzioni differenti. Questa cresce da prima proporzionalmente alla corrente primaria; se tuttavia uno dei riduttori raggiunge la sua saturazione magnetica (il che può avvenire nel caso di riduttori a passanti) allora si può portare una dissimmetria sui secondari che può innescare il relais anche in regime in cui il suo intervento non sarebbe richiesto.

Pertanto in questo caso i riduttori devono essere tali che per le maggiori correnti di c. c. sui primari, essi non devono raggiungere il limite di saturazione magnetica. Se ad esempio si conta su una corrente di c.c. 12 volte quella normale, per quest'ultima bisognerà avere una induzione non superiore a

$$\frac{12\,000}{12} = 1000 \text{ Gauss.}$$

Tale fatto può essere raggiunto sia aumentando sufficientemente il dimensionamento del riduttore, che riducendo la prestazione. Perciò è bene ridurre al minimo la lunghezza dei cavi di collegamento e dimensionare questi con abbondanza.

La protezione differenziale deve naturalmente essere insensibile ai fenomeni che avvengono al di fuori della zona protetta. Essa può servire a proteggere generatori, trasformatori, cavi, due linee parallele o più linee parallele.

Nel caso dei generatori si conosce normalmente di già il valore della corrente massima di c. c. che si aggira di solito sulle 10 volte quella normale, quindi basterà dimensionare i riduttori con non più di 1000 Gauss di induzione per quest'ultima.

Nelle protezioni di trasformatori la sovracorrente dipende sopratutto dalla tensione di c. c. Se per esempio essa fosse del 5 %, la sovracorrente diventerebbe 20 volte quella normale. Quindi in tal caso i relais andrebbero dimensionati per una induzione non superiore a 500 Gauss. Invece per la protezione di cavi o di linee è difficile poter dire a priori il valore della sovracorrente e occorre determinare volta per volta l'entità del suo valore. Siccome però solitamente i conduttori di connessione dei relais sono assai brevi, basta una piccola prestazione sui secondari e quindi si può mantenere l'induzione assai bassa.

d) *Relais di terra.* – Questa protezione ricorda quella differenziale (fig. 3). Ivi i secondari dei riduttori sono collegati in parallelo e nel collegamento dei neutri è inserito il relais che ha una sensibilità assai maggiore che nel caso dei relais differenziali. Qui bisogna pertanto impedire che una differenza di induzione nei riduttori porti uno squilibrio sulle correnti secondarie, squilibrio che nel caso dei relais differenziali sarebbe stato ancora tollerato per la loro minor sensibilità ma che in questo caso non lo sarebbe affatto.

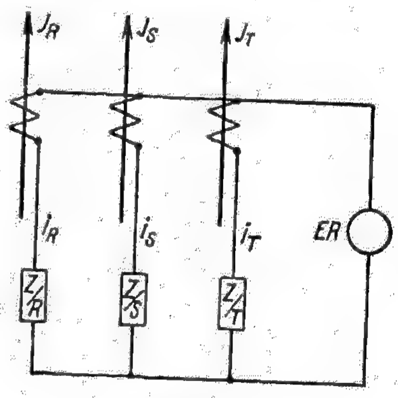


Fig. 3.

Questo fattore viene eliminato con una rigorosa simmetria di costruzione ed istallazione dei relais.

D'altra parte bisogna notare che soltanto nel caso di correnti realmente sinoidali il collegamento indicato in figura riesce ad annullare in ogni istante la corrente. Poichè la corrente di magnetizzazione si scosta più o meno da quella sinoidale per la presenza di un nucleo metallico, così si vede come la condizione teorica dell'annullamento della corrente sia praticamente irraggiungibile. Quindi anche in questo caso per evitare l'intervento intempestivo dei relais è bene o dimensionare ad usura il riduttore, oppure cercare di ridurre la prestazione. Ad ogni modo è conveniente inserire delle resistenze ausiliarie sui circuiti di ciascun riduttore per cercare di eliminare queste dissimetrie di correnti.

Anche qui, come nel caso della protezione differenziale, bisogna indagare volta per volta il campo entro cui devono agire i riduttori di corrente.

G. R. M.

MISURE DI PROTEZIONE CONTRO TENSIONI DI CONTATTO TROPPO ELEVATE NEGLI IMPIANTI A BASSA TENSIONE

Bulletin, A.S.E., N. 2, 23 gennaio 1931. – E. Besag.

È riportato il contenuto di una conferenza tenuta ad Olten il 15 gennaio 1930, con la quale l'A. si era proposto di esaminare l'efficacia della messa a terra del neutro nelle reti di distribuzione allo scopo di proteggere le persone contro le tensioni accidentali di contatto, ed al tempo stesso, di dimostrare la convenienza di un particolare dipositivo di protezione applicato in alcune reti.

L'impiego di tensioni sempre più alte anche negli impianti di distribuzione a bassa tensione, giustificato coll'incremento delle applicazioni domestiche della elettricità, ha reso indispen-

sabili le misure di protezione atte a salvaguardare la sicurezza delle persone che possono venire a contatto con le parti in tensione degli impianti stessi. Queste misure di protezione si possono suddividere in due gruppi: quelle del primo gruppo hanno lo scopo di proteggere contro « contatti accidentali » con le parti normalmente sotto tensione (conduttori, ecc.) e quelle dell'altro gruppo sono atte a proteggere contro le « tensioni di contatto troppo elevate » di parti che non sono normalmente sotto tensione ma che, per guasti od altre irregolarità, possono essere soggette a ricevere la tensione dell'impianto rivestimenti metallici di apparecchi elettrici di uso domestico, ecc.).

Come protezione contro i contatti accidentali si richiede sopratutto l'impiego di conduttori isolati, con ricoprimento adatto per resistere anche alle maggiori sollecitazioni elettriche o meccaniche che possono verificarsi in esercizio.

Per ottenere una efficace protezione contro le « tensioni di contatto » è necessario che le parti metalliche, normalmente senza tensione, degli apparecchi impiegati, in caso di guasto o perturbazione, non possano essere soggette a ricevere tensioni pericolose. Là dove, nonostante le maggiori cure nell'esecuzione degli apparecchi, non sussiste la possibilità di evitare in senso assoluto le tensioni di contatto, è indispensabile l'impiego di quelle misure come: isolamento, basse tensioni, messa a terra, messa a terra del neutro, disinserzione della rete, ecc. capaci di evitare gli effetti pericolosi delle tensioni stesse.

Alla categoria delle protezioni per *isolamento* appartengono tutte quelle misure che comportano l'impiego di una parte isolante fra apparecchio e persona oppure fra persona e terra. Le *piccole tensioni* si ottengono mediante appositi trasformatori con secondario a 20÷50 V: questi trasformatori hanno però bassi rendimenti ed il loro impiego non si presenta in generale economico.

La *messa a terra* ha in primo luogo lo scopo di limitare convenientemente la tensione di contatto. Quando questa limitazione, a causa delle eventuali resistenze del circuito di terra, non fosse possibile, è necessario che l'apparecchio, mediante valvole od interruttore automatico, venga disinserito tempestivamente prima che la tensione di contatto abbia assunto un valore pericoloso. Questa condizione non può sempre essere completamente soddisfatta a causa della possibilità di forti variazioni nella resistenza di terra, per cui si cercò di migliorare la protezione introducendo la contemporanea *messa a terra del neutro*. *La messa a terra del neutro* presenta il vantaggio di fissare in modo ben definito le resistenze del sistema e quindi la distribuzione delle tensioni in caso di corto circuito. Questo sistema di protezione non è scevro, tuttavia, di punti deboli: in modo particolare si possono presentare i seguenti inconvenienti:

1°) Se si verifica un corto circuito in una fase, la corrente di terra circola nel circuito che si chiude attraverso le resistenze della messa a terra della fase e del neutro e ritorna al punto neutro del trasformatore. Il potenziale di quest'ultimo può raggiungere valori elevati che possono danneggiare le parti metalliche connesse al conduttore di punto neutro.

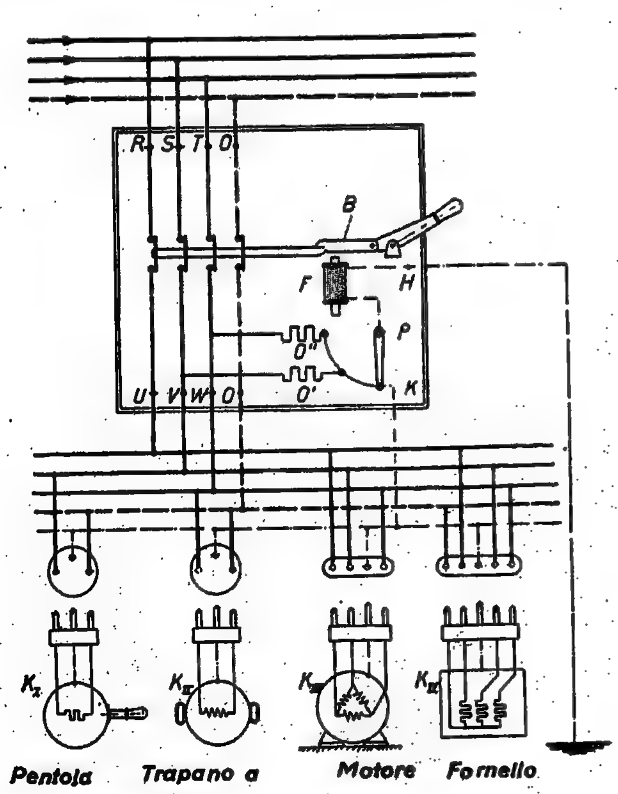


Fig. 1. - Schema dell'interruttore di protezione.

2°) La rottura del filo neutro di una distribuzione a quattro fili può portare la piena tensione di fase agli oggetti connessi all'estremità interrotta dal neutro stesso. L'inconveniente può essere limitato con una buona messa a terra dell'estremità del neutro; è pure raccomandabile il frequente collegamento di quest'ultimo alle condutture dell'impianto dell'acqua potabile nelle abitazioni. Un maggior grado di sicurezza si può ottenere impiegando un conduttore di protezione, distinto da quelli della rete, messo accuratamente a terra in più punti, al quale devono essere collegati gli oggetti da proteggere.

3°) Una terza causa di pericolo in una rete con neutro a terra può essere originata da un corto circuito fra una fase ed il conduttore neutro. Se le resistenze che entrano in gioco sono sufficienti per limitare la corrente di corto circuito ad un valore inferiore a quello per cui le valvole sono state tarate una corrente relativamente intensa circola nel circuito provocando delle cadute di tensione che possono manifestarsi come tensioni pericolose per gli apparecchi collegati col neutro.

Secondo l'A., un notevole contributo alla risoluzione del problema della protezione contro i pericoli derivati da tensioni di contatto eccessive negli impianti a bassa tensione è portato da uno speciale apparecchio, ideato da Heinisch e Riedl ed applicato su vasta scala nella rete della Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk A. G. di Essen (R.W.E.). Nella fig. 1 è rappresentato lo schema di inserzione dell'apparecchio di protezione. Come risulta dalla figura, quest'ultimo è munito di un dispositivo di sgancio *B* sul quale agisce, in caso di pericolo, una bobina *F* che fa capo, da un lato al morsetto *H* del filo di terra *H E* e dall'altro, attraverso al commutatore *P*, al contatto *K*. Ogni oggetto da proteggere viene connesso al contatto *K* mediante un apposito conduttore distinto da quelli della rete. La bobina di tensione *F* è dimensionata in modo da provocare il funzionamento del dispositivo si sgancio *B*, e quindi la disinserzione dell'impianto, quando viene sottoposta ad una tensione di 20 V ca. In nessun caso, anche per resistenze dell'ordine di 500 Ohm del conduttore di messa a terra, un corto circuito può dare origine a tensioni pericolose. Questo è possibile perchè, contrariamente a quanto avviene per gli ap-



Fig. 2. - Interruttore di protezione per motore.

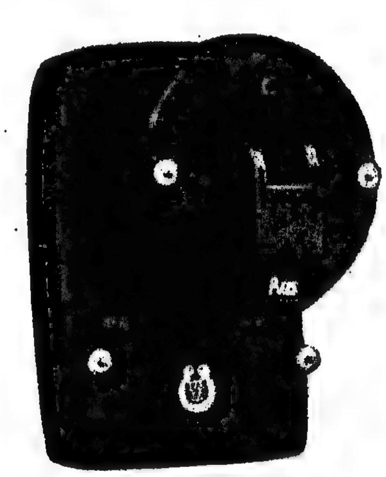


Fig. 3. - Cassetta automatica per impianto domestico.

parecchi normali di protezione, funzionanti per sovracorrente, quello in questione è influenzato dalla tensione, bastando pochi m A a provocare lo sgancio dell'elettromagnete. Per verificare, all'occorrenza, il funzionamento del dispositivo e la bontà della messa a terra, la bobina *F* può essere alimentata azionando il commutatore *P*, attraverso le resistenze *O' O''* connesse a due fasi diverse della rete.

Interruttori di protezione a 2, 3 e 4 poli possono essere impiegati per diversi scopi; è possibile equipaggiarli inoltre di dispositivi per lo scatto a massima corrente. La fig. 2 rappresenta un interruttore per la protezione di motori contro tensioni di contatto causate da eventuali difetti di isolamento. Un apparecchio di protezione bipolare con relais termico e bobina di tensione destinato ad impianti domestici è rappresentato nella fig. 3. Nelle stazioni di trasformazione, per la protezione dei trasformatori o di linee aeree, si impiega utilmente l'apparecchio indicato nella fig. 4, munito di relais termici sulle tre fasi e sul neutro e di bobina di tensione.

L'A. riassume quanto ha esposto facendo rilevare come il dispositivo descritto, pur richiedendo la costruzione di apparec-

chi speciali, rappresenti una felice soluzione del difficile problema da lui toccato. Naturalmente, come per tutti i dispositivi di protezione l'esecuzione degli impianti dev'essere sempre fatta a regola d'arte.

Discussione. – *Schiesser* ritiene che, in realtà, la sola messa a terra degli oggetti o del neutro può dar luogo a seri inconvenienti. Una opportuna combinazione delle due protezioni si può ritenere come un mezzo di sicurezza pressochè assoluta contro il verificarsi di tensioni pericolose. Il sistema di protezione Heinisch-Riedl costituisce indubbiamente un felice passo nella risoluzione del grave problema trattato: esso non si deve ritenere però come un mezzo assolutamente sicuro potendo pure consentire il manifestarsi di tensioni pericolose.

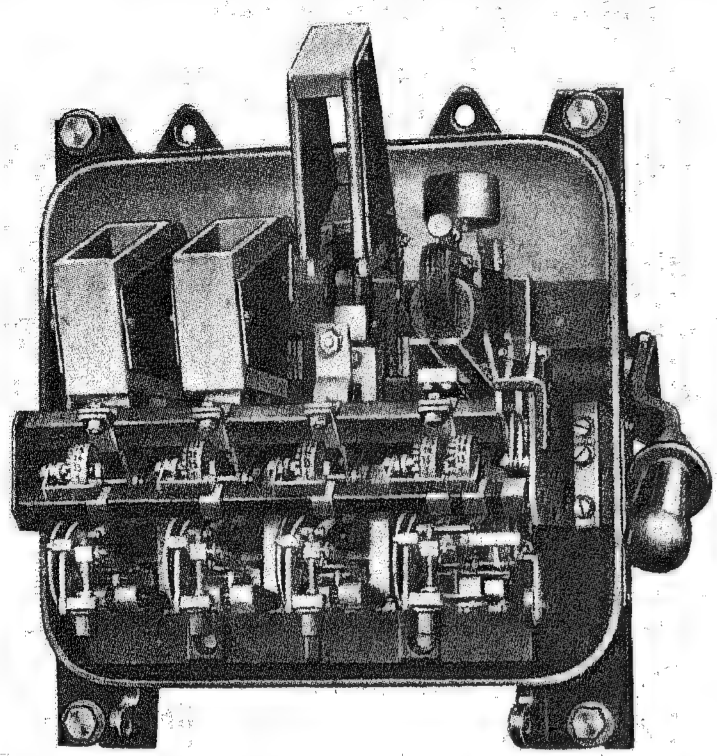


Fig. 4. - Cassetta di protezione per stazioni di trasformazione.

E. Boder tratta il problema della messa a terra del punto neutro o del conduttore di punto neutro mediante collegamento alle condutture degli impianti idraulici locali. Egli dimotra che nella maggior parte degli impianti di distribuzione a bassa tensione possono manifestarsi delle differenze di tensione fra fase e terra variabili fra il valore della tensione di fase e quello della tensione concatenata. Il collegamento del punto neutro del trasformatore e del conduttore neutro alle condutture degli impianti idraulici è atto a ridurre in misura sensibilissima i pericoli derivati da queste sovratensioni. Quando si tratta di impianti trifasi con neutro accessibili, quella anzidetta è la migliore protezione quando sono accessibili pure le condutture idrauliche; per impianti trifasi a quattro fili e condutture idrauliche non accessibili oppure per impianti trifasi senza neutro l'impiego dell'interruttore di protezione è preferibile ad ogni altra misura protettiva.

H. Strobel esprime il dubbio che l'interruttore di protezione non sia adatto per gli impianti di distribuzione nelle grandi città. L'installazione di un tale interruttore in corrispondenza della presa in una casa con molti utenti porterebbe a frequenti interruzioni nell'alimentazione di tutto l'impianto della casa stessa. Questo può essere evitato soltanto installando uno o più interruttori di protezione sulla derivazione di ciascun utente; questa misura comporterebbe però un onere assai gravoso e, generalmente, inammissibile. Occorre tenere presente, inoltre la necessità di eseguire a regola d'arte il montaggio degli interruttori di protezione e di adibire, quindi, allo scopo soltanto personale specializzato.

Germiquet fa rilevare che l'introduzione dell'interruttore di protezione negli impianti domestici, comportando l'impiego di conduttori di terra, porta con sè un incremento nei pericoli di guasti di incendi provocati da scariche atmosferiche. Le statistiche dimostrano infatti, che tali inconvenienti sono andati a poco a poco aumentando coll'estendersi delle applicazioni termiche e meccaniche dell'energia elettrica quando gli impianti relativi comportavano messa a terra delle armature dei conduttori o di altre parti degli impianti stessi. Colla riduzione delle messe a terra si constatò una diminuzione di questi inconvenienti. A tutte le obbiezioni fatte risponde brevemente il relatore.

d. m.

Pubblicazioni

DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.

Annuario delle Acque d'Italia. 1931-IX. L. 18.—.

Questo Annuario è una utile rassegna dell'attività di studi, di indagini e di opere svolte per l'utilizzazione delle acque.

L'interessante volume è diviso in 4 parti: la prima contiene gli studi e le ricerche in relazione diretta e indiretta col problema idrico nazionale; la seconda raccoglie tutto ciò che si riferisce alla disciplina delle acque, mettendo in rilievo le diverse disposizioni legislative in materia; la terza parte offre un quadro delle opere eseguite per la regolazione ed utilizzazione delle acque, iniziate o compiute negli anni 1929 e 1930; la quarta, infine, contiene un elenco degli Enti e delle Ditte che svolgono le loro attività nel campo idrotecnico.

O. Murani: *Trattato elementare di fisica* - Volume secondo: *Ottica ed elettricità* (Ulrico Hoepli, Milano, 1931. L. 54).

Il secondo ed ultimo volume del « Trattato elementare di fisica » del Prof. Murani è giunto ora alla sua ottava edizione; ciò che viene a confermare il costante favore incontrato presso il pubblico da questo ormai classico corso.

La trattazione è fatta con lo stesso stile che caratterizzò l'opera del Prof. Murani nella sua lunga carriera di insegnante e cioè chiarezza cristallina di esposizione e nello stesso tempo ampiezza di svolgimento dei varî argomenti. È infatti noto che il libro, compilato ad uso dei Licei ed Istituti tecnici, viene spesso usato con profitto anche dagli studenti delle nostre Università.

L'A., che nelle successive edizioni della sua opera ha dovuto naturalmente, pur lasciandone invariata la struttura, introdurre sempre nuove modifiche ed aggiunte per tener conto delle scoperte più recenti e delle loro applicazioni, ha anche stavolta arricchito il volume rispetto all'edizione precedente. Oltre ad alcune aggiunte per quanto riguarda gli spettri ad alta frequenza, è stato compilato un capitolo interamente nuovo sulla struttura atomica che riassume ed esamina alcune delle moderne teorie sulla costituzione della materia.

Il poderoso volume di oltre 1100 pagine è corredato di numerosissime illustrazioni.

Notiziario

III MOSTRA NAZIONALE DELLA RADIO

Dal 10 al 18 ottobre avrà luogo in Milano, nel Palazzo della Società delle Belle Arti ed Esposizione Permanente (32, Via Principe Umberto, Milano), la Terza Mostra Nazionale della Radio promossa dal Gruppo Costruttori Apparecchi Radio in seno all'Associazione Nazionale Fascista fra gli Industriali Meccanici e Affini, e dall'Associazione Radiotecnica Italiana. Tale manifestazione, alla quale prendono parte tutti i costruttori nazionali di accessori e di apparecchi radio, è destinata a presentare alla gran massa di visitatori, commercianti e rivenditori, che numerosi accorrono da tutte le parti d'Italia, i nuovi tipi di apparecchi costruiti. Essa permette così al fabbricante di far conoscere i suoi prodotti alle numerose categorie di persone interessate e mette queste ultime nella condizione di poter seguire lo sviluppo ed il miglioramento che di anno in anno si compie in tale genere di apparecchi.

Durante il periodo della Mostra avrà luogo il Congresso annuale dell'Associazione Radiotecnica Italiana con interessanti conferenze e con la visita ad importanti stabilimenti radiotecnici.

Sen. Prof. O. M. Corbino, *Direttore* — Arti Grafiche E. CALAMANDREI & C. - MILANO — Fotoincisioni della « Zincografica » - Milano — Ing. Ettore Cesàri, *Redattore-Capo responsabile*

MILANO
Settembre 1931 - Anno IX

Fascicolo IX
Volume VIII

L'Energia Elettrica

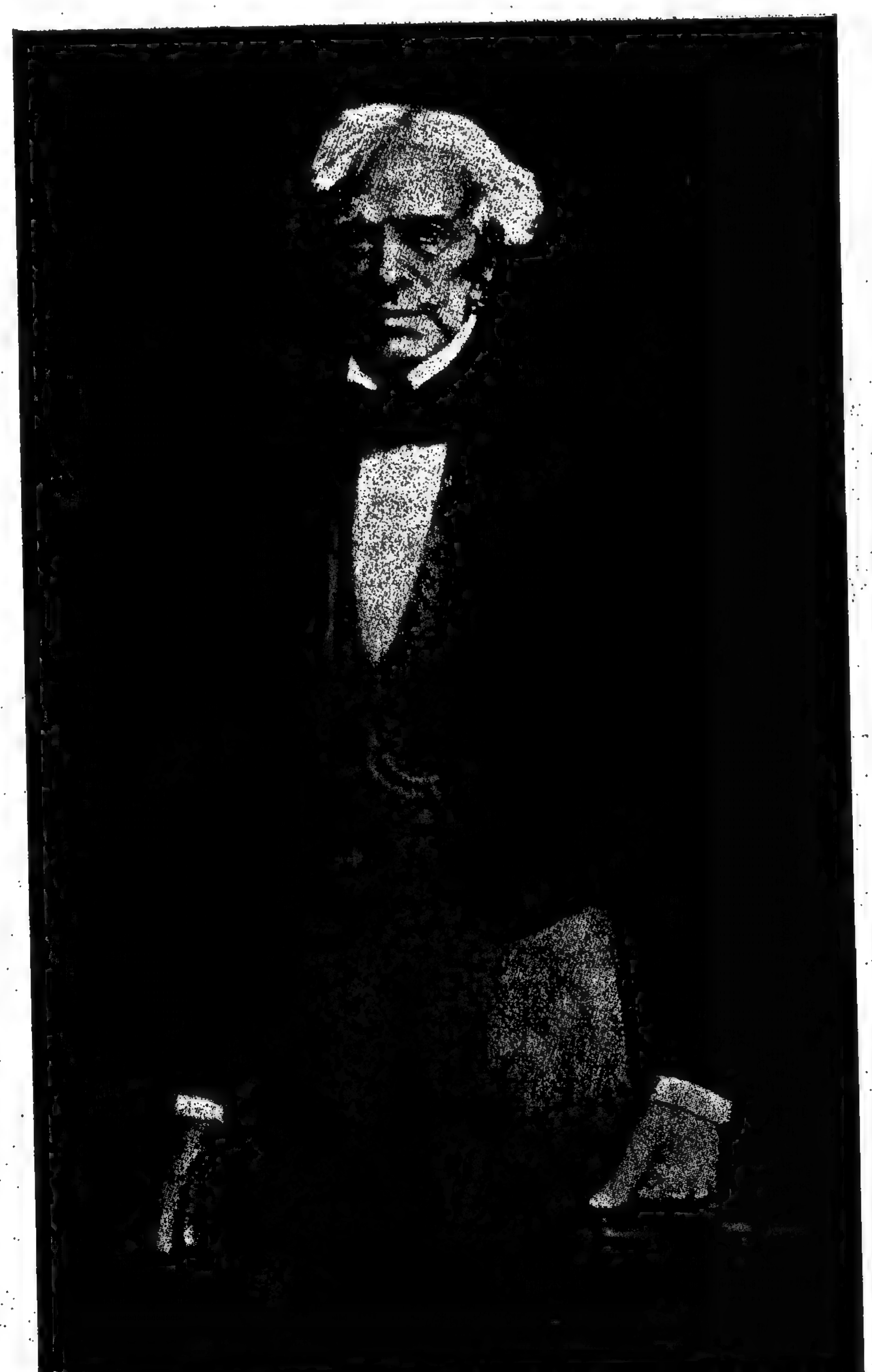
UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

O. M. CORBINO

Il I° Centenario della scoperta dell'induzione elettro-magnetica

Dopo circa dieci anni di pensiero e di prove dedicati a mettere in evidenza una relazione fra magnetismo e corrente elettrica diversa dalle azioni di Oersted-Ampère, Michele Faraday riuscì, nel 1831, a scoprire il fenomeno dell'induzione elettro-magnetica.

Alla macchina elettrostatica, capace di produrre differenze di potenziale altissime, ma con circolazione di quantità di elettricità minime, il Volta aveva sostituito la pila, capace di mettere in circolazione grandi masse di elettricità senza organi in moto. E poichè in quel tempo la Fisica non era ancora illuminata da quella guida possente e infallibile che è per noi il principio della conservazione dell'energia, si discuteva se la sede della forza elettromotrice fosse al contatto dei due metalli, o al contatto metallo-liquido; ma non si aveva alcuna idea che la produzione della corrente voltiana implicasse il consumo di qualche cosa equivalente a un lavoro meccanico. La possibilità di ottenere una corrente elettrica perpetua, come è praticamente perpetua la virtù della calamita, senza organi in moto, doveva apparire ragionevole, come era apparsa allo stesso Volta quando ricercava un metallo che disubbidisse alla legge delle tensioni, e che gli permettesse di chiudere la catena dei conduttori di prima classe senza ricorrere a un liquido, e di avere così una corrente elettrica permanente, spontanea, in un circuito interamente metallico.



MICHELE FARADAY

Pertanto dopo la scoperta di Oersted la ricerca di fenomeni reciproci o collaterali all'azione di una corrente sulla calamita avvenne sulla falsa pista di trovare una influenza permanente che la calamita, per il semplice fatto della sua vicinanza a un circuito, ma in posizione stabile, avrebbe dovuto esercitare sulla corrente che passa nel circuito. Un tentativo in tal senso aveva eseguito il Faraday nel 1825; naturalmente con esito nullo. Meno accurato sperimentatore, lo Zantedeschi quattro anni più tardi si illudeva di aver ottenuto con una disposizione analoga un risultato positivo.

Come venne in mente al Faraday di passare dalla ricerca di effetti stabili, permanenti a quella di azioni transitorie, e cioè di esaminare gli effetti che la creazione o la cessazione di un campo magnetico produce su un circuito che vi è immerso? Nessuno ha mai saputo la via vera attraverso alla quale maturano nella mente dei grandi scopritori e inventori le idee innovatrici; e forse difficilmente, quando essi raccontano il modo di germinazione delle loro scoperte, riferiscono il vero. Comunque mentre vari anni di prove eseguite a vari intervalli, fra altre ricerche interessanti, erano stati privi di risultati, la scoperta esplose, per così dire, il 28 agosto del 1831, con la prima esperienza a esito positivo; e in soli tre mesi di successivo lavoro potè essere illustrata nella celebre memoria

del 24 novembre 1831. Essa conteneva l'esposizione di tutti i vari modi capaci di produrre correnti indotte, la formulazione della condizione generale (legge della variazione del flusso) perchè esse si producano, la spiegazione delle esperienze di Arago sul cosidetto magnetismo di rotazione, e infine la prima macchina dinamo-elettrica a corrente continua (disco di Faraday, o macchina unipolare).

Va ricordata la prima esperienza che diede esito positivo. Due eliche di rame sono avvolte sulle due metà opposte di un anello di ferro. Una fa parte di un circuito che comprende una pila; l'altra è rilegata a un galvanometro. Alla chiusura e all'apertura del primo circuito l'altro segnala una corrente di brevissima durata, di un certo senso alla chiusura, di senso opposto all'apertura.

Il Faraday riesce dopo pochi mesi a riprodurre la stessa esperienza senza l'anello di ferro, ma sovrapponendo su uno stesso cilindro di legno due eliche, primaria e secondaria, separate da un tubo di cartone. Osserva che effetti simili a quelli ottenuti con la chiusura e l'apertura del primario si producono avvicinando o allontanando bruscamente i due circuiti. Infine con una sola elica rilegata al galvanometro, e senza uso di pile, ottiene una corrente indotta introducendo o estraendo dall'elica una calamita permanente. Furono così fissati i fatti tipici e le leggi che costituiscono la base del funzionamento di tutte le attuali macchine generatrici e trasformatrici della corrente elettrica.

Il passaggio alla spiegazione delle esperienze di Arago, che rappresentavano il mistero dell'elettrologia di quell'epoca, era agevole, e fu rapidamente eseguito. Ne seguì il geniale concepimento di disporre un disco di rame fra i poli di un magnete normalmente alle linee di forza, e di farlo ruotare applicando sull'asse e sulla periferia di esso due contatti striscianti. Egli ottenne così la prima corrente indotta continua per mezzo di un generatore meccanico, capace di sostituire la pila. Questo generatore, così come la spiegazione delle esperienze di Arago, scaturirono nella mente del Faraday come conseguenza della legge generale da lui enunciata per la produzione delle correnti indotte, e che si poggia sulla concezione da lui stesso allora creata delle linee di forza. Maxwell dice di quella legge che « non è stata trovata ancora alcuna eccezione all'enunciato di essa »; che « non vi si è aggiunto nulla dopo quasi mezzo secolo » e che essa « esprime il fenomeno in modo matematicamente esatto, e senza uscire dal linguaggio elementare ». A un secolo di distanza si può dire, col Lombardi, che l'enunciato primitivo vale ancora senza eccezioni per i circuiti invariabilmente chiusi, sui quali Faraday ebbe a sperimentare.

La legge di Faraday schiuse la via a Maxwell per la sua grande opera, cosicchè le equazioni famose del campo elettromagnetico sogliono considerarsi, certo con alquanta esagerazione, come la traduzione matematica delle idee fisiche di Faraday.

Così tutti i fatti e le leggi principali dell'induzione elettromagnetica furono presentati in una singola memoria, di una portata che non può avere paragoni con nessun'altra della letteratura fisica di tutti i tempi. Mancava solo lo studio dell'autoinduzione, che seguì tre anni più tardi (dicembre 1834). Ma questi tre anni interposti non erano trascorsi invano per la feconda attività scientifica del Faraday. Oltre a varie ricerche minori, tra cui la scoperta dell'azione catalitica del platino sul miscuglio tonante, in quegli anni Egli edificò quasi in pieno una branca dell'Elettrologia, la Elettrochimica che, come è noto, dagli studi di Faraday sulla Elettrolisi trasse il primo fondamento. Nacque così per opera sua, e poi di Helmholtz, la prima nozione dell'atomo di elettricità, che divenne poi l'elettrone.

***

Ho detto che « con alquanta esagerazione » le equazioni di Maxwell si considerano come la traduzione matematica del pensiero di Faraday; perchè esse contengono in realtà molto di più dei fatti osservati da Faraday, se non nei postulati che guidarono il Maxwell a formularle, certo nelle conseguenze che se ne posson dedurre, e di cui alcune solo più tardi ebbero la più impressionante conferma sperimentale.

La differenza sostanziale fra le conseguenze delle equazioni maxwelliane e i fatti elementari scoperti da Oersted, Ampère e Faraday si rivela, ad esempio, quando ci si pone il quesito se la trasmissione di segnali fra le due antenne, trasmettitrice e ricevitrice, di Marconi è la riproduzione, in scala diversa, della esperienza faradiana dell'induzione esercitata fra due fili vicini. In verità si tratta di un fenomeno profondamente diverso, contrariamente a quanto alcuni, anche non profani, ritengono.

Fino a che un filo è percorso da correnti costanti o lentamente variabili, il campo magnetico da esso generato nell'ambiente è quello calcolabile con la legge di Laplace, applicata a ogni pezzettino di filo. Ma se il filo è percorso da correnti assai *rapidamente* variabili, esempio l'oscillatore di Hertz costituito da un filo che mette in contatto due sfere a diverso potenziale e che è perciò percorso da una scarica rapidamente oscillatoria, allora finchè si resta nelle prossimità dell'oscillatore il campo è calcolabile come si è detto sopra; ma a distanza dall'oscillatore notevolmente superiore a quella che la luce è capace di percorrere nel tempo di un'oscillazione il campo magnetico differisce da quello ottenuto per le correnti lente in tre particolari importanti:

1°) Il campo ha una fase ritardata, rispetto alla corrente dell'oscillatore, come se l'azione si propaghi con una velocità finita, e precisamente la velocità della luce.

2°) Mentre il campo per correnti lente decresce, a distanza dal filo, con la legge del quadrato della distanza per ogni pezzettino del filo, con le alte frequenze la diminuzione è minore e precisamente in ragione della *semplice distanza.*

3°) Per correnti lente il campo magnetico è determinat dalla *corrente* nel filo, per correnti di alta frequenza essa è de terminata dalla *derivata della corrente* rispetto al tempo.

La prima conseguenza fu enunciata da Maxwell, e fu il punt di partenza della teoria elettromagnetica della luce. Hertz n diede la dimostrazione sperimentale provando con l'esperienz delle onde elettriche stazionarie che esse si propagano con velocità della luce. La 2ª e la 3ª si deducono dalla elegan soluzione analitica delle equazioni di Maxwell che Hertz for per il suo oscillatore.

Quando in presenza del filo inducente o dell'oscillatore trova un secondo filo ricevitore, anche la forza elettromotri indotta, che è connessa ai valori del campo magnetico, seg leggi diverse per correnti lente o per correnti di alta frequen: Complessivamente fra i due casi si manifesta una differenza c è sopratutto inattesa dal lato energetico; e invero mentre c le correnti lente il circuito primario dissipa energia solo se in presenza un circuito secondario chiuso su resistenze (ca tipico il trasformatore), con le correnti di alta frequenza filo primario dissipa energia anche se sono completame: assenti altri circuiti preparati ad assorbirla. Un wattme inserito per misurare la potenza spesa dal primario di trasformatore segna un consumo solo se il secondario è chi su un ricevitore di energia; invece un oscillatore ad alta quenza dissipa energia *per semplice irradiazione*, anche se esistono circuiti ricevitori capaci di assorbirla. Così l'alta quenza muta i caratteri della induzione, quale fu scoperta Faraday ed è applicata nella Elettrotecnica classica, sia riguardi del consumo di energia primaria, sia nella port: cioè nella distanza a cui l'induzione è percepibile. Hertz, c si è detto, riuscì a mettere in evidenza la non istantaneità, processo induttivo, e cioè la propagazione per onde, co velocità della luce, del campo elettromagnetico; ma po nelle sue celebri esperienze operava a piccola distanza dall'o

latore, non ebbe modo di mettere in rilievo questi altri due aspetti capitali della induzione ad altissima frequenza, i quali, come ho già notato, si manifestano solo quando la distanza dal trasmettitore è così grande che la luce debba impiegare a percorrerla molti periodi della corrente oscillatoria. Essi ottennero invece la più importante conferma e utilizzazione quando Guglielmo Marconi, portando le onde fuori degli angusti confini del laboratorio, ottenne i noti risultati a distanza di molti chilometri dall'antenna trasmettitrice. Se non avesse luogo la trasformazione della legge della distanza per correnti oscillatorie di frequenza elevata, già a piccola distanza l'azione sul ricevitore sarebbe insensibile (1).

Ulteriori e profonde modificazioni subiscono i processi elettromagnetici quando per un impiccolimento estremo dell'oscillatore di Hertz la frequenza dell'oscillatore diventa dell'ordine di grandezza corrispondente alla luce. Ai numerosi elettroni che corrono alternativamente fra le due sfere dell'oscillatore si sostituisce un elettrone solo, che oscilla intorno al nucleo dell'atomo; cioè, nel caso dell'idrogeno, attorno a un semplice protone positivo. Siamo ben lontani dall'induzione faradiana, e anche da quella di Maxwell-Hertz. Finchè l'oscillazione è quella dell'atomo normale non eccitato, l'oscillatore non irradia più; ci siano o no in vicinanza ricevitori capaci di assorbire energia. Ma se un eccitamento esterno porta l'elettrone fuori della traiettoria normale perenne, l'elettrone vi ritorna e durante il viaggio di ritorno, e solo durante questo; esso irradia, con un meccanismo ignoto, l'energia che aveva assorbito dall'agente esterno durante il distacco. L'energia irradiata nella fase di riassetto della normale configurazione ha ancora un carattere elettromagnetico; ma un singolare carattere: essa non si diffonde uniformemente intorno al centro, invadendo sfere sempre più ampie; ma si concentra come in un piccolo bolide, che viaggia con la velocità della luce in una direzione scelta a caso. E così un ricevitore disposto sulla sua via quando l'assorbe, la prende interamente, tutta per sè. Sono questi i *fatti* che diedero origine alla teoria dei quanti di luce.

Che resta più delle equazioni di Maxwell?

Certamente esse non esprimono più il vero in quanto pretendono di determinare punto per punto dello spazio i valori del campo elettrico e magnetico, e quindi dell'energia; poichè questi non sono come le equazioni vorrebbero, uniformemente distribuiti tutto intorno al centro radiante. Ma continuano a esser vere se in luogo di considerare il valore istantaneo corrispondente a una sola emissione dal centro, si considerano i valori medi di numerosi processi di emissione che si ripetano consecutivamente nello stesso centro. E se con i noti artifici dell'ottica si producono dei processi interferenziali per cui le equazioni di Maxwell prevedono rinforzi dei valori del campo in alcuni posti e indebolimenti in altri (frange luminose e scure di interferenza), le moderne teorie dell'irraggiamento dimostrano che per un singolo processo irraggiante quella previsione è errata; ma per molti processi susseguentisi, i successivi quanti di luce pur procedendo come proiettili e non come onde, debbono addensarsi e rarefarsi nei vari punti dello spazio esattamente in relazione dei valori efficaci del campo previsti dalle equazioni di Maxwell. Muta solo l'interpretazione dei simboli in queste contenute: i valori del campo elettromagnetico non rappresentano più un campo effettivo, ma misurano la probabilità che un ricevitore, a esempio un altro atomo, situato nel punto preso in considerazione assorba un quanto di luce. Così le equazioni di Maxwell continuano a dominare i fenomeni, anche quando i simboli in esse contenuti perdono il loro abituale significato.

Di queste equazioni, dedotte dal grande fisico matematico inglese con procedimenti non scevri di obbiezioni, si può dire che ancora oggi ci si presentano coi caratteri della verità assoluta, sopravvivente alla crisi apportata in tutte le teorie fisiche dalla relatività e dalla dottrina quantistica; cosicchè appare per esse ancora di attualità la frase scultoria con cui le caratterizzò Boltzmann: È un Dio colui che ha scritto questi segni?

***

Si è già rilevato che i primi tentativi di scoperta di altre azioni reciproche fra elettricità e magnetismo si svolsero su una falsa pista, perchè non guidati dal principio della conservazione dell'energia allora ignorato. Era assurdo attendersi che una corrente elettrica potesse sorgere, o essere modificata se già esistente, per la semplice presenza di una calamita immobile, senza cioè eseguire lavoro. Ma già la stessa nozione che la corrente elettrica è movimento continuo di elettricità era in quei tempi alquanto confusa. Ancora dopo la scoperta dell'induzione elettromagnetica, nel 1833, il Faraday doveva trattare a fondo il problema allora insoluto se l'elettricità statica, l'elettricità animale e quella messa in moto dalla pila di Volta fossero identiche, e lo risolveva positivamente. Quanto alla natura del magnetismo, nonostante le analogie scoperte da Ampère tra i solenoidi percorsi da corrente e i magneti, non si pensava di certo che il magnetismo non esiste, e che, come oggi sappiamo, tutte le attrazioni elettriche, magnetiche ed elettromagnetiche si esercitano fra cariche elettriche in quiete o in movimento.

Ma è interessante osservare che già con le nozioni del tempo la scoperta dell'induzione elettromagnetica tardò un po' troppo a venire; poichè, anche indipendentemente dalla conoscenza dell'energetica, le stesse esperienze di Oersted e di Ampère, che venivano prese come punto di partenza delle architettate analogie, avrebbero potuto suggerire la via giusta per scoprire il grande fenomeno dell'induzione. La corrente in un solenoide, aveva osservato Ampère, attira o respinge il polo di una calamita e lo mette in movimento; non ci voleva molto per dedurre che il movimento del polo di una calamita avrebbe potuto far sorgere una corrente nel solenoide. Eppure questa è solo la terza esperienza del Faraday, eseguita ben due mesi dopo la prima, la quale fu di concepimento assai più arduo, e consistè nella produzione di una corrente indotta per chiusura o apertura di un circuito induttore, con nucleo di ferro e anche senza di questo.

Ma vi ha di più. L'ultima delle esperienze di Faraday, che lo condusse alla costruzione del generatore unipolare di corrente continua, fu da lui concepita attraverso ai complicati ragionamenti che gli erano serviti per la interpretazione della esperienza di Arago. Giunse così al mirabile dispositivo del disco di rame, ruotante fra i poli di un magnete, con i contatti striscianti sull'asse e sulla periferia del disco. Ma la *identica* disposizione era già servita a Barlow, otto anni prima, per dimostrare l'effetto inverso, e cioè la rotazione di un disco percorso da una corrente radiale fra i poli di una calamita. Se il concetto di analogia perseguito nei numerosi e vani tentativi anteriori fosse stato applicato considerando il *movimento* della ruota anzichè la *forza* che su essa si esercita, si sarebbe detto: la corrente fa *muovere* il disco; può il *movimento* del disco far nascere la corrente? E il fenomeno dell'induzione sarebbe stato scoperto. Ma sarebbe stato vano ricercare la produzione di una corrente a disco fermo.

Se si paragona l'origine della scoperta dell'induzione con quella della scoperta della pila, non può non riconoscersi la grande superiorità concettuale del procedimento seguito da Alessandro Volta. Ancora oggi rifacendo mentalmente la via da lui seguita, per giungere dalle esperienze di Galvani alla creazione della pila, non si può immaginarne una più diritta e sicura; e si resta sempre più ammirati della formidabile potenza del ragionamento associata alla più sottile abilità sperimentale.

---

(1) Questo non ha nulla da fare con l'altro fatto importante e imprevedibile scoperto da Marconi, che cioè le onde giungono molto al di là dei limiti consentiti dalla curvatura della Terra; e ciò, come ora sappiamo, per la riflessione negli strati ionizzati dell'altissima atmosfera.

Detto questo, bisogna con altrettanta obbiettività riconoscere che l'induzione elettromagnetica è veramente il fenomeno più importante della elettrologia. Non solo fan capo ad esso tutte le trasformazioni che il mondo ha subito per l'asservimento sempre più intensivo dell'energia elettrica ai bisogni della vita industriale e civile dell'umanità; ma esso ha rivelato, dal punto di vista teorico, le misteriose connessioni tra il campo elettrico e il campo magnetico che Maxwell formulò nelle sue equazioni, e ha messo in luce un nuovo tipo di forza primordiale fra gli elettroni. All'attrazione elettrostatica coulombiana, fra elettroni in quiete, si era aggiunta per merito di Oersted e di Ampère l'azione fra elettroni in moto uniforme. A queste forze la scoperta dell'induzione elettromagnetica ne ha aggiunto una terza molto più complessa. Un elettrone in moto crea nello spazio che lo circonda un campo magnetico; se, per le particolarità cinematiche del moto, il campo cambia col tempo, un secondo elettrone presente, *anche se fermo*, subisce una forza che è proporzionale alla variazione del campo nell'unità di tempo. Ma vi è di più: già il moto di un elettrone singolo produce un campo magnetico che accompagna *immutato* la carica dell'elettrone *finchè il moto è uniforme e rettilineo*; se il moto diventa vario, la carica dell'elettrone subisce le forze derivanti dal fatto che l'auto-campo magnetico è variabile; e quindi la scoperta di Faraday rivela anche le forze che un elettrone unico in moto vario genera su se stesso; donde l'inerzia dell'elettrone e quindi della materia, che è in ultima analisi fatta di cariche positive e di cariche negative: di protoni e di elettroni. Si riconosce da questo la immensa portata scientifica, oltre che pratica, del fenomeno scoperto da Faraday.

Nella ricorrenza centenaria di un così grandioso avvenimento sorge spontaneo l'omaggio di tutti i Fisici e gli Elettrotecnici del Mondo verso la Memoria del Grande Scienziato inglese che, fra le tante scoperte memorabili fatte nel corso della sua prodigiosa attività, ebbe il merito di osservare per il primo il fenomeno più importante della Elettrologia. La grandezza dell'opera da Lui compiuta rende interessanti le principali vicende della Sua vita, che giova richiamare brevemente. Nato nel 1791, figlio di un fabbro ferraio; a 13 anni garzone presso una cartoleria e addetto alla distribuzione dei giornali e poi alla rilegatura dei libri; a 22 anni inserviente nel laboratorio di Davy; a 25 assistente, a 30 ispettore, e a 34 Direttore del Laboratorio, carica che abbandona a 74 anni, due anni prima di spegnersi.

Nel 1835, quattro anni dopo la scoperta dell'induzione, da amici che ne conoscevano le tristi condizioni finanziarie, fu sollecitata presso il Primo Ministro Lord Melbourne la concessione di una pensione in suo favore. Il colloquio fra il Ministro e lo Scienziato fu burrascoso, per il mal garbo col quale il primo fece l'offerta, così da indurre il Faraday a rifiutare l'aiuto che non aveva chiesto.

Ben altri onori e accoglienze aveva avuto il nostro Volta dal l'uomo che governava allora la Francia. Ma quell'Uomo era Napoleone.

ING. GIACINTO MOTTA

PRESIDENTE DELL'« UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE »

Acqua, carbone, elettricità

(Conferenza tenuta alla XX Riunione della Società Italiana per il progresso delle scienze, il 18 Settembre 1931 - IX)

Sono stato assai perplesso se presentarmi a questa riunione, per diversi motivi.

Intanto per l'uditorio: un'accolta di uomini che rappresentano il sapere italiano in ogni ramo dello scibile, e per ciò appunto possiedono la più esatta e completa notizia dell'indirizzo attuale e dell'avvenire prossimo di ogni forma di attività umana. Poi per me stesso. Non ho nè passato nè titoli per aspirare alla qualifica di scienziato: solo posso sperare di non passare del tutto inosservato nella folla degli uomini d'azione, quantunque anche qui più fortunato forse che meritevole. Poi per la materia. È veramente l'industria elettrica più delle altre vicina alla gran madre scienza; ma dell'immenso possesso materno in fondo non utilizza che un minuscolo campicello, onde può parere un poco presuntuoso il parlarne qui. Infine perchè l'industria elettrica applica bensì sopra scala ognora più vasta alcuni principii scientifici, ma questo fa per una spinta utilitaria. Siamo ben lungi dunque dal disinteresse dello scienziato, nella mente del quale neppure sorge il pensiero di scrutare il vero per una ragione di tornaconto economico. Insomma, un complesso di timori, di freni, di pudori, se mi permettete la parola, più che sufficiente a consigliare il silenzio e l'ombra. Tuttavia.....

Tuttavia, ho scontato a mio vantaggio l'istinto che spinge gli uomini allo studio ed alla ricerca, voglio dire: la curiosità. Mi sono detto che a uomini curiosi, nel senso austero della parola (come devono indubbiamente essere gli scienziati) non sarebbe stato discaro uscire una volta tanto dalle loro severe occupazioni, per sentire da un tecnico, o se volete anche soltanto da un amministratore, da un capo d'azienda, riassumere il passato e il presente, e prospettare le probabilità del prossimo avvenire di un'industria che, sotto l'aspetto dei capitali immobilizzati, arieggia a togliere il primato perfino alle ferrovie, e, per le profonde innovazioni introdotte nella vita civile, credo possa vantarsi a buon diritto di contribuire, altrettanto e forse più efficacemente dei trasporti meccanici, all'aumento del benessere umano. Mi sia consentito soffermarmi su questo concetto, nella speranza di rendere più gradite le mie credenziali.

Che cosa è realmente il progresso umano? Ho riflettuto qualche volta anch'io a questa domanda: nelle ore di ozio, si intende. E mi sono chiesto in risposta: È la scoperta di nuove leggi nel vasto campo dei fenomeni sensibili? O è piuttosto la conquista di nuovo terreno nel più sterminato dominio dell'ignoto? È specialmente l'ascesa dello spirito librato alle delizie dell'astrazione matematica o filosofica, o tormentato dall'angosciosa ignoranza sull'ultima finalità dell'esistenza umana, della quale vorrebbe, forse per peccaminoso orgoglio, scoprire il perchè? Oppure, all'infuori, anzi molto al di sotto di tutto ciò, il progresso umano è più umilmente, starei per dire fisiologicamente, una casa linda, un letto soffice, un vitto sano e abbondante, in altre parole, è il miglioramento delle condizioni materiali di vita dell'immenso formicaio umano? Vana sarebbe qui la disputa. Impari al compito di lumeggiarla chi ve ne accenna. Per me, io penso che il progresso, per i singoli, non è forse definibile se non come l'accostarsi all'ideale onde ciascuno illumina la sua vita. Si progredisce quando si avvicina lo scopo. Ma forse appunto per ciò il progresso, per la collettività degli umani, per la moltitudine infinita degli esseri condannati a vivere del biblico sudore della loro fronte, si sostanzia e si identifica nel benessere, e questo sopratutto nella diminuzione della fatica fisica. Dopo la salute fisica, l'ideale terreno delle masse lavoratrici è uno solo: che cessi il bisogno di lavorare per vivere; il loro desiderio più vivo, che si fatichi meno.

Se così può intendersi il progresso umano, benedetta sia per tutti i secoli l'innumere schiera degli studiosi che hanno portato la loro pietra al mirabile edificio della civiltà moderna, se anche taluno la definisce, con scherno insincero, civiltà meccanica! E benedetta in particolare proprio la macchina di Watt, come per altri versi e più in alto è benedetta la stampa! Benedette la motrice a vapore, e la locomotiva, e la turbina idraulica, che hanno permesso di ridurre in misura cospicua la fatica dell'uomo; ma in questo senso particolare benedetta forse più ancora l'elettricità che gli immensi benefici del motore inanimato, costretto ad agire in breve spazio intorno all'ordigno, ha saputo trasportare e distribuire e frazionare pressochè senza limite, nè di distanza nè di quantità, si può dire all'infinito, aprendo così l'animo alla speranza che un giorno non lontano tutto il lavoro umano, in quanto muscolare, possa essere sostituito dalla medesima elettricità che illumina oggi la terra quando si nasconde al sole.

Tutto il lavoro umano! Non pronuncio senza convinzione profonda questa frase: tutto! Dal trasporto delle persone a quello delle merci; dalla preparazione delle fibre tessili e dei tessuti alla confezione degli indumenti; dallo sfruttamento delle foreste alla fabbricazione dei mobili; dall'estrazione dei minerali alla preparazione dei metalli, e alla costruzione degli innumeri ordigni ed oggetti relativi: l'ago e la nave, l'aratro e la linotype, la piccozza e la macchina da scrivere; dalla pulizia delle città alla pulizia delle case e degli indumenti; dalla coltivazione dei campi alla confezione delle conserve alimentari; nessuna operazione si sottrarrà alla meccanizzazione mercè l'elettricità. E l'uomo potrà sempre più e sempre meglio dedicare una parte maggiore del suo tempo alla coltivazione dello spirito, piutto-

sto che impiegare le forze fisiche a sviluppare energia meccanica.

Nessuno di voi certo mi fraintenderà. L'edificio grandioso che ho tentato di disegnare non potrà essere merito esclusivo dell'elettricità, nè dell'industria elettrica. Tutte le scienze, anche l'astronomia, che il volgo considera estranea alla vita, hanno portato e porteranno il loro indispensabile contributo. L'elettricità non ha fornito per questo scopo che uno degli strumenti di diffusione e costruzione del benessere.

È vero, ma di che importanza, di quale potenza penetrativa! O io m'inganno, o la trasmissione a distanza dell'energia, e il suo frazionamento illimitato, rappresentano per il progresso dell'umanità, voglio dire per il suo benessere, un passo paragonabile alla scoperta del ferro ed alla fabbricazione dei primi strumenti di lavoro. Già la produzione di energia elettrica, in gran copia ed a costo mite, ha permesso all'uomo di risolvere problemi neppure sospettati un tempo, la produzione, ad esempio, di certi metalli, e, almeno in Italia, la fabbricazione artificiale dei fertilizzanti che hanno impresso il loro segno all'epoca odierna. E già per merito della elettricità e della sua distribuzione, le meraviglie del cinematografo parlato, della radiotelefonia, sono discese dal regno dei sogni di Giulio Verne, per diventare una realtà, anzi un bisogno quotidiano, bisogno relativo si intende, ma non meno importante dei bisogni primordiali nell'inquietante dinamismo di oggi, mentre pare ogni giorno più vero che nulla sia più utile delle cose inutili.

Se nella vita dell'uomo e dei popoli, l'avvento dell'elettricità ha già avuto conseguenze tali da poter improntare di sè tutta l'età moderna, onde gli storici dei millenni futuri la diranno forse l'epoca dell'elettricità, qualche curiosità può parere fin d'ora legittima. Qual'è la consistenza della nuova industria? Quanto capitale vi è investito? Quale giro d'affari ha prodotto? Quale prelievo determina nelle riserve di combustibili fossili? E quale contributo porta alla lotta contro tale consumo, quali speranze legittima in questo campo l'utilizzazione delle forze idrauliche?

Nella competizione fra l'impianto idroelettrico e il termico, che richiama la gara fra il cannone e la corazza, chi vince oggi, chi vincerà domani? Gli impianti termici dei singoli utenti scompariranno? La centralizzazione della produzione sarà sempre conveniente?

Infine quale fu in passato, qual'è oggidì l'organizzazione tecnico-economica dell'industria? Il suo crescente concentramento e la fiducia internazionale che le è conferita dalla sua natura immobiliare, quale sviluppo, quali conseguenze potranno avere nel prossimo futuro?

Ecco alcune delle domande alle quali mi ingegnerò di dare succintamente risposta.

Dal 1882 ad oggi. Uno sguardo d'assieme.

L'industria per la produzione e distribuzione dell'energia elettrica nacque nel 1882, per merito soprattutto di Edison.

La prima centrale elettrica, in ordine di tempo, fu inaugurata a Londra il 12 gennaio di quell'anno, con una dinamo Edison. Essa aveva per scopo di illuminare il viadotto di Holborn, e fu chiusa nel 1884 per le difficoltà create alla distribuzione dell'energia elettrica dall'Electric Lighting Act del 1882. Alcune della dinamo ivi installate passarono poi alla centrale di Santa Radegonda di Milano; la quale, pur venendo quarta in ordine di tempo, fu la prima in Europa e la seconda nel mondo ad effettuare un vero e proprio servizio di distribuzione di energia elettrica ai privati. Prima della centrale di Santa Radegonda erano state inaugurate infatti: la centrale di Appleton nel Wisconsin, riservata all'illuminazione pubblica, e la centrale di Pearl Street a New York, che vendeva ai privati.

Primo impianto di trasmissione di energia a carattere industriale pare sia stato l'impianto di Isoverde, costruito da Thury per la società Deferrari-Galliera di Genova, nel 1889. Era una trasmissione a corrente continua.

Per quanto l'invenzione del trasformatore risalga al 1884 (Gaulard) e quella del motore a campo rotante al 1885 (Ferraris), si deve arrivare fino al 1892 per trovare il primo impianto industriale di trasmissione a corrente alternata (Tivoli, 5.000 Volt). La trasmissione da Paderno a Milano, che si effettuò nel 1898, inizia con una tensione di 14.000 Volt la lunga e gloriosa serie delle trasmissioni trifasi.

Da quell'epoca, lo sviluppo dell'industria per la produzione e distribuzione dell'energia elettrica ha marcato un crescendo continuo. La deficienza di statistiche non permette di dare indicazioni precise. Si può tuttavia ritenere che l'industria oggidì rappresenti un investimento mondiale di almeno 600, forse 700 miliardi di lire attuali, di cui forse 25 miliardi si possono stimare immobilizzati in Italia, ed oltre 230 negli Stati Unito L'energia prodotta in tutto il mondo l'anno scorso sarebbe compresa fra 280 e 300 miliardi di kWh, con un valore commerciale di forse 170 o 200 miliardi di lire, nelle quali cifre l'Italia figura per circa 11 miliardi di kWh, rappresentanti un incasso di meno di 4 miliardi di lire, e gli Stati Uniti per circa 90 miliardi di kWh con un incasso di circa 41 miliardi di lire.

Il personale addetto all'industria elettrica può valutarsi in circa 800 mila persone in tutto il mondo, di cui forse il ventesimo in Italia. Si può subito notare la sproporzione fra l'enormità dei capitali investiti e l'esiguità del personale che vi trova occupazione, ciò che definisce in modo indubitabile il carattere immobiliare dell'industria elettrica.

A completare il quadro bisogna inoltre considerare che l'industria fondamentale della produzione e distribuzione di energia elettrica ha determinato a sua volta uno sviluppo grandioso nelle industrie costruttrici di materiale e di macchinario.

Ecco alcuni dati:

Dalle prime macchine che potevano alimentare al massimo un migliaio di lampade da 16 candele, si è passati gradatamente fino ai colossali turboalternatori installati nelle centrali termiche americane, che arrivano alla potenza di anche 160.000 kW per ogni alternatore.

Dalla prima turbina idraulica che comandava nella centrale di Appleton una dinamo Edison di 250 lampade, si è arrivati alle nove turbine da 85.000 cavalli, dell'impianto che i Soviet stanno costruendo sul fiume Dnieper, capaci di smaltire, alla velocità di 88 giri al minuto primo, una portata di 200 mc. al secondo, ciascuna.

Quanto ai pesi ed ai prezzi, si può notare con interesse che le macchine installate a Santa Radegonda pesavano 27 tonnellat[e] mentre oggi peserebbero soltanto 2500 kg., e che il prezzo d[i] 10.500 dollari (circa 200 mila lire attuali) chiesto al Senator[e] Colombo in data 31 agosto 1882 con un'offerta di pugno [di] Edison, sarebbe oggi compreso fra 15 e 20 mila lire.

Quanto alla tensione delle trasmissioni, se nel 1892 i 500[0] Volt dell'impianto di Tivoli sembravano una cosa molto a[r]dita, oggi la tensione di 220.000 è diventata per così dire no[r]male per grandi distanze e ingenti masse di energia. Vi sor[no] negli Stati Uniti oltre 2300 km di terne a tale tension[e;] nel Canadà una linea di 370 km porta a Toronto l'energia gen[e]rata dagli impianti sul fiume Gatineau; in Europa, va ricorda[ta] la linea a 220.000 Volt da Cardano a Cislago, oltre alla «sbarr[a]» della Germania occidentale, lunga 650 km circa, che congiun[ge] i giacimenti lignitiferi della Renania con le forze idraulic[he] austriache e svizzere, costruita per la tensione di 380.000 Vo[lt] ma funzionante per ora a 220.000 Volt. Finalmente pare c[he] in Russia sia stata decisa la costruzione di una linea spe[ri]mentale a 500.000 Volt, lunga 100 km.

Ma se, come pare, l'ampolla elettronica, oltre che il ra[d]drizzamento delle correnti polifasi ormai assicurato, consent[e] anche il passaggio inverso dalla corrente continua alle polif[asi] non sarà impossibile una detronizzazione del sistema trif[ase]

per le grandi trasmissioni, dato che con l'uso della corrente continua il loro costo sarebbe sensibilmente minore.

Infine, per ciò che concerne la luce elettrica, dalle poche candele delle prime lampade Edison a filamento di carbone, siamo passati ai 260 mila lumen delle lampade attuali a filamento di tungsteno nel gas (10 kW ciascuna); e da un rendimento specifico di 2 lumen per Watt (poco più di un quinto di candela circa) ad un rendimento di anche 26 lumen con una media di 13 lumen per Watt. Nel 1930 si calcola siano state vendute nel mondo forse un miliardo di lampadine per un valore compreso fra 2,5 e tre miliardi di lire italiane, mentre il valore totale del materiale e macchinario elettrico prodotto annualmente nel mondo è forse superiore a 60 miliardi di lire italiane, e il numero dei dipendenti addetti alle industrie sussidiarie all'elettrica si aggira sul milione circa.

Energia elettrica ed energia senza aggettivi.

Le cose dette fin qui, se possono dare un'idea dell'importanza assoluta dell'industria elettrica nel mondo, fanno forse nascere il desiderio di comparare questa forma di energia con le altre di cui l'uomo dispone.

A voler esaurire l'indagine si dovrebbe tener conto anche della forza degli animali da traino. Ma le statistiche disponibili ci forniscono elementi sufficienti, se non esaurienti, soltanto per i quantitativi di combustibili consumati (1).

Il consumo totale di carbone essendo di 1522 milioni di tonnellate, e le forze idrauliche fin qui usate avendo una equivalenza di soli 85 milioni di tonnellate, si deduce che lo sfruttamento dell'energia solare attuale (finora possibile, almeno industrialmente, soltanto attraverso le forze idrauliche) non fornisce che poco più del ventesimo dell'energia di cui l'umanità abbisogna. Siamo dunque ben lontani dall'ideale vagheggiato da chi si preoccupa di conservare i giacimenti fossili per le generazioni future.

Ma il carbone non è sempre sostituibile con l'energia elettrica, o perchè esso si comporta nei procedimenti industriali come una materia prima, come un agente chimico, o perchè impiegato a produrre calore come fine a sè stesso. Si può ritenere che il combustibile adibito alla produzione di forza motrice trasformabile in energia elettrica ammonti a 420 milioni di tonn. in cifra tonda, oltre ai 125 milioni già impiegati in questo modo (2).

Orbene, l'elettrificazione completa della forza motrice impiegata nel mondo, se si considera che per la metà viene adibita ai trasporti ferroviari, permetterebbe di risparmiare forse 150 milioni di tonnellate di carbone. Infatti secondo l'ultimo rapporto delle Ferrovie di Stato italiane, per ogni migliaio di tonn./km. virtuali rimorchiate, sono stati consumati kg. 51,2 di carbone nelle locomotive a vapore, e soltanto 31,1 kWh (ottenibili con non più di 25 kg. di carbone se fosse bruciato in impianti fissi) nei locomotori elettrici.

Il fabbisogno mondiale di energia meccanica e le forze idrauliche esistenti.

Ma se il passare attraverso l'energia elettrica, lungi dal rappresentare un lusso e uno spreco, costituisce un efficacissimo mezzo di risparmiare le riserve di combustibili di cui l'uomo dispone, La Palisse troverebbe che il risparmio massimo si otterrebbe con l'utilizzazione completa delle forze idrauliche.

Da questo punto di vista che cosa si può sperare per il futuro? Statistiche attendibili sull'ammontare mondiale della potenza idraulica esistente, non ce ne sono. Ci sono invece delle stime abbastanza numerose, le cui cifre variano nel rapporto estremo da uno a tre [334 milioni di kilowatt secondo il Geological Survey degli S. U. d'America e 1090 milioni di kW secondo il Dott. Van Heys (1)].

La valutazione del Geological Survey è probabilmente errata in difetto. L'Italia, per esempio, secondo una dettagliata ricerca condotta dagli Ingg. Marinoni e Testa (capo dell'Ufficio Idraulico della Edison il primo, e dell'« Unfiel » il secondo) potrebbe produrre annualmente, astraendo dalla convenienza economica, 59 miliardi di kWh idraulici, corrispondenti ad una potenza *continua* di quasi 7 milioni di kW mentre il Geological Survey attribuisce al nostro paese una potenza *utilizzabile*, cioè non ancora continua, di soli 2,8 milioni di kW.

Comunque sia, le forze idrauliche del mondo, anche con la stima più bassa, avrebbero sempre una equivalenza pari al carbone attualmente consumato, se si ammettesse di sostituire un chilogrammo di carbone con un kilowattora.

Ma quanti anni trascorreranno prima di vedere sostituita l'acqua al carbone, almeno là dove la sostituzione è possibile tecnicamente? Ai posteri l'ardua sentenza. Si può tuttavia ritenere assai remoto l'evento desiderato, almeno per le forze africane e forse per quelle della Russia asiatica.

Per tutti gli altri paesi, bisogna non soltanto selezionare, nel cumulo, le forze idrauliche *economicamente* utilizzabili (che in Italia, per esempio, nelle condizioni economiche attuali, ridurrebbero l'energia ricavabile da 59 a 32 miliardi di kWh), ma aver presente inoltre il progresso compiuto sia dalle turbine

---

(1) Ecco le cifre del 1928, riducendo in tonnellate metriche equivalenti di carbone, i quantitativi consumati di petrolio, di gas naturale, di lignite, nonchè la produzione idroelettrica:

	in milioni di tonn. metriche nel mondo	*in Italia*
Carboni e ligniti	1242	13,8
Petrolio	218	1,6
Gas naturale	62	—
Totale combustibili fossili	1522	15,4
Energia idroelettrica (1 kWh = kg. 0,8 di carbone)	85	7,0
Totale complessivo	1607	22,4

(2) Ecco a questo proposito come sembra avvenga il riparto del carbone fra i suoi diversi impieghi:

		milioni di t. metriche	
produzione ghisa e acciaio	17%	211	
gas illuminante	5%	62	
produzione calore industriale	22%	273	
produzione calore domestico	17%	211	
produzione forza motrice:			
ferrovie e tramvie	23%	286	485
navigazione	3%	37	
energia elettrica a servizio pubblico	6%	75	
industria	7%	87	

E quanto al petrolio, ecco le percentuali in peso dei sottoprodotti che se ne ottengono:

Benzina	34%	
Lampante	6%	
Olio pesante	49%	di cui 7% per navigazione
Lubrificanti	3,5%	
Vari	7,5%	

(1) Ecco il riparto delle due cifre fra i diversi continenti:

	milioni di kilowatt Geological Survey	*Van Heys*
Europa	42,7	100
Asia	50,9	360
Africa	140,4	150
Australia	12,2	51
America Nord	48,4	429
» Sud	39,4	
Totali	334,0	1090

e caldaie a vapore per la produzione centralizzata, sia dai motori Diesel per la produzione frazionata di energia meccanica, e trascuro di accennare alle promesse contenute in alcuni esperimenti fatti con fluidi diversi dal vapore acqueo, soltanto perchè per oggi premature.

Il risultato più macroscopico, quello che dal campo degli specialisti s'impone fin d'oggi all'attenzione del mondo economico, è la costante progressiva riduzione del peso di carbone consumato, per ogni kilowattora annualmente prodotto, nel complesso imponente di tutte le centrali a vapore degli S. U. d'America. Da 1450 grammi di carbone nel 1919, il consumo è gradualmente, ininterrottamente disceso fino quasi alla metà esatta nel 1930.

La curva accenna a mitigare il ritmo della discesa, è vero; ma se si considera che si tratta di una media generale, e che le più moderne centrali hanno avuto nel 1930 un consumo unitario annuale di soli 500 gr. in esercizio corrente, ed anche minore, è legittimo riflettere alle possibilità di successo avvenire delle nostre forze idrauliche. Tanto più legittimo in quanto il loro costo unitario, pur classificandosi specificamente fra i più alti del mondo, a cagione della loro scarsa potenza singola, ha seguito una curva esattamente contraria, aumentando continuamente; e si comprende, sia perchè i migliori impianti sono stati, generalmente parlando, scremati per primi, sia, e sopratutto, perchè nel costo degli impianti idroelettrici la mano d'opera, che grava per una percentuale compresa tra il 40 e il 50 %, pare destinata ad una crescente valorizzazione dalla natura stessa del progresso meccanico, che ne riduce l'aliquota necessaria a tutte le produzioni in serie.

In Italia, veramente, grazie appunto alla nostra povertà semiassoluta di combustibili, il pericolo che per la produzione centralizzata di energia elettrica si ricorra in futuro al carbone, anzichè all'acqua, è forse meno grave di quanto possa a primo aspetto apparire, perchè il carbone occorrente, dovendo essere tutto importato, viene a costare sensibilmente più che nei paesi d'origine. Ma non è così per la produzione frazionata. Il motore Diesel non tanto ha progredito nel suo rendimento termico, quanto nella semplicità della sua costruzione, cosicchè le aliquote di esercizio manutenzione ed ammortamento si sono abbassate a valori tali, che, come ho già avuto altrove occasione di dichiarare, le imprese distributrici sono ormai ridotte a difendersi dalla concorrenza del Diesel sul terreno del loro proprio profitto.

Carattere immobiliare dell'Industria Elettrica.

Fra le caratteristiche fondamentali dell'industria elettrica, tiene il primo posto la sua natura immobiliare, dalla quale discendono tutte le regole della sua vita. Due sono i rapporti che meglio servono a classificare le varie attività economiche, dal punto di vista della loro maggiore o minore immobilizzazione. In primo luogo, il rapporto fra il numero dei dipendenti e l'entità dei capitali investiti. In Italia, per esempio, con un immobilizzo di forse 25 miliardi di lire attuali, il personale impiegato nell'industria elettrica non supera probabilmente il numero di 40 o 45 mila persone, comprendendo nel conteggio anche il personale delle aziende di diritto pubblico.

In secondo luogo, il rapporto fra il valore della produzione annuale ed il capitale investito, il quale per l'industria elettrica oscilla fra un sesto e tre decimi, con un quinto circa come media (1).

Che del resto l'industria elettrica costituisca un impiego immobiliare dei capitali investiti, quando sfrutti le forze idrauliche, è nella coscienza di tutti gli utenti, dalla massa dei quali, ad ogni contrasto coi fornitori, si ripete il singolare rimprovero che l'*acqua non costa niente*! Ma il carattere immobiliare non viene meno neanche negli impianti termici. Per esempio, nel 1930 le imprese elettriche degli Stati Uniti produssero circa 89 miliardi di kilowattora, di cui 60 termicamente, bruciando circa 44 milioni di tonnellate metriche di carbone. Poichè l'introito globale fu di 2135 milioni di dollari, la spesa per il combustibile, supposto il prezzo di 4 dollari per tonnellata, rappresenta circa l'8,5 per cento degli introiti. Portando in conto i consumi accessorii, si arriva forse al dieci o undici per cento del prezzo del prodotto, cifra che spiega la natura immobiliare dell'industria, anche quando l'energia è generata termicamente.

La varietà necessaria di prezzi e tariffe.

Una delle conseguenze immediate di questa natura è la grande variabilità dei prezzi applicati, in tutto il mondo, alle differenti categorie di consumatori, anche se tale varietà sembri in stridente contrasto col fatto che l'energia elettrica è di una sola qualità (all'industria elettrica è negato ciò che forma la salvezza di molte altre attività economiche: la miscela di prodotti diversi). Gli è che la stessa potenza non viene utilizzata nella stessa misura e nello stesso modo dagli utenti, per i quali, anche se la natura dell'impiego che ne fanno sia identico, variano grandemente l'ora e le variazioni del consumo nella stessa giornata e nei diversi giorni e nelle diverse stagioni dell'anno.

Soffermiamoci alquanto su questo punto. Non avremo sprecato il nostro tempo. Pensiamo ad una utenza domestica per scopo di illuminazione, che richieda una potenza massima di un kilowatt (20 lampade da 50 candele simultaneamente accese). Il bisogno di luce, d'inverno si fa sentire in media soltanto per le prime ore scure; d'estate si riduce forse ad un'ora giornaliera; certo è che neanche le lampade adoperate più usualmente non saranno sempre tutte accese. La potenza massima di un kilowatt, anche se alla luce si ricorra per mille ore all'anno, non darà dunque luogo ad un consumo di 1.000 kilowattora; stando ai rilievi di alcune società americane, il consumo sarebbe in un anno di soli seicento o settecento kilowattora, mentre sarebbe certamente molto inferiore da noi.

Orbene, quanto capitale si deve investire nell'impianto completo, dalla presa sul lontano fiume fino al contatore, per ogni kilowatt mantenuto a disposizione del cliente? Una indagine espressamente fatta su alcune grandi reti italiane permette di indicare la cifra di otto a dieci mila lire. Se l'utente considerato consumasse 700 kilowattora, ogni kilowattora prelevato sarebbe gravato di un immobilizzo di 11 a 14 lire, e dovrebbe essere pagato ad un prezzo compreso fra 2 e 4 lire, che scenderebbe al quinto, soltanto se il consumo aumentasse fino a 350 kilowattora.

In questo stato di cose che cosa può fare il venditore? *Affittare* la potenza, come si fece nei primissimi tempi? Ma l'affitto conduce a grandi sperequazioni nei diversi casi di utilizzazione differente. Vendere a consumo, cioè senza preoccuparsi della sua maggiore o minore uniformità, della sua maggiore o minore durata? Con questo sistema si accontenterebbero alcuni clienti ma se ne perderebbero altri. Ecco avanzarsi spontanea l'idea di adottare sistemi tariffari compositi, che tengano conto in qualche modo degli elementi differenziali dei vari tipi di utenza. Fra tutti gli innumeri sistemi applicati, ha preso piede sempre più vasto la cosidetta tariffa binomia, composta di due termini, uno legato alla potenza prelevata, l'altro al consumo.

(1) Le statistiche degli Stati Uniti danno a questo proposito i seguenti rapporti:

Industria abbigliamento	3,24
» automobili	1,58
» tessile	1,30
» carta	0,81
» siderurgica	0,74
Industria mineraria (carbone)	0,69
Agricoltura	0,30
Ferrovie	0,27
Industria elettrica	0,19

L'analisi fatta non pretende all'esattezza. In realtà ci sono, nella gestione elettrica, delle spese che dipendono prevalentemente dal frazionamento della vendita (numero di utenti); altre, e sono preponderanti, dipendono piuttosto dalla potenza prelevata, cioè dalla potenza mantenuta a disposizione dell'utente; una terza categoria di spese infine dipende dall'uso che realmente viene fatto di tale potenza, cioè dal consumo in kilowattora. Conseguentemente anche le tariffe binomie comportano canoni fissi (per esempio il cosidetto nolo del contatore), che tengono conto delle spese della prima categoria, e le tariffe a scaglioni (prezzi decrescenti coll'aumentare del consumo con o senza garanzia di consumo minimo) raggiungono lo stesso risultato in modo implicito. Ma io non mi sono proposto di svolgere un corso di tariffìcazione dell'energia elettrica. Ho voluto soltanto mostrare per quali sostanziali ragioni il prezzo del kilowattora non possa essere identico nè per tutti gli utenti in uno stesso tempo, nè in tutte le condizioni per lo stesso utente. Questo non avviene per altri prodotti, per esempio per il gas. Da che dipende la differenza? Da una ragione molto seria, dal fatto che l'energia elettrica non è immagazzinabile; il consumo avvenendo nello stesso istante in cui avviene la produzione, la diminuzione del costo, quindi del prezzo del servizio, non può derivare che dalla sua maggiore estensione. Mi spiegherò meglio.

Il consumo dei singoli e quello delle folle.

La simultaneità della produzione e del consumo, associata alla impossibilità che tutti i consumi avvengano simultaneamente, spiega una fortunatissima combinazione: che la potenza erogata dalla centrale è minore della somma aritmetica delle potenze godute dai singoli utenti.

Nei primordi dell'industria idroelettrica, quando, per ragioni di semplicità, l'energia *si affittava* a forfait, in ragione di un tanto all'anno per ogni cavallo locato, questa scoperta (di trovare in centrale ancora disponibile un numero non disprezzabile di cavalli dopo averli affittati tutti) ha dato origine ad una leggenda che sussiste e diverte ancora oggidì, sopratutto perchè non sdegnano di asseverarla con grande serietà uomini autorevoli in altri campi: la leggenda che l'industria elettrica è la sola che possa vendere due volte il proprio prodotto! I tecnici, per intendersi in argomento, hanno caratterizzato la fortunata combinazione sopra menzionata definendo il così detto *fattore di concentrazione*, cioè il rapporto fra l'ordinata massima del diagramma di prelievo complessivo e la somma delle ordinate massime dei diagrammi di prelievo dei singoli utenti di una stessa categoria (1).

Il calcolo delle probabilità, basato in questo caso sulla comunanza degli stimoli, dimostra che anche un numero relativamente piccolo di utenti della stessa natura basta a determinare un fattore di concentrazione poco maggiore del minimo ottenibile con un numero grandissimo. È grazie a questo meccanismo che un ipotetico cliente, il quale, impegnando un kilowatt, consumasse soltanto 400 o 500 kWh, cessa di essere considerato un pessimo cliente, e può legittimamente avere il servizio a condizioni di prezzo molto meno alte di quelle cui dovrebbe assoggettarsi se fosse solo a goderne. Dove si ritrova un'inattesa applicazione della verità antica, che l'unione fa la forza, rimanendo logicamente demolita la singolare leggenda più addietro ricordata.

Il fenomeno di regolarizzazione del diagramma complessivo prosegue e si accentua quando una stessa rete alimenti utenti di natura diversa, i quali cioè prelevino energia secondo diagrammi giornalieri diversi. Il particolare fattore di concentrazione che in questo caso si può analogamente definire, si chiama da taluno *fattore di diversità*.

(1) La terminologia in uso non è costante: alcuni preferiscono per il fattore di concentrazione, come per quello di diversità, il rapporto inverso.

Ma il beneficio economico dei fenomeni di concentrazione e di diversità varia notevolmente a seconda che gli utenti siano raggruppati in uno spazio limitato, o invece siano dislocati in zone più o meno vaste, perchè varia sensibilmente da un caso all'altro l'estensione lineare delle reti occorrenti, d'onde nasce un'altra causa di differenziazione fra le tariffe di diverse località.

Spero così di avere dato ragione della necessaria complessità delle tariffe e dello stimolo al concentramento cui obbedisce l'industria elettrica di tutto il mondo. È soltanto grazie alla diversità dei prezzi di vendita di una prestazione apparentemente unica (il kWh) che i venditori di energia elettrica possono lavorare sul diagramma complessivo, per renderlo meno accidentato. Quindi, facilitazioni di prezzo al consumo esclusivamente notturno o festivo; a chi si inibisca il prelievo durante le ore di punta, o non lo interrompa nelle ore del mezzodì, o prelevi energia esclusivamente stagionale. Ed è proprio qui che appaiono più giustificate le diffidenze di chi avversa la gestione statale. Ve la immaginate voi nelle mani dello Stato una industria che, ai guai delle costanti e ponderose preoccupazioni finanziarie, aggiunge il doppio assillo di provvedere tempestivamente all'incerto incremento del consumo, e di collocare, *coûte que coûte*, tutta l'energia di cui dispone, ed è perciò costretta a lasciare mano libera ai suoi funzionari, nel dibattere il prezzo coi possibili acquirenti? L'industria elettrica, è vero, ignora le difficoltà inerenti alla maestranza numerosa, all'acquisto delle materie prime, alla concorrenza nel collocamento dei prodotti, alle responsabilità circa la qualità dei medesimi, ai rischi degli incassi; ma ad onta di questa sua semplicità è, per le ragioni addotte, piuttosto controindicata per gli enti pubblici, per i quali infatti quasi sempre la prima difficoltà consiste nel trovare denari, e la seconda nel lasciare libertà di decisione ai funzionari. Significativa a questo proposito è la tendenza odierna dei municipi germanici di sbarazzarsi dei loro servizi industriali. Berlino per esempio, ha ceduto all'iniziativa privata la Bewag (la società anonima mediante la quale il Comune monopolizzava il servizio elettrico), conservando soltanto una parte del relativo capitale.

Il collegamento degli impianti.

Ma è soltanto creando più vaste solidarietà industriali, intese al massimo sfruttamento degli immobilizzi, che si possono diminuire i costi di produzione e distribuzione; è soltanto per questa via che si può armonizzare nel miglior modo il legittimo diritto del capitale ad un equo profitto, col comprensibile desiderio del consumatore di avere l'energia elettrica in abbondanza, ed al minor prezzo possibile.

Non sprecare l'acqua immagazzinata; utilizzare al massimo l'acqua non immagazzinabile; impiegare le centrali termiche nelle condizioni di massimo rendimento; sfruttare per il maggior tempo possibile le linee e le reti di distribuzione; cioè, riassuntivamente, eliminare le divergenze fra il diagramma complessivo del consumo e quello delle disponibilità, aumentandone al massimo l'area relativa, ecco in poche parole riassunto il compito e nello stesso tempo il vangelo dell'industria elettrica; ecco la spiegazione e la sintesi degli sforzi che essa compie, dei metodi che adotta, dei risultati cui tende.

Le difficoltà che si oppongono al raggiungimento di questi scopi sono assai meno di natura tecnico industriale che d'indole finanziaria.

Accordare il diagramma della producibilità col diagramma del consumo e fronteggiare l'incremento della richiesta prevenendola, è relativamente facile e poco impegnativo con le centrali termiche, sia perchè facilmente ingrandibili (se il piano regolatore sia stato opportunamente studiato), sia perchè costano meno e si costruiscono in minor tempo, sia infine perchè il minor tempo occorrente permette di differire la decisione, e con ciò diminuire

il rischio di un eventuale errore, per eccesso di ottimismo, nella previsione degli incrementi.

Il problema è, se non più complicato, più impegnativo quando si tratti di centrali idrauliche, perchè qui si sentono delle costrizioni che là non esistono. Una prima ve la impone il diagramma delle portate, che non dipende da voi (talchè la quantità d'energia ricavabile da ogni centrale e la sua ripartizione nel tempo sono quelle che sono, non quelle che si vorrebbe), e sul quale poi non si può fare assegnamento, non soltanto per la mutevolezza delle precipitazioni integrali, ma per la variabilità estrema della loro distribuzione nel tempo. L'Italia alpina, per esempio, è ricca di acqua in estate (per l'appunto quando la richiesta di energia è minore), ed entra in magra proprio al principiare dell'inverno (quando il consumo diventa massimo ed ha le maggiori esigenze), ma le magre invernali sono tutte diverse. Sugli Appennini settentrionali poi, pare domini sovrano il capriccio nelle precipitazioni, cosicchè i relativi impianti si sono costruiti soltanto in grazia dello strano potere costruttivo dell'errore preventivo, al quale le nazioni sono debitrici di molte opere che l'eccessiva sapienza avrebbe impedito per sempre, forse, di eseguire. Si è a lungo favellato di una compensazione favolosamente redditizia fra gli Appennini settentrionali e le Alpi. Non ci credete, o quanto meno pensate ad una pariglia formata da un cavallo e da un cane. Il cavallo sta alle Alpi come il cane agli Appennini settentrionali, e il paragone è favorevole agli Appennini.

Il diagramma del consumo e quello delle disponibilità.

Agli accennati disaccordi ce n'è un altro da aggiungere, che è forse fondamentale fra tutti, voglio dire l'indipendenza, lo slegamento assoluto del diagramma di consumo, da quello della disponibilità idraulica.

Il diagramma che rappresenta il consumo giornaliero, in funzione del tempo, in una rete importante, si presenta nella forma di una M maiuscola, rozzamente tracciata. L'avvallamento centrale risponde al riposo meridiano; le due sommità che lo delimitano corrispondono alle ore di lavoro diurno, il resto alle ore notturne. I diagrammi feriali sono diversi dunque dai festivi; quelli invernali dagli estivi, sopratutto perchè la così detta punta luce, la sopraelevazione che l'illuminazione determina nella seconda sommità, in corrispondenza al crepuscolo, e che va degradando più o meno rapidamente nelle ore successive, è una funzione della stagione (oltre che delle condizioni del cielo); e naturalmente, d'estate, nell'emisfero boreale, risulta assai meno accentuata che d'inverno. Ma il diagramma di una rete alimentante oltre che la luce gran copia di industrie (Milano, Detroit) è diversissimo da quello di una rete in cui prevalga l'utenza luce (Berlino, Roma), quantunque anche allora si verifichi che il diagramma giornaliero non è uniforme. Il fiume invece, se accorgimenti speciali, non sempre possibili e sempre costosi, non siano intervenuti, continua per tutti i minuti secondi del giorno e della notte a convogliare la stessa portata. Ed ecco l'uomo contro il fiume.

Ad attenuare, se non eliminare, molti dei contrasti elencati, servono egregiamente i serbatoi diurni, settimanali, stagionali. I primi permettono di tener testa alla punta luce con l'acqua notturna. I secondi accumulano a vantaggio dei giorni feriali l'acqua del riposo festivo. Gli ultimi differiscono alle epoche di magra l'acqua esuberante delle stagioni ricche.

Invece dei serbatoi si possono costruire centrali termiche opportunamente dislocate. È dubbio assai se la convenienza economica permetterà anche in avvenire di costruire grandi serbatoi stagionali piuttosto che centrali termiche. Ostacolano i primi, da una parte la sempre maggiore difficoltà di trovare ubicazioni geologicamente ed economicamente accettabili per la costruzione delle dighe, e il crescente costo unitario degli impianti idroelettrici; favoriscono le seconde i loro costi di costruzione e di esercizio, che vanno continuamente diminuendo: il primo per diminuzione di prezzo dovuta alla crescente meccanizzazione, il secondo a motivo dei progressi realizzati dalla termotecnica. Le centrali termiche inoltre, quando si costruiscano in città importanti sul mare, allacciate con importanti linee alle centrali idrauliche, si inseriscono assai vantaggiosamente nella collana delle centrali idrauliche, come elementi di integrazione, perchè fanno risparmiare la spesa di trasporto del carbone, e in più l'energia da esse prodotta, per essere consumata in loco, è meno falcidiata dalle perdite di trasmissione.

Il concentramento dell'industria.

Ma si ricorra ai serbatoi o si preferiscano le centrali termiche, entrambi le soluzioni non possono venire affrontate se non da organismi potenti. La modesta azienda di una volta, quella che limitava la rete e la vendita ai bastioni della città, non poteva seguire, per impossibilità creditizie, il rapido evolversi delle idee, nè fronteggiare le crescenti esigenze.

D'altra parte, come si è già osservato, il collegamento tecnico delle singole reti di distribuzione (interconnessione) è utilissimo per meglio sfruttare le disponibilità e meglio compensare le irregolarità dei diagrammi, ma non si può realizzare nè facilmente nè utilmente, senza una intima comunione degli interessi economici di tutte le aziende interessate.

Nacquero da queste necessità le potenti concentrazioni elettriche moderne, tutte formate su uno stesso schema. Al centro la Società madre, alla periferia le società filiali. Spesso la prima non provvede direttamente nè alla produzione nè alla distribuzione di energia, limitandosi a conservare il dominio delle filiali (non dovunque a ciò occorre il possesso della maggioranza del capitale) e provvedere gradualmente ed organicamente allo sviluppo del programma comune ed alle necessità del finanziamento. Talvolta dalla Società madre dipende direttamente un numero relativamente piccolo di organismi, o puramente finanziari essi pure, o anche industriali, che funzionano da capi-gruppo di sistemi minori. Infine le singole cellule dell'organizzazione possono accudire soltanto alla produzione o soltanto alla distribuzione, ma l'esperienza nostrana sembra dimostrare preferibili organismi misti.

La creazione di questi importanti raggruppamenti, se ha fuori dubbio favorito ed accelerato lo sviluppo dell'industria (in quanto ha realizzato le condizioni fondamentali per conseguire la diminuzione del costo, *ergo* del prezzo del servizio), ha d'altra parte reso più manifesta e più cospicua, nello stesso tempo che permetteva di più facilmente superarla, una difficoltà dapprincipio mascherata: quella di fornire tempestivamente all'industria elettrica i capitali occorrenti alla costruzione degli impianti che l'incremento del consumo rende necessari, che anzi impone siano iniziati con qualche anno di anticipo. Le cifre ricordate circa il valore patrimoniale degli immobilizzi fatti fin qui attestano l'ampiezza del problema. Ma se si vuole qualche maggiore spiegazione, dirò:

a) che in Europa ci sono già due o tre gruppi che producono da tre a quattro miliardi di kilowattora ogni anno, e perciò dovettero investire, tra capitale azionario e debiti, forse cinque miliardi e più di lire italiane ciascuno;

b) che le somme richieste ogni anno dall'estendersi ed intensificarsi del servizio superano (e in tempi normali di molto) l'ammontare dei dividendi, cosicchè al finanziamento non si può provvedere se non ricorrendo largamente al credito, sotto forma di obbligazioni, e richiamando attorno all'industria un numero sempre maggiore di azionisti;

c) che con ogni verosimiglianza, non passerà molto tempo che l'investimento di capitali nell'industria elettrica diventerà paragonabile e forse supererà quello richiesto dalle grandi reti ferroviarie.

Una rete internazionale europea?

Ma sulla strada della concentrazione, che cosa ci riserba l'avvenire? L'industria elettrica è radicata al suolo più della stessa agricoltura, nel senso che il suo prodotto non può essere imballato e trasportato, nè sulle ferrovie nè attraverso gli oceani, in concorrenza con prodotti stranieri. Da questo punto di vista dunque, mentre si presta egregiamente a soddisfare il sentimento nazionalista, del quale diventa quasi dappertutto una beniamina, non può suscitare gelosie internazionali. Per un altro verso, appartenendo alla categoria generale dei servizi pubblici, e quindi offrendo al risparmio un impiego se non lucroso, almeno tranquillo e sicuro, si distingue dalle industrie consorelle per il continuo fabbisogno di denaro, a soddisfare il quale non basta spesso il capitale nazionale, ma occorre l'aiuto del capitale estero.

Per le ragioni addotte l'industria elettrica offre una delle più vaste e simpatiche piattaforme per le intese finanziarie internazionali; ed infatti allo sviluppo dell'industria elettrica, così italiana come di altri paesi, hanno concorso capitali stranieri, sopra tutto americani, svizzeri e belgi, di guisa che si vennero creando ragioni e strumenti di rapporti, che non possono a meno di contribuire alla migliore conoscenza degli interessi e delle necessità dei vari paesi, ossia, in fondo, alla maggiore cordialità delle relazioni internazionali.

Lo spirito umano è incline alle generalizzazioni, le quali, forse per ciò, formano la delizia degli spiriti giovanili, e non trovano diffidente e guardingo, generalmente parlando, se non l'uomo maturo d'esperienza, dal che nasce quella salutare lentezza nelle mutazioni che un filosofo potrebbe codificare nel monito: cambiare il meno possibile. Ma i vantaggi della concentrazione nazionale sono stati reali e cospicui. Perchè dunque fermarne il procedimento ai confini dei diversi Stati? Le intese finanziarie internazionali a vantaggio dello sviluppo del servizio elettrico si sono dimostrate più facili, che per ogni altra forma di attività economica; perchè non generalizzarle ed ampliarle ulteriormente, fino a creare vastissimi raggruppamenti di interessi collegati, in numerosi paesi diversi?

Ecco la più attendibile spiegazione dei progetti o, per meglio dire, delle idee di coloro che, superando le frontiere, vorrebbero alimentare le reti nazionali con una gigantesca super-rete europea, sulla quale concentrare l'energia delle più economiche forze idrauliche e dei migliori giacimenti di combustibili di tutta Europa, non solo, ma con la quale spingere all'estremo la compensazione dei diagrammi e la riduzione delle punte.

Fermiamoci a chiarire quest'ultimo punto. Se gli sforzi di tutti i produttori e distributori di energia sono tesi verso la uniformazione del diagramma di carico, perchè non sfruttare a questo scopo la condizione naturale del progressivo sfasamento del giorno alle diverse longitudini, e del non meno progressivo sfasamento del crepuscolo alle differenti latitudini?

Riconosciamo subito essere tutt'altro che sgradevole, in teoria, immaginare una rete di linee ad altissima tensione (si parla di 400 mila ed anche di 660 mila Volt) stesa su tutto il continente: dalla Russia Meridionale e dalla Rumenia, dove abbondano il carbone e il petrolio, attraverso l'Austria, fino alla Spagna ed al Portogallo, dove abbondano le rivoluzioni; dalla Norvegia, dove abbondano le forze idrauliche, attraverso la Germania ricca di ligniti, fino all'Italia dove signoreggia il sole; dall'Inghilterra, seduta sul carbone, attraverso la Germania, patria di Bismarck, ai Balcani ed al Bosforo, dove l'astuto lungimirante uomo di Stato non voleva conflitti per salutare profetico timore di mandare a gambe all'aria gli imperi centrali. Ho detto in teoria. Volevo dire: astraendo dagli aspetti politici di una sistemazione, che per pura combinazione darebbe al binomio Germania-Austria il vantaggio ed il privilegio di funzionare come chiave di volta di tutto l'edificio, visto che si trova al centro dell'Europa e sul suo territorio devono necessariamente incrociarsi le arterie immaginate.

Ma anche astraendo da questo scoglio, che poteva certo essere qui segnalato senza stonare con le tradizioni patriottiche della Società Italiana per il Progresso delle Scienze, e soffermandoci invece sull'aspetto economico, non si può non essere molto, molto dubitosi, almeno allo stato odierno del progresso tecnico-scientifico, sull'utilità economica di simili progetti, dei quali il più noto è stato presentato l'anno scorso a Berlino dal Signor Oliven, Direttore della *Gesfürel* (1), e braccio destro, si dice, di Heinemann, il valentissimo espertissimo capo della *Sofina* (2), uno dei gruppi elettro-finanziari più potenti, forse il più potente, d'Europa.

I fondamenti di questi dubbi mi sembrano molto solidi:

a) In primo luogo, allo stato attuale della tecnica, il trasporto per mare del carbone costa molto meno del trasporto sulle linee elettriche dell'energia corrispondente (3). Anche ammesso dunque, che le popolazioni e gli industriali italiani e i francesi del sud si contentassero di dipendere da centrali installate nel nord della Francia, e consumanti carbone inglese per l'energia loro occorrente, non è detto che il prezzo d'acquisto della medesima sarebbe minore che non generandola in una centrale termica anche molto meno potente, eretta in uno dei porti mediterranei del loro paese, anzi sarebbe certo il contrario.

b) In secondo luogo, è vero che gli impianti idroelettrici alpini danno il kilowattora a condizioni di prezzo più elevate che non le forze idrauliche della Norvegia; ma le perdite e gli oneri della trasmissione sono lì per assorbire la differenza in tutto o in grandissima parte. E in ogni caso, nessun italiano, nessuno svizzero nessun austriaco riterrà mai preferibile ammortizzare gli impianti idraulici scandinavi piuttosto che quelli del proprio paese.

c) In terzo luogo, anche il trasporto ferroviario del carbone, mentre costa meno del trasporto elettrico della corrispondente energia quando la tensione non superi 200 mila Volt e le distanze siano correlativamente modeste (150 a 250 km), non pare possa perdere tale supremazia anche quando la tensione sia spinta a 400 mila Volt. In Italia per es. (con le più alte tariffe d'Europa) il trasporto a 1000 km di mezzo kg di carbone (equivalente ipotetico di un kWh) costerebbe cent. 5,5; e non pare che la trasmissione elettrica potrebbe costare meno, visto che Oliven, per preventivare 5 cent. deve calcolare su un tasso di interesse minimo: 3 ½ % soltanto.

d) Infine anche il vantaggio, teoricamente innegabile, della possibile compensazione dei diagrammi di consumo delle diverse longitudini e delle diverse latitudini sulle quali si stende l'Europa non può giustificare, perchè non potrebbe compensarli, gli oneri e le perdite inerenti ai collegamenti che dovrebbero sostituire la maggior potenza di macchinario generatore che l'assenza dei collegamenti rende necessaria. In uno studio interessante condotto sull'argomento, l'Ing. Mungioli (capo dell'Ufficio Studi della Società Edison) rileva che sul territorio europeo lo scarto delle punte luce estreme sarebbe di cinque ore in longitudine e di poco più di due ore in latitudine al solstizio d'inverno. In base a questi ed altri dati attinti alla conoscenza delle reti del Gruppo Edison e di altri paesi, formulando alcune ipotesi semplificative sulla forma reale delle punte luce,

---

(1) Gesellschaft für elektrische Unternehmungen–Ludw. Loewe & Co. A. G. - Berlino.

(2) Société Financière de Transports et d'Entreprises Industrielles, Bruxelles.

(3) Secondo il Sig. Oliven il costo della trasmissione a 1000 Km (supponendo per il danaro un tasso d'interesse del 3 ½ %), sarebbe all'incirca di 5 cent. di lira per ogni kWh.

Il trasporto del Cardiff dall'Inghilterra a Genova costava nell'anteguerra da 7 a 9 scellini per tonnellata, ossia, ammesso un consumo di 500 gr. per kWh, da 1,6 a 2,1 cent. per ogni kWh. I noli attuali sono forse inferiori.

e passando attraverso il calcolo dei fattori di diversità che si otterrebbero con l'alimentazione centralizzata di tutta l'Europa in confronto di una ipotetica alimentazione frazionata, sostituita per necessità di calcolo alla reale, l'Ing. Mungioli, nella ricerca che apparirà prossimamente sulla rivista *L'Energia Elettrica*, giunge alla conclusione che l'alimentazione centralizzata di tutta l'Europa potrebbe ridurre la potenza di punta luce (ossia la potenza del macchinario a ciò occorrente) del 63 % circa, ossia da 5,5 a 2 milioni di kilowatt.

Contro l'economia d'immobilizzo corrispondente a tale risparmio di potenza (valutabile in forse 3 miliardi di lire) starebbero i maggiori oneri finanziari e le maggiori perdite di energia conseguenti alla costruzione ed al funzionamento delle linee di collegamento, valutabili rispettivamente in circa 4 miliardi di lire da investire, ed in circa un miliardo di kilowattora di perdita annuale. Se le indagini su cui mi intrattengo non possono raggiungere mai l'esattezza, bastano tuttavia a far ritenere che se anche la mastodontica immaginata concentrazione fosse facilmente eseguibile e realmente vantaggiosa, il suo beneficio economico non potrebbe essere che modesto, e, per risultare dalla differenza di fattori cospicui, correrebbe il grave rischio di annullarsi e peggio di tramutarsi in danno.

Due considerazioni ancora, ed avrò finito. Una di carattere contingente. Alludo al costo del danaro, che in una industria immobiliare come l'elettrica costituisce la causa preminente del costo del prodotto. Progetti come quelli di cui ci occupiamo non potrebbero essere presi in qualche considerazione nè dalle finanze pubbliche, nè dalle private, se non in periodi di grande prosperità e sopratutto di grande serenità e fiducia. Non viviamo oggi, nè forse vivremo ancora per molti anni, in una atmosfera simile. Il tasso del danaro occorrente alla realizzazione del suo progetto viene indicato dal Signor Oliven nel 3 ½ %. Tutto può darsi a questo mondo, anche dunque, il ribasso nel costo del denaro. Ma intanto i prestiti americani postbellici costarono, sempre, l'8%. Siamo dunque assai lontani, non dico dal basso valore posto come condizione di successo, ma dall'intravvedere se e quando potrà verificarsi una tendenza decisa alla necessaria diminuzione.

L'incidenza dell'energia elettrica sul costo dei prodotti e della vita.

L'altra osservazione è di carattere generale e si riferisce alla incidenza della provvista di energia elettrica sul bilancio delle industrie trasformatrici e delle famiglie.

Per cominciare da quest'ultime, è ormai notorio che la spesa causata dall'energia elettrica sul bilancio famigliare è dell'ordine dell'uno per cento della spesa totale.

È del pari notorio che se si astrae, come si deve, dalle industrie nelle quali l'energia elettrica costituisce una materia prima o si comporta come un elemento insostituibile, cioè se si considera la grande maggioranza delle industrie nelle quali l'energia elettrica non rappresenta altro che la forza motrice, l'incidenza del suo costo non supera il due per cento del valore dei prodotti.

Mi si può obiettare che non al valore totale dei prodotti si deve far riferimento, bensì all'aumento di valore aggiunto dalla lavorazione. Ebbene, le statistiche americane possono chiarire sufficientemente anche questo punto. Si deduce dalle medesime che l'energia elettrica rappresenta all'incirca l'1,5 % del valore dei prodotti industriali e il 3,5 % del valore aggiunto dalla lavorazione.

In questa condizione di cose non sembrano giustificabili nè i progetti colossali dei quali si discorre, nè gli incitamenti di coloro i quali nel concentramento dell'industria vedono tali pericoli per l'utente, da invocare con alte grida l'intervento dello Stato. Non le super-reti europee, perchè l'estensione ulteriore delle reti nazionali non potrebbe determinare sensibili miglioramenti nei diagrammi di consumo relativi, se non a prezzo di oneri e perdite che, almeno in gran parte, eliminano il vantaggio dell'eventuale miglioramento, e taccio delle soggezioni e preoccupazioni d'altra natura.

Non infine l'intervento statale, perchè, per dirla con una frase sintetica, il gioco non vale la posta. Se anche, in ipotesi non ammissibile, questo intervento potesse far abbassare del venti per cento il prezzo medio per l'utente (non ammissibile perchè con questa riduzione degli introiti, gran parte degli utili attuali scomparirebbe) il beneficio arrecato all'utenza sarebbe talmente piccolo, relativamente parlando, da poterlo ritenere trascurabile rispetto al complesso degli altri oneri e spese, sopratutto se si ha presente l'aleatorietà di molti dei medesimi.

I risultati.

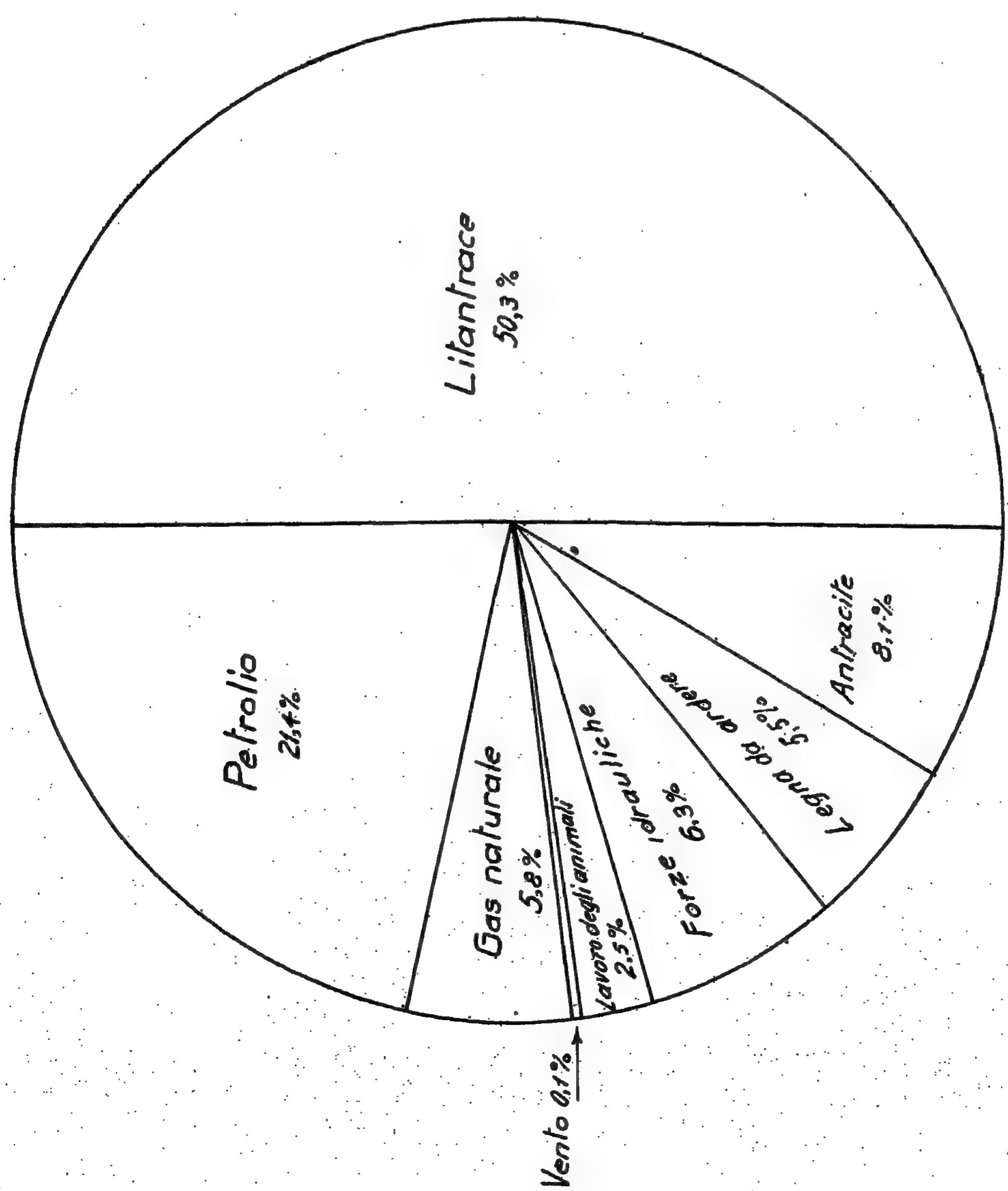
Del resto non fu necessario l'intervento politico dello Stato e degli enti pubblici per ottenere dall'industria elettrica risultati più cospicui assai di tale ipotetica riduzione.

Dal principio del secolo ad oggi, pressochè dovunque, il prezzo oro dell'energia per l'utente è diminuito di oltre il cinquanta per cento, mentre il costo della vita, indice dei prezzi al minuto, è almeno raddoppiato. Agli Stati Uniti d'America il numero indice rappresentativo del costo dell'energia elettrica per usi domestici (fatto uguale a cento il costo del 1913) è disceso a 70 alla fine del 1930, mentre era di 155 alla fine del 1902. Quanto ai prezzi italiani, se le statistiche non sono molto ricche, citeremo i dati di Milano. Nel 1902 la luce a Milano si vendeva a una lira per kWh; discese nel 1915 a cent. 0,40; oggidì si vende a L. 1,10 attuali pari a 30 cent. prebellici, con una diminuzione monetaria del 70 % rispetto al principio del secolo, mentre il costo della vita è aumentato di almeno il 100 %. A completare il quadro italiano, lasciatemi ripetere qui alcune cifre già comunicate altrove. I competenti stimano che le famiglie italiane non paghino al venditore per il servizio della luce elettrica più di 500 milioni di lire all'anno, con un'aliquota media di poco più che 60 lire per famiglia. Nella stessa Milano l'incasso medio per ogni utenza domestica a contatore si aggira intorno alle 250 lire; ma ci sono qui circa 90 mila famiglie, i così detti forfaits popolari, che pagano al fornitore non più di 65 lire all'anno cadauna, avendo per questo prezzo gratis l'impianto. Il tabacco ha fatto introitare allo Stato nell'esercizio 29-30 circa 3.600.000.000, dunque poco meno di 400 lire per famiglia, sette volte tanto la luce elettrica.....

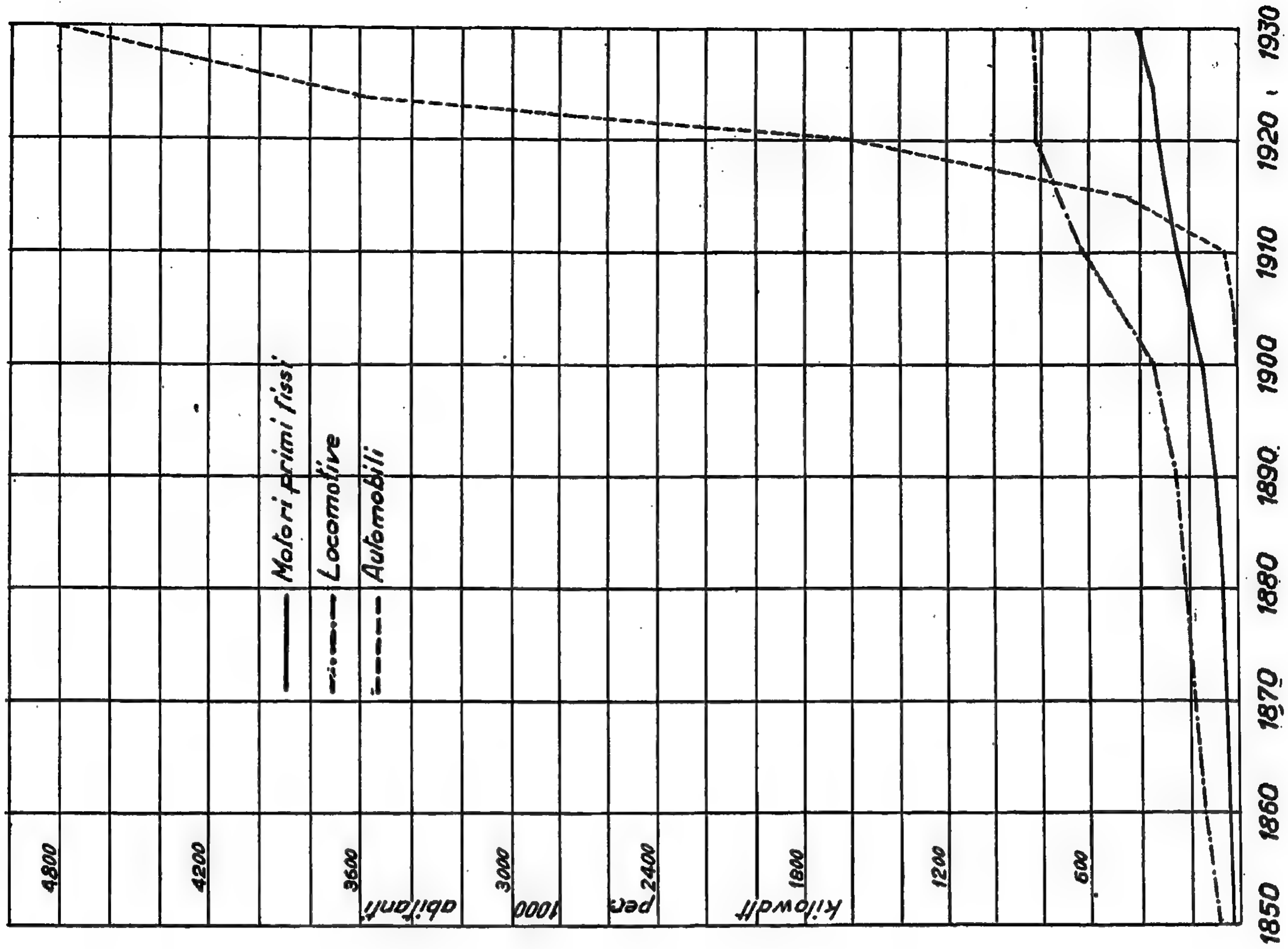
Non mi dilungo ulteriormente. Le cifre e le ragioni esposte mi sembrano dirimenti nel dimostrare l'inutilità, diciamo l'oziosità, dell'intervento degli enti pubblici, e specificatamente dello Stato, a tutela dell'interesse dei consumatori e contro gli eventuali eccessi delle imprese elettriche. Il monopolio di fatto il quale queste esercitano la loro industria (e che è la conseguenza necessaria della natura medesima di tutte le industrie centralizzate a servizio pubblico), nè ha gravato ingiustamente in passato sui consumatori, come dimostra il costante ribasso intervenuto nel prezzo del servizio, nè si può temere che gravi in futuro. Esonera da questo timore non soltanto il freno efficacissimo della concorrenza dei sistemi termici, ma forse più ancora la necessità, per tutte le imprese industriali a larghissima base, di erigere a regola fondamentale della loro vita il proposito di soddisfare la clientela, di rendersi utile alla medesima, in una parola di *servirla*. Solo se avrà la capacità di intendere il valore morale di questo insegnamento e s'ingegnerà di tradurlo in pratica con tutti i provvedimenti più idonei allo scopo, l'impresa potrà garantirsi le condizioni indispensabili per farla prospera, perchè solo per questa via potrà guadagnarsi e mantenersi non pure la fiducia degli azionisti e dei finanziatori, ma sopratutto la considerazione e la stima degli utenti, e dei concittadini, la quale costituisce per chiunque la ricompensa più pregiata, il premio più ambito, l'affare più sicuro.

IL CONTRIBUTO DELLE VARIE FORME DI ENERGIA NATURALE AL FABBISOGNO COMPLESSIVO

(Stati Uniti 1927)

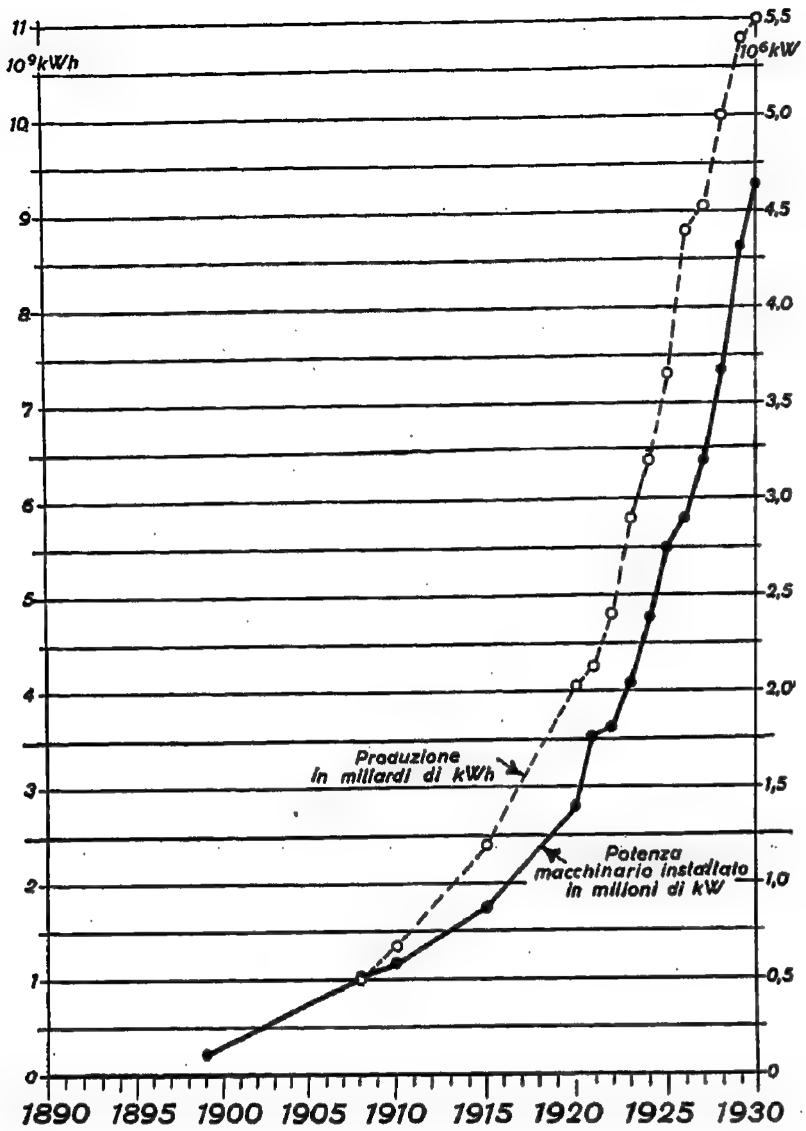


LO SVILUPPO DELLA MECCANIZZAZIONE NEGLI STATI UNITI

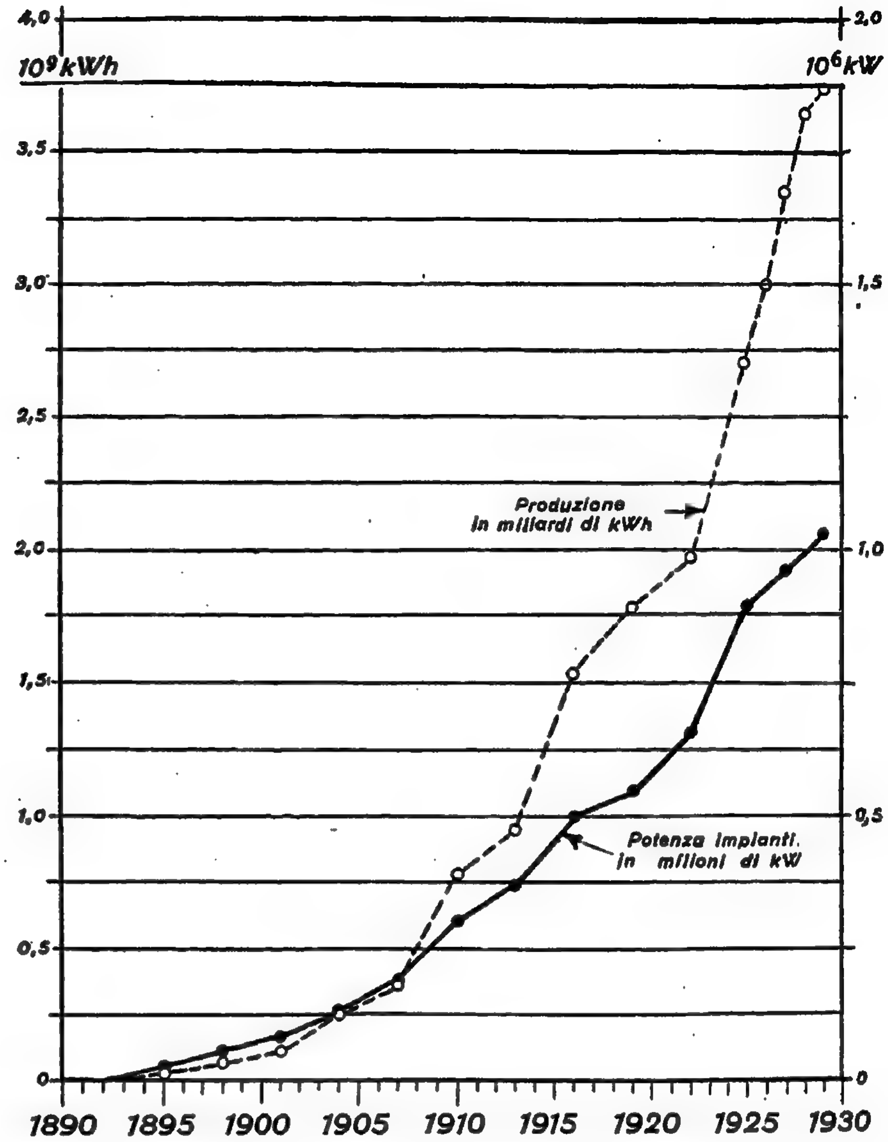


SVILUPPO DELL' INDUSTRIA ELETTRICA IN ALCUNI PAESI DEL MONDO

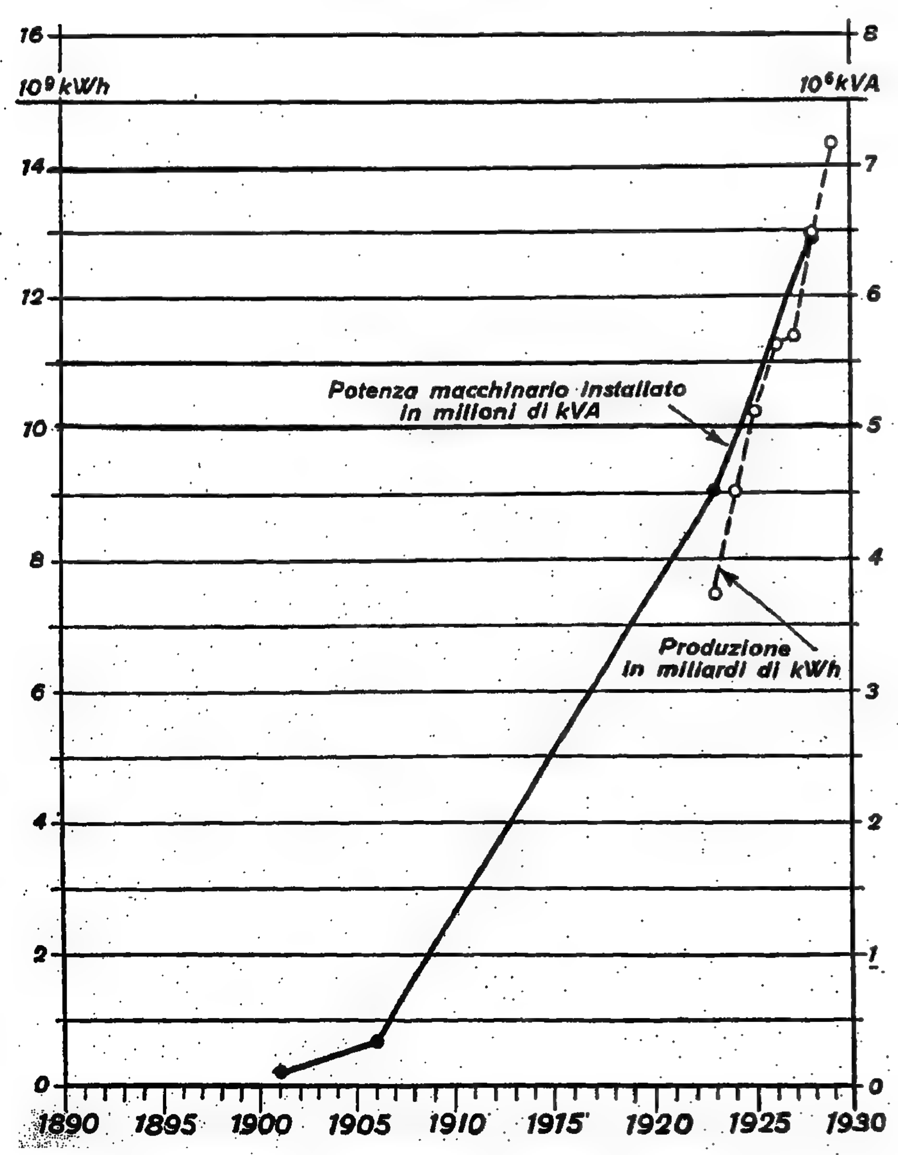
ITALIA



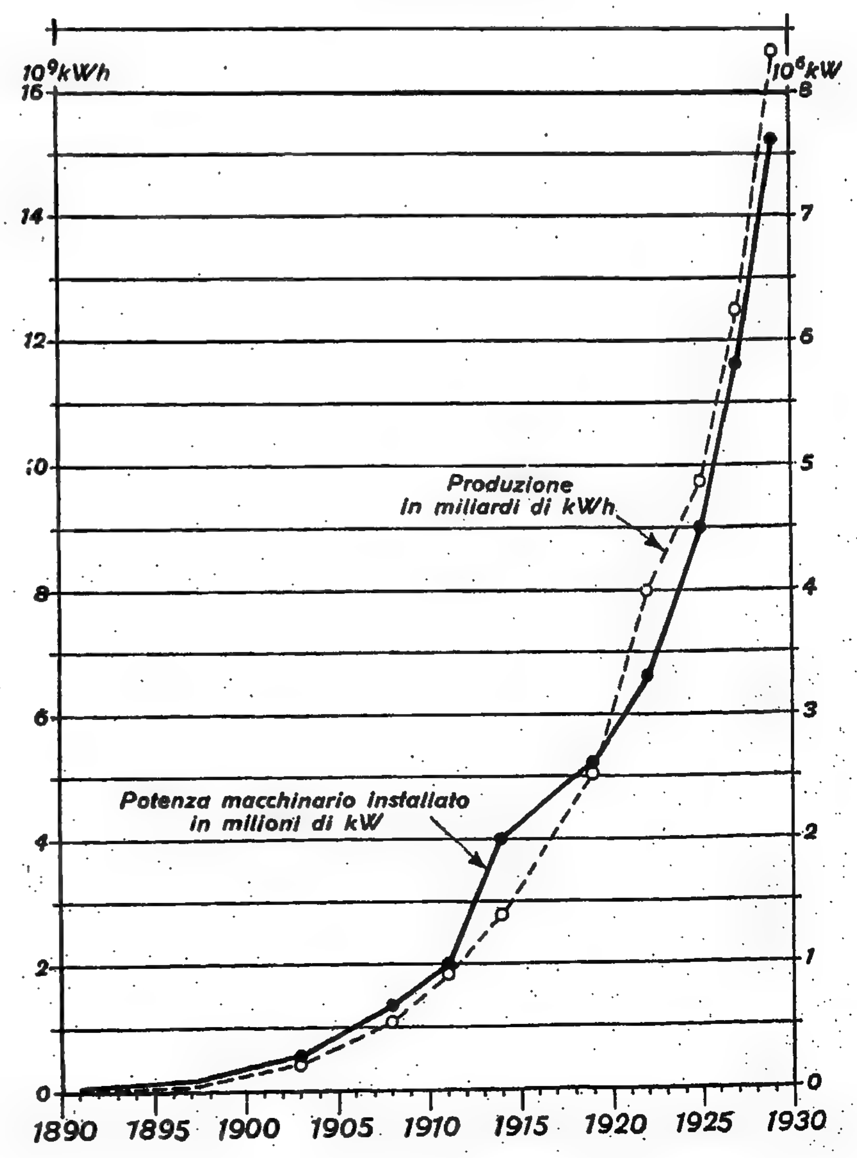
SVIZZERA



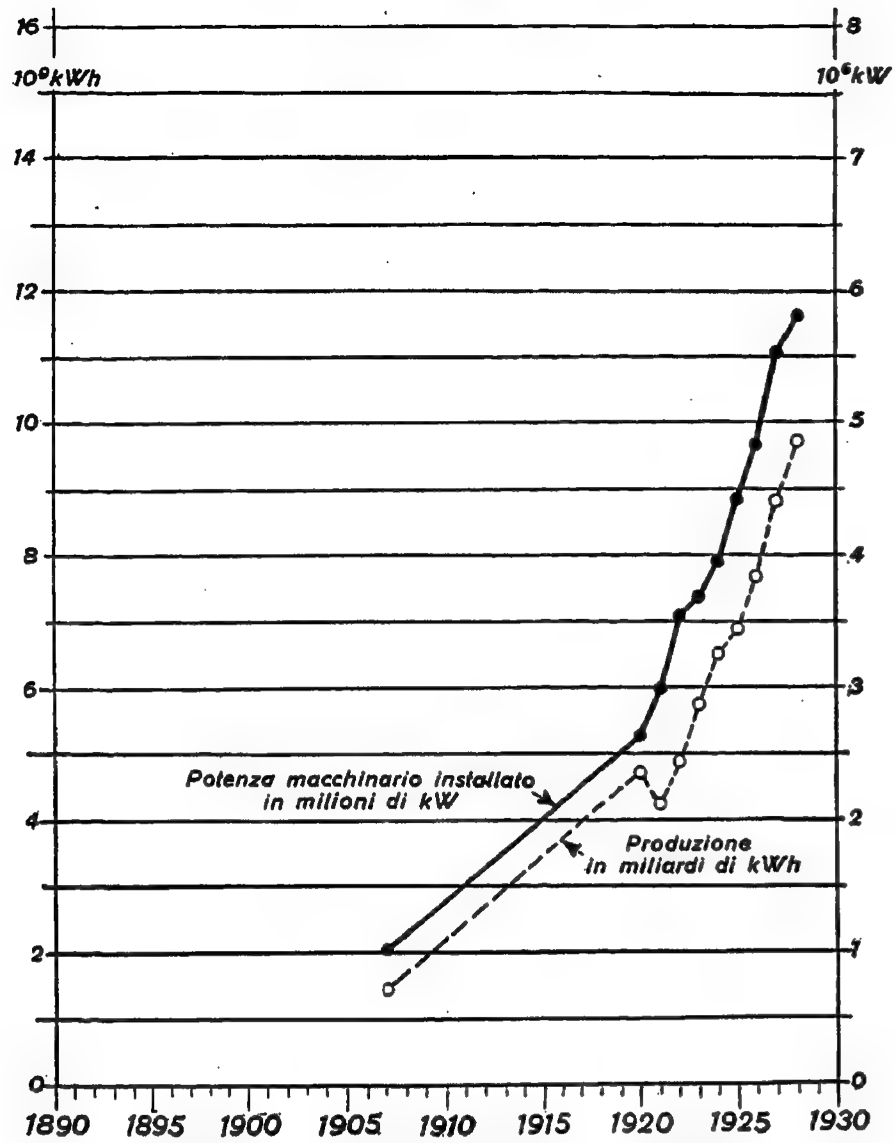
FRANCIA



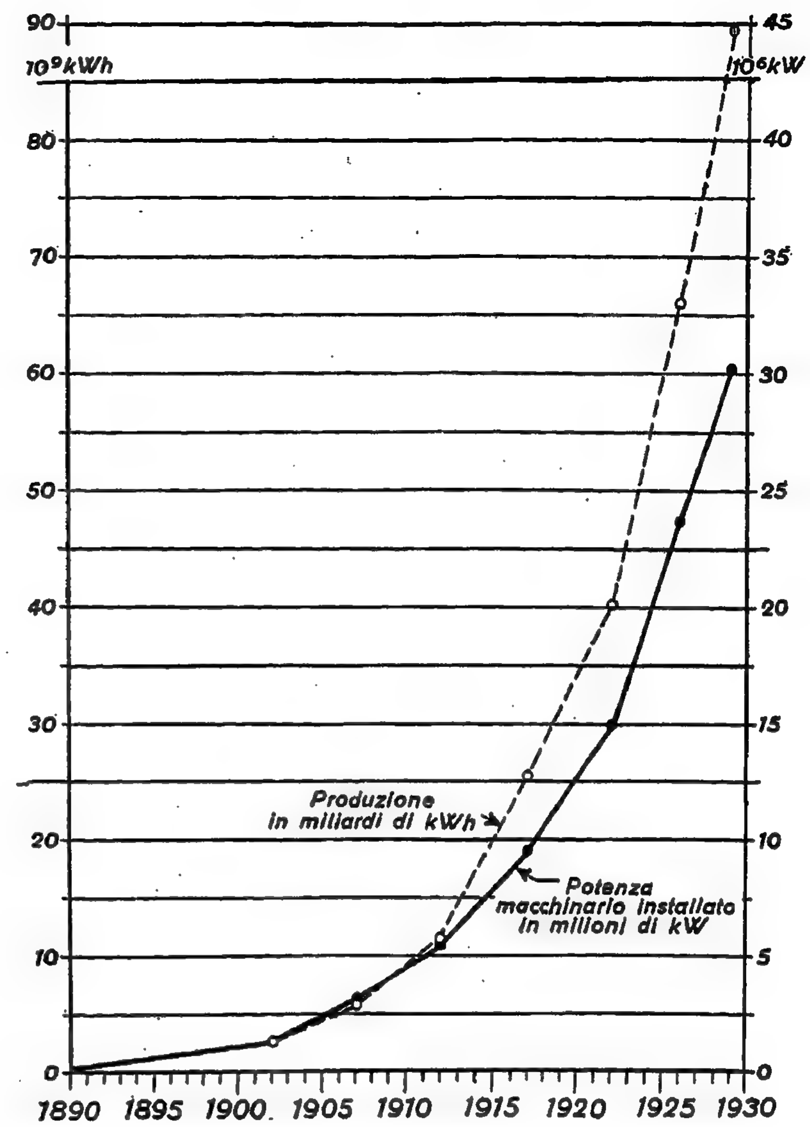
GERMANIA



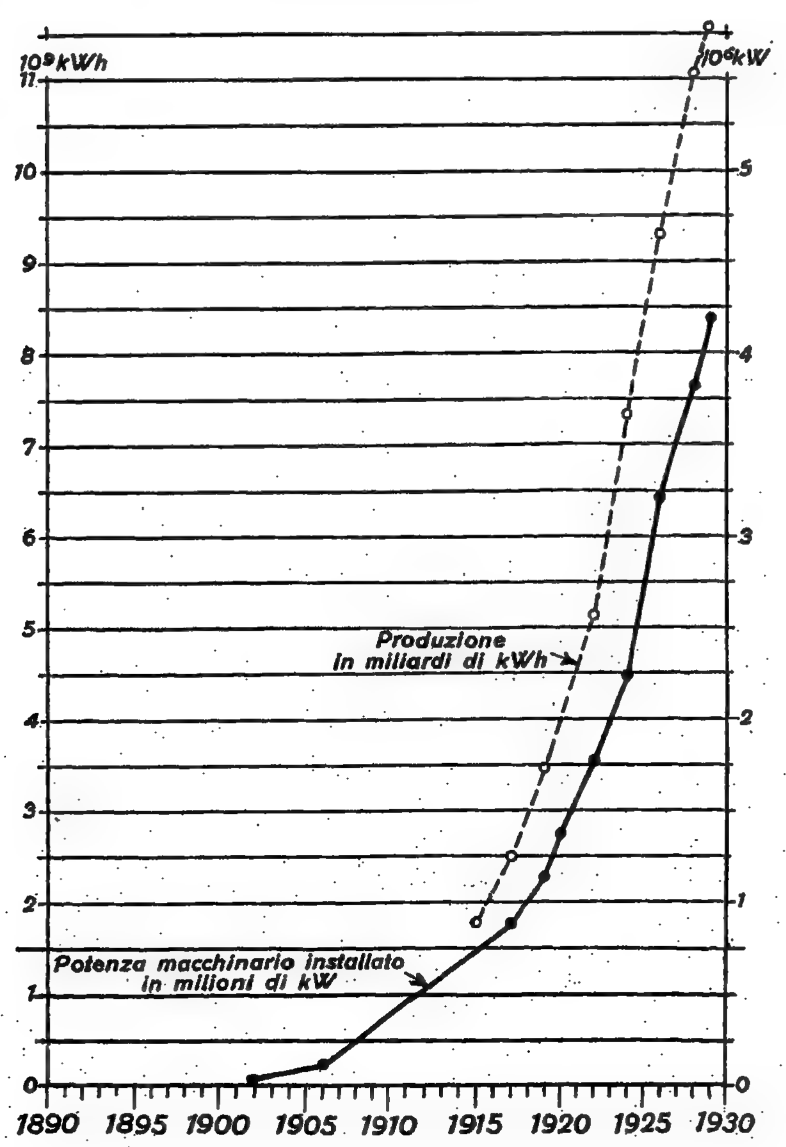
INGHILTERRA



STATI UNITI



GIAPPONE



GRADO DI ELETTRIFICAZIONE DELL'INDUSTRIA NEGLI STATI UNITI

(Census of Manufactures 1927)

POTENZA DEL MACCHINARIO MOTORE ADIBITO AL COMANDO DI MACCHINE OPERATRICI

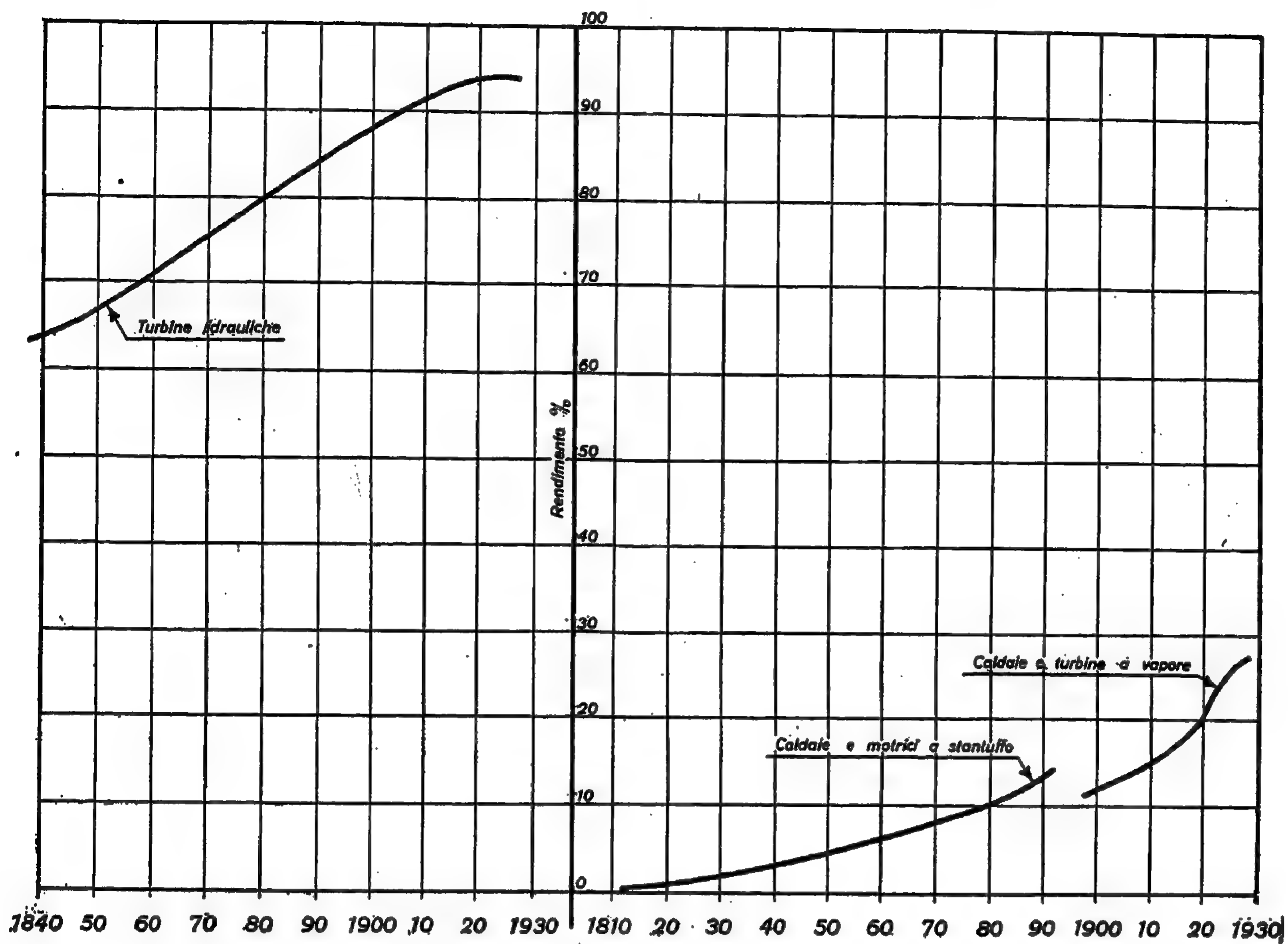
GRUPPO DELLE INDUSTRIE	a	b	c	d	e	Rapporto percentuale fra la potenza elettrica impiegata e quella complessiva:			Numero operai addetti	Potenza media a disposizione di ciascun operaio	
	MOTORI ELETTRICI			Motori primi adibiti al comando diretto di macchine operatrici	Potenza complessiva del macchinario impiegato c + d	Motori alimentati con energia:		COMPLESSIVAMENTE 100 c/e		complessivamente	di cui elettrici
	alimentati con energia: prelevata dalle reti di distribuzione	alimentati con energia: prodotta nello stabilimento	COMPLESSIVI a+b			prelevata dalle reti di distrib. 100 a/e	prodotta nello stabilim. 100 b/e				
	kW	kW	kW	kW	kW	%	%	%		kW	kW
1 alimentari	1.756.737	471.680	2.228.417	833.848	3.062.265	57,4	15,4	72,8	679.520	4,5	3,3
2 tessili	1.443.261	787.589	2.230.850	622.563	2.853.413	50,6	27,6	78,2	1.694.416	1,7	1,3
3 del legno	782.917	618.736	1.401.653	1.057.843	2.459.496	31,8	25,2	57,0	862.667	2,9	1,6
4 cartarie	595.010	748.275	1.343.285	758.802	2.102.087	28,3	35,6	63,9	225.506	9,3	6,4
5 tipografiche	391.257	23.710	414.967	6.705	421.672	92,8	5,6	98,4	327.534	1,3	1,3
6 chimiche	701.600	318.646	1.020.246	281.780	1.302.026	53,9	24,5	78,4	253.436	5,1	4,0
7 dei derivati del carbone e del petrolio (1)	324.860	376.181	701.041	502.250	1.203.291	27,0	31,3	58,3	141.655	8,5	4,9
8 della gomma	386.218	153.946	540.164	31.078	571.242	67,6	26,9	94,5	141.997	4,0	3,8
9 del cuoio	151.063	100.041	251.104	42.191	293.295	51,5	34,1	85,6	315.991	0,9	0,8
10 cementiere, ceramiche, vetrarie	1.210.832	544.708	1.755.540	264.922	2.020.462	59,9	27,0	86,9	350.017	5,8	5,0
11 siderurgiche	2.313.280	2.689.851	5.003.131	2.157.585	7.160.716	32,3	37,6	69,9	835.501	8,6	6,0
12 metallurgiche (escluse le siderurgiche)	582.812	222.839	805.651	84.475	890.126	65,5	25,0	90,5	270.545	3,3	3,0
13 meccaniche (macchine, esclusi i mezzi di trasporto)	1.627.911	645.598	2.273.509	93.461	2.366.970	68,8	27,3	96,1	886.427	2,7	2,6
14 dei mezzi di trasporto (2)	1.079.052	353.562	1.432.614	67.985	1.500.599	71,9	23,6	95,5	494.905	3,0	2,9
15 di riparazione per il materiale ferroviario	503.343	197.160	700.503	145.851	846.354	59,5	23,3	82,8	428.672	2,0	1,6
16 varie	422.551	117.582	540.133	88.652	628.785	67,2	18,7	85,9	440.966	1,4	1,2
Totale	14.272.704	8.370.104	22.642.808	7.039.991	29.682.799	48,1	28,2	76,3	8.349.755	3,6	2,7

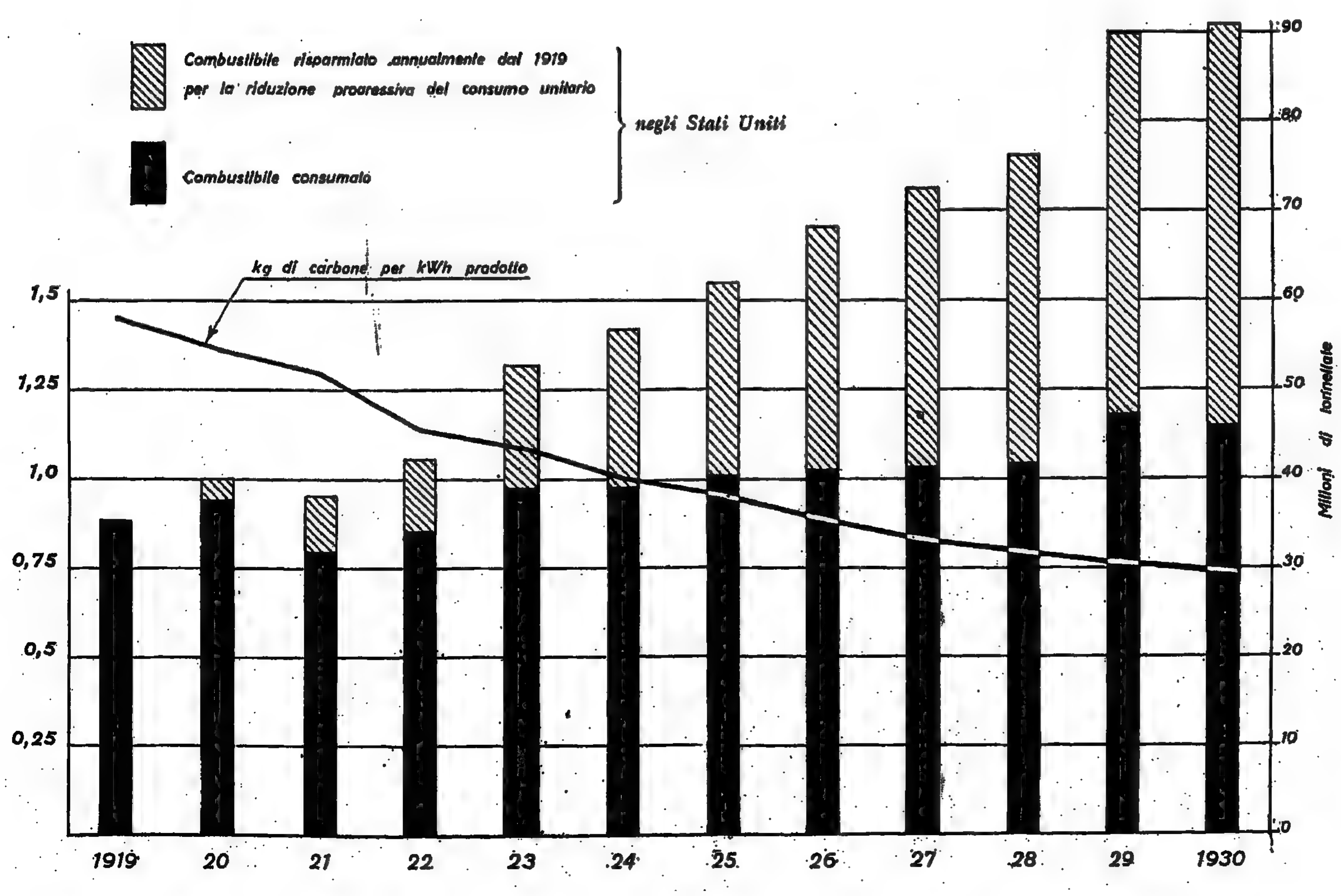
(1) Compresa la produzione di gas illuminante.

(2) Automobili, motocicli, biciclette locomotive, navi, ecc.

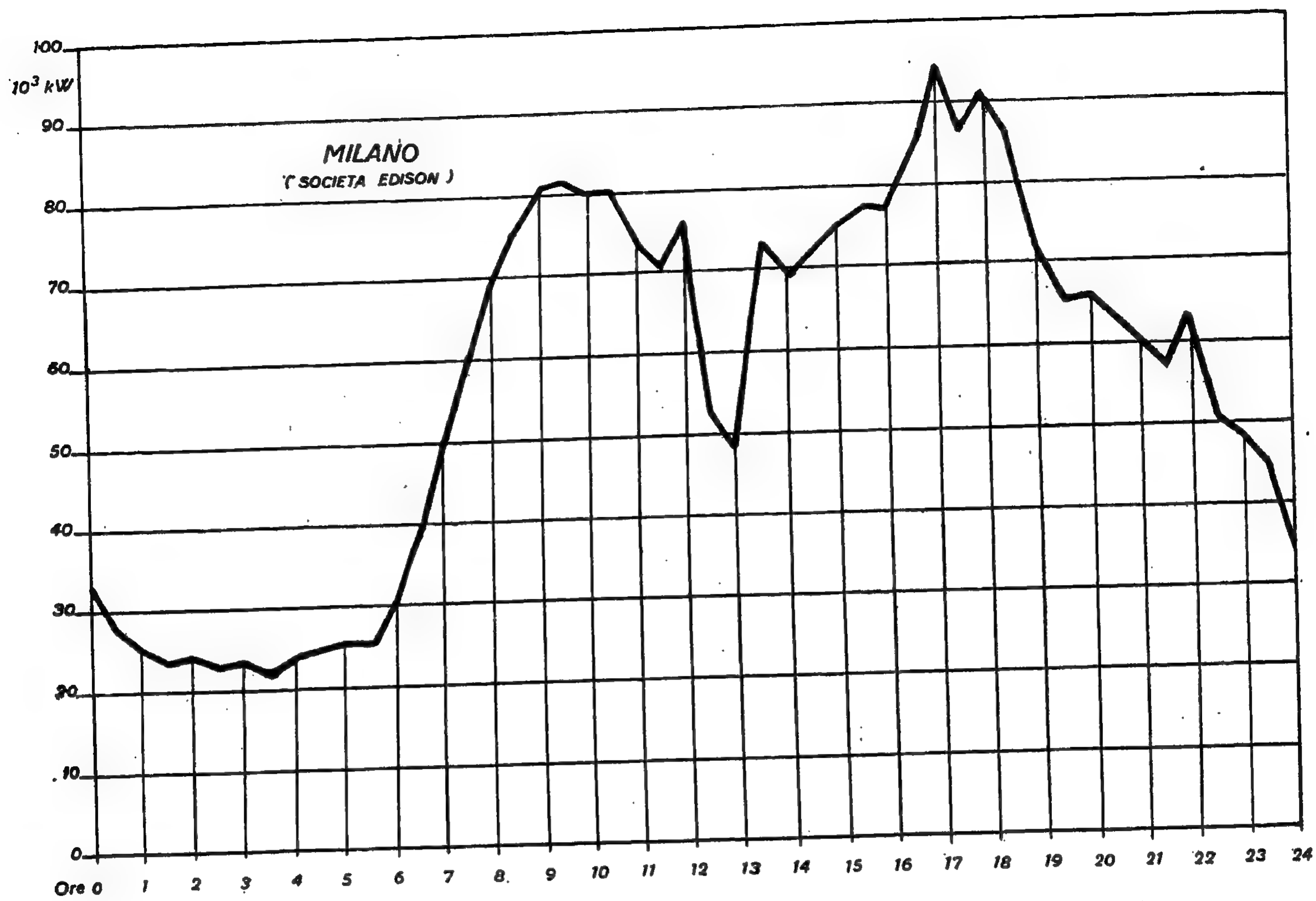
ENERGIA IDROELETTRICA ED ENERGIA TERMOELETTRICA

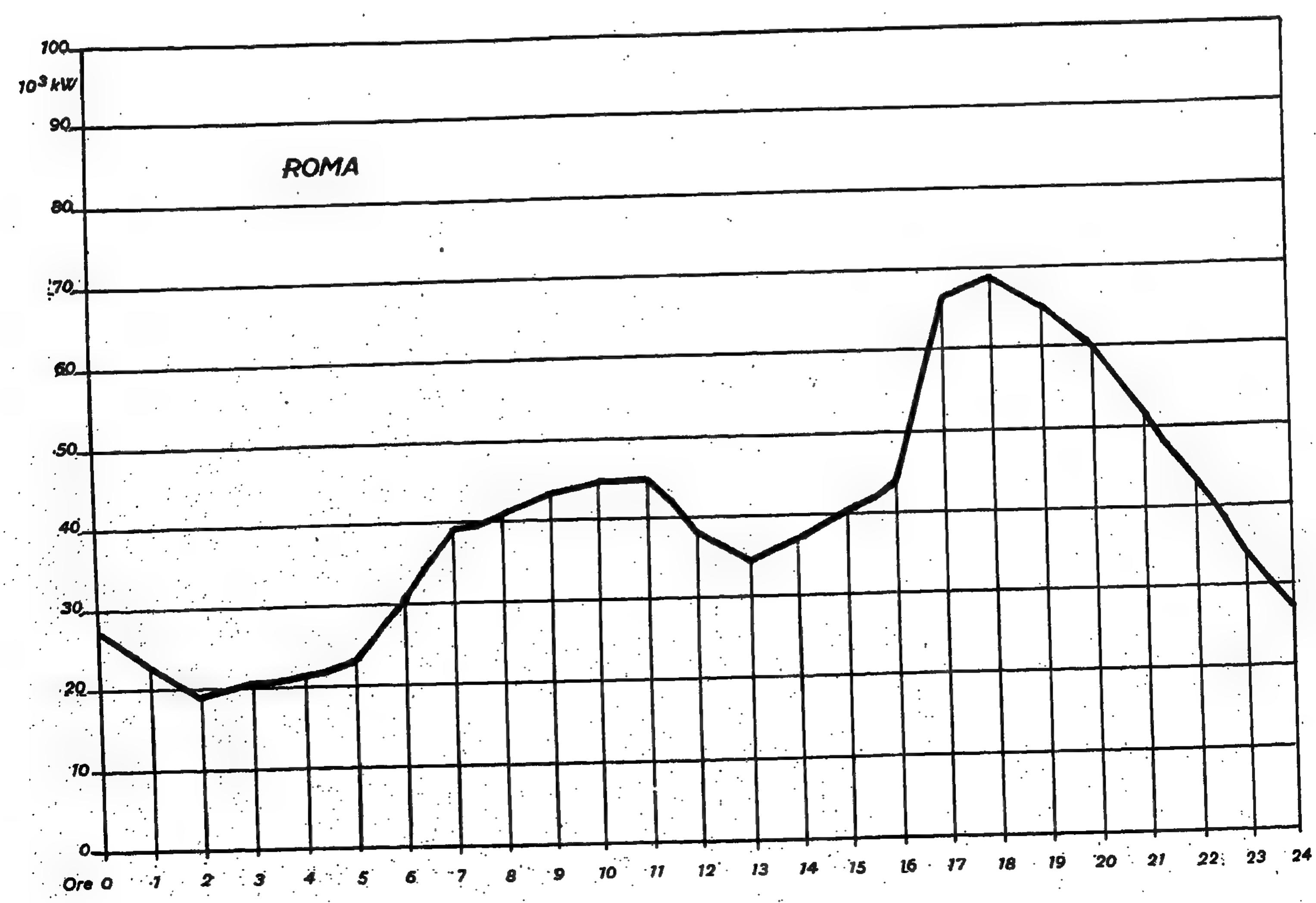
Il progresso nel rendimento dei motori idraulici e termici



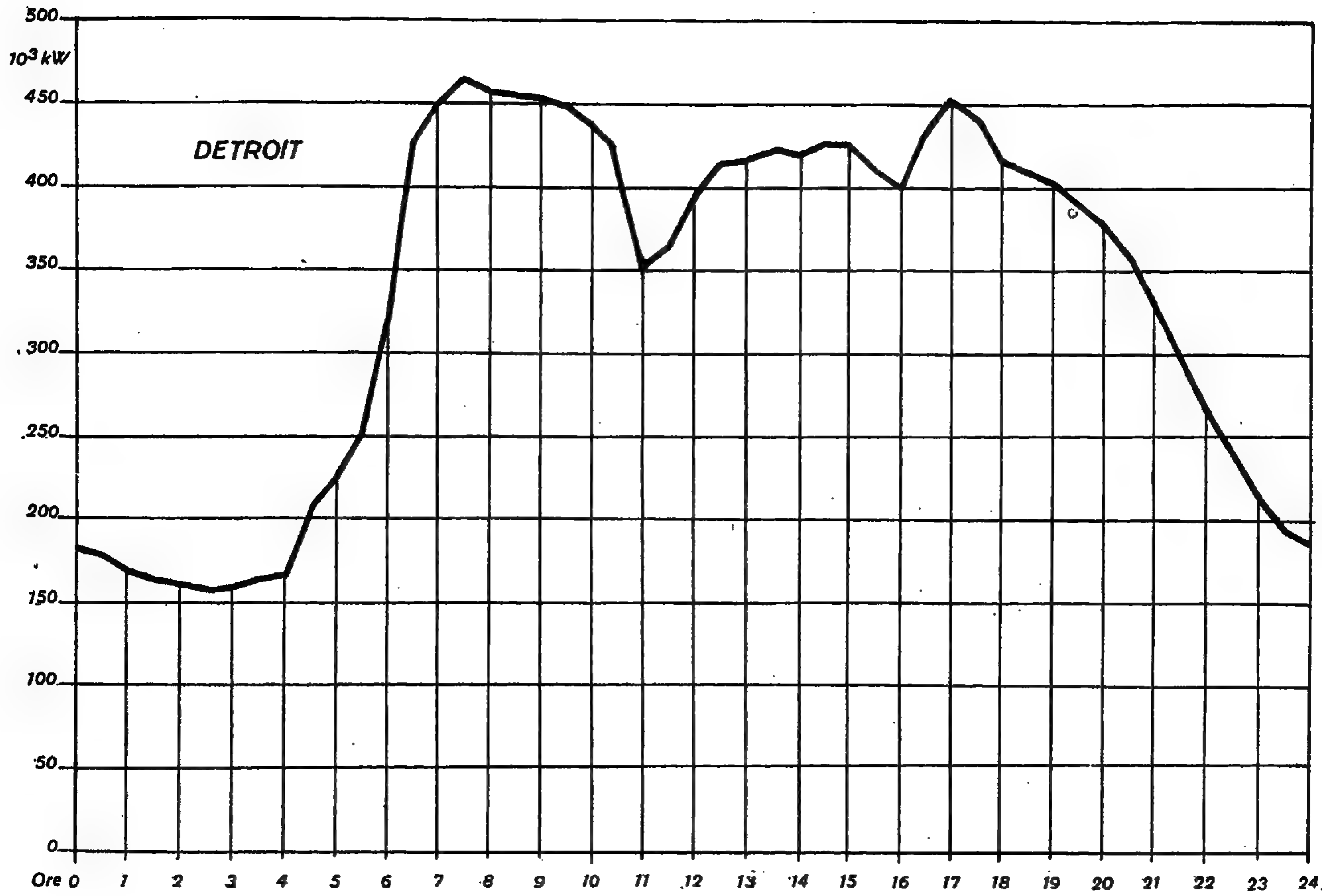


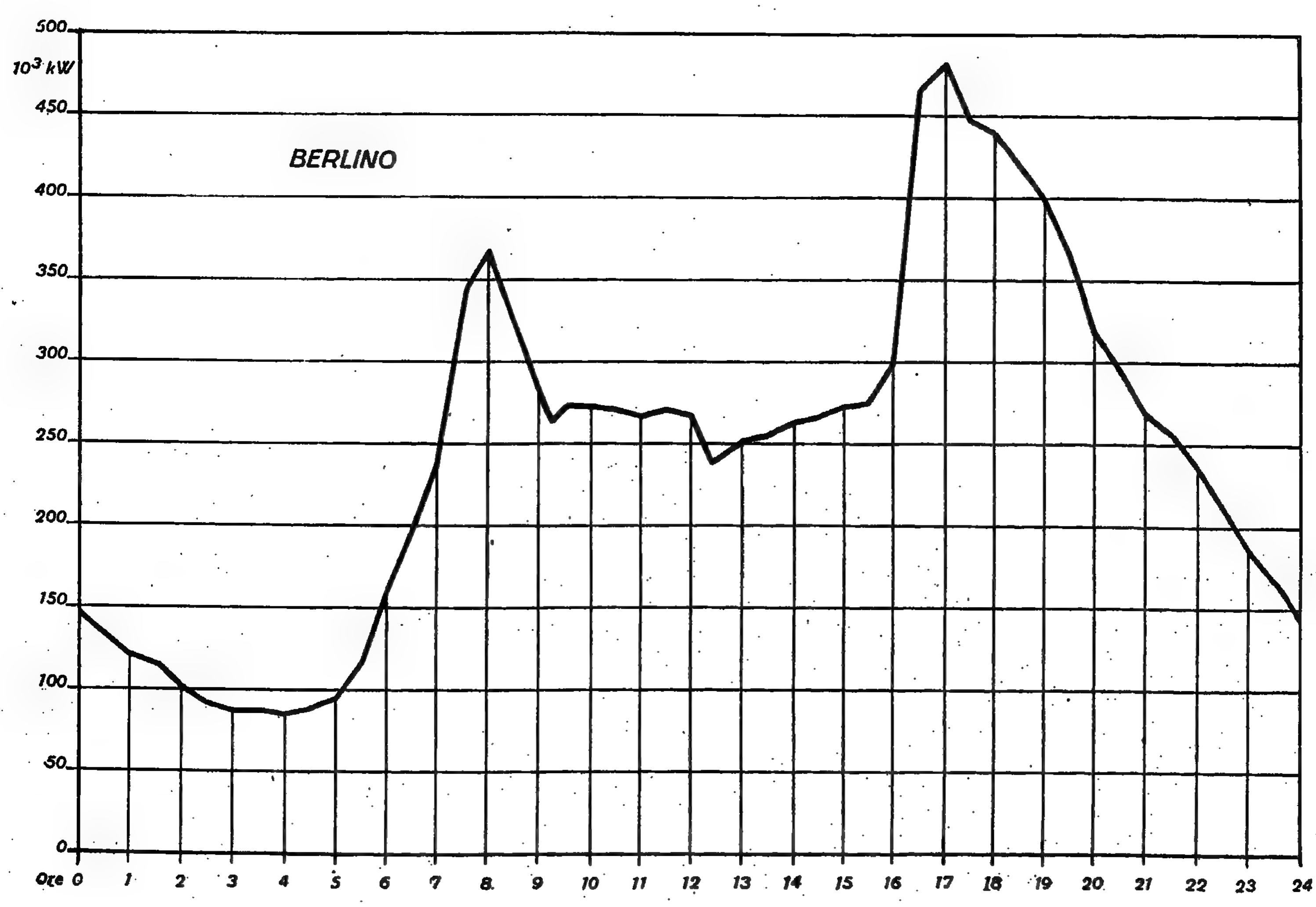
IL DIAGRAMMA INVERNALE DEC





NSUMO NEI GRANDI CENTRI





INCIDENZA DELLA SPESA PER IL COMBUSTIBILE E L'ENERGIA NELL'INDUSTRIA DEGLI STATI UNITI

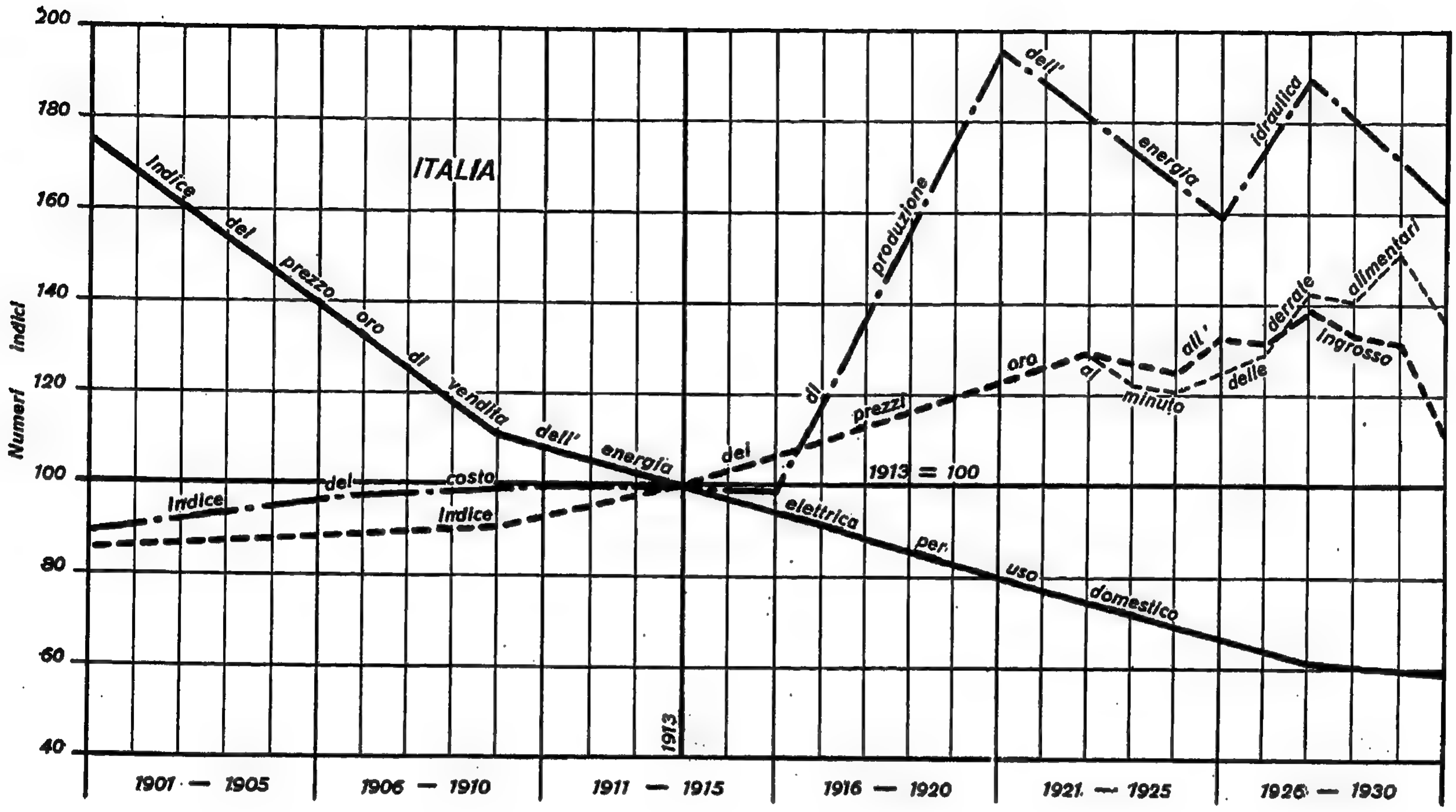
(Census of Manufactures 1927)

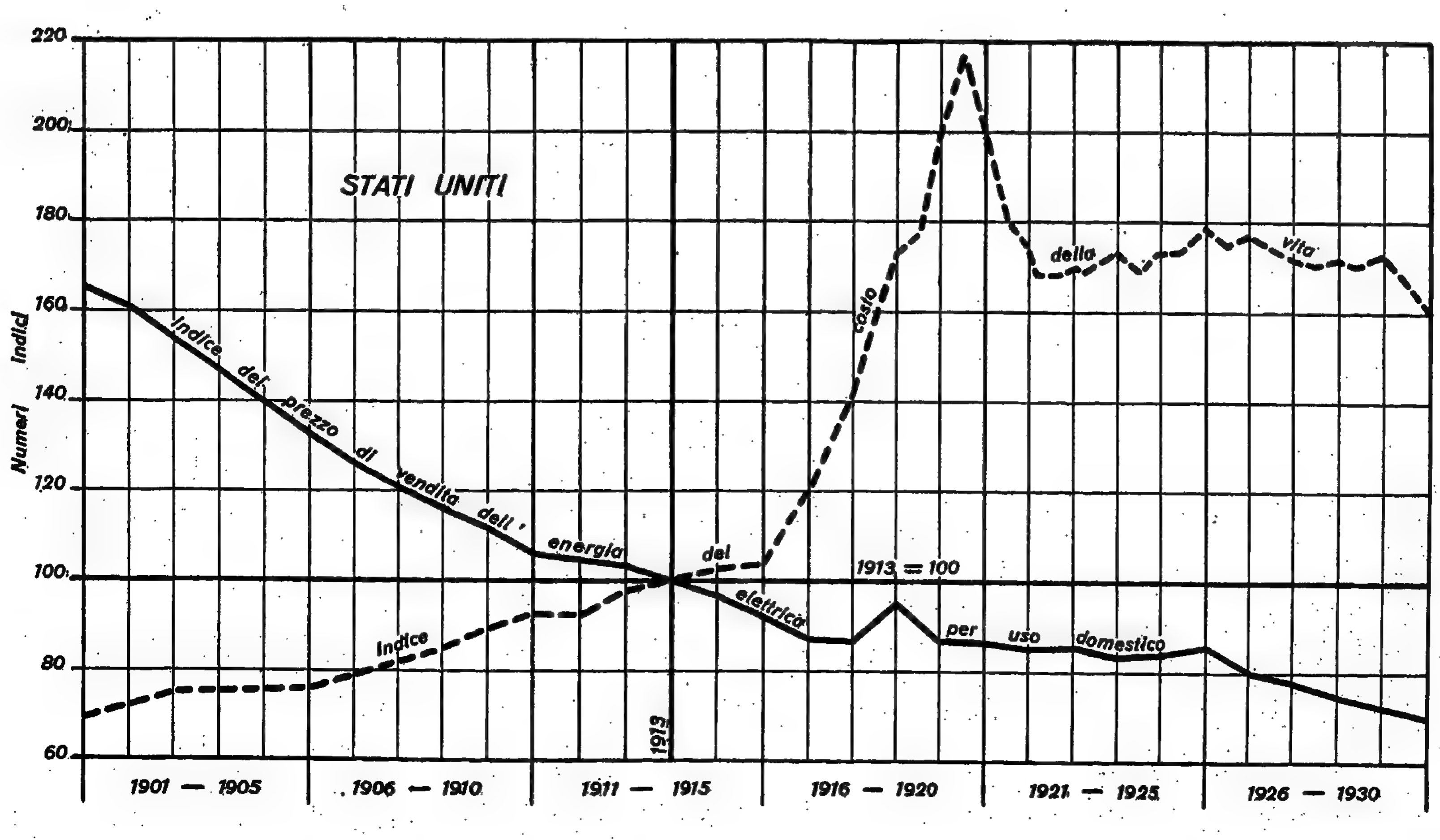
GRUPPO DELLE INDUSTRIE	a — VALORE della produzione annua	b — VALORE aggiunto dal processo industriale al costo delle materie prime impiegate e dell'energia consumata	c — Spesa per il combustibile e l'energia	Incidenza della spesa per il combustibile e l'energia sul valore della produzione $100 \frac{c}{a}$	Incidenza della spesa per il combustibile e l'energia sul valore aggiunto dal processo industriale $100 \frac{c}{b}$
	(in milioni di lire)			%	%
1 alimentari	210.403	55.436	3.152	1,50	5,69
2 tessili	170.954	76.930	2.451	1,43	3,19
3 del legno	66.037	34.829	529	0,80	1,52
4 cartarie	34.376	13.654	1.592	4,63	11,66
5 tipografiche	54.360	39.988	444	0,82	1,11
6 chimiche	64.021	29.582	1.753	2,74	5,93
7 dei derivati del carbone e del petrolio (1)	58.450	15.233	9.317	15,90	61,16
8 della gomma	23.399	10.786	390	1,67	3,62
9 del cuoio	35.704	14.911	289	0,81	1,94
10 cementiere, ceramiche, vetrarie	30.800	19.440	3.389	11,00	17,43
11 siderurgiche	118.406	50.698	8.242	6,96	16,26
12 metallurgiche (escluse le siderurgiche)	50.972	16.967	1.060	2,08	6,25
13 meccaniche (macchine, esclusi i mezzi di trasporto)	102.529	63.132	1.607	1,57	2,54
14 dei mezzi di trasporto (2)	89.655	34.113	889	0,99	2,61
15 di riparazione per il materiale ferroviario	24.633	14.214	555	2,25	3,90
16 varie	63.222	36.965	580	0,92	1,57
Totale	1.197.921	526.878	36.239	3,03	6,88
N.B. – Detraendo le cifre relative ai gruppi 7, 10 e 11 (industrie dei derivati del carbone e del petrolio, industrie siderurgiche, industrie cementiere e affini, industrie cioè nei cui processi di trasformazione il carbone entra in notevole misura come materia prima o come combustibile) si ottengono per i rimanenti 13 gruppi di industrie, che rappresentano l'82,7% del valore della produzione complessiva, le cifre totali seguenti	**990.265**	**441.507**	**15.291**	**1,54**	**3,46**

(1) Compresa la produzione di gas illuminante.

(2) Automobili, motocicli, biciclette, locomotive, navi, ecc.

ENERGIA ELETTRICA E COSTO DELLA VITA





Il XV Congresso Internazionale di Navigazione Interna e Marittima

Si è tenuto a Venezia tra il 14 e il 22 settembre, sotto la presidenza di S. E. Giuriati, il XV Congresso Internazionale di navigazione interna e marittima. Sicuri di far cosa gradita ai nostri lettori pubblichiamo il discorso di apertura della Sezione di navigazione interna pronunciato dal Presidente di questa, Sen. Fantoli; e per una volta tanto facciamo eccezione alla regola impostaci di usare nella nostra Rivista soltanto la lingua madre, pubblicando l'elevato discorso nella lingua stessa nella quale è stato pronunciato. Riproduciamo inoltre, dalla serie dei numerosissimi ed interessanti rapporti presentati dai varii Paesi sulle questioni e comunicazioni poste all'ordine del giorno, quelli dovuti all'Ing. Angelo Rampazzi, Presidente della III Sezione del Consiglio Superiore dei LL. PP., sulla questione degli scorrimenti e delle filtrazioni d'acqua sotto le fondazioni e attraverso le dighe delle vie navigabili e degli impianti idroelettrici, e quello del Prof. Giulio De Marchi, relativo allo studio delle questioni idrotecniche coll'aiuto di prove di laboratorio su modelli in scala ridotta. L'argomento che forma l'oggetto di questa comunicazione è della più viva attualità; ci sembra quindi interessante riprodurre dal rapporto generale ad esso relativo, dovuto pure al Prof. De Marchi, la parte nella quale sono riassunte le conclusioni più significative dei rapporti presentati al Congresso dalle altre Nazioni e sono ricapitolate le condizioni e i limiti delle applicabilità del metodo dei modelli idrodinamici allo studio delle questioni idrotecniche.

Il discorso del Presidente della "Sezione di Navigazione Interna" Sen. Prof. Gaudenzio Fantoli

Messieurs, le premier mot que j'ai l'honneur de Vous adresser est de salutation révérente; je l'adresse particulièrement, au nom aussi de tous les italiens ici présents, aux collègues et éminents confrères étrangers convenus à Venise, la Cité des Eaux: donc le siège idéal d'un Congrès comme le nôtre, la Ville Amphitrite qui nous accueille avec son puissant attrait.

Mais, à bien y réfléchir, personne d'entre Vous ne peut se dire ici entièrement étranger, car les génies de vos Patries Vous ont donné comme en sortilège un secret lien spirituel avec la glorieuse Magicienne de la Lagune.

Evoquées par les grands souvenirs et par ce divin magistère de l'art qui est plus vrai que la réalité elle même, il vous paraîtra d'entendre sur les minces canaux et s'élever dans l'air lumineux les douces suaves voix shakespeariennes de Desdemona et de Jessica ou les suprêmes harmonies du *Tristan* qui ont pris leur essor à Venise; il vous paraîtra d'entendre les derniers soupirs de Richard Wagner se perpétuer *comme la marée qui effleure les marbres* dans le Palais où il est mort: d'entendre les sanglots de la passion la plus ardente et sanglante passer des *Esclavons* à Saint Blaise à la Zuecca pour créer les chants les plus désespérés *qui sont les chants les plus beaux,* la profonde nostalgie de la haute émouvante Muse mussetienne.

Et d'autres souvenirs des poètes du pinceau et de l'esthétique et de l'art de vos Pays, les Turners, les Ziems, les Whistlers, les Ruskins et bien d'autres encore suivront vos pas car les Amants de Venise ne sont pas deux mais innombrables comme les pierres précieuses de ses Palais, joyaux d'une couronne millénaire.

Vous trouverez donc sûrement ici, chers Confrères, avec le doux loisir, une détente la plus amicale et paisible à Votre noble bon et utile travail technique.

Noble travail, j'ai dit, préparé dans un ensemble imposant de Mémoires par une élite superbe de Rapporteurs que je veux remercier ici à Votre nom et au mien; noble travail, j'ajoute, ordonné savamment par l'Association à laquelle nous avons l'honneur d'appartenir dès longtemps. A la grande et digne Institution qui a toujours bien mérité dans les domaines du progrès technique et scientifique, je suis heureux de rendre ici mon hommage reconnaissant d'admiration dévouée et consciente.

J'ai parcouru rapidement bon nombre de ces beaux Rapports qui caractérisent la situation et les vues des divers Pays au regard des trois Questions et des trois Communications soumises au Congrès dans cette première Section. Encore une fois j'ai reconnu l'importance d'une telle vaste documentation, d'intérêt vif et palpitant pour nous tous; la mise à point de la situation technique mondiale sur tels ou tels autres arguments, qui se rattachent au vaste empire des sciences et des applications hydrauliques, est à mon avis le caractère le plus rare et précieux du travail de l'Association et des deux volumes des Rapports qui nous ont été soumis.

Je me garderai naturellement d'entrer en détails et d'anticiper ici des impressions et encore moins des déductions. Je veux dire seulement quelques mots de réflections personnelles à l'égard des questions proposées, la première et la seconde, qui touchent plus intimement et directement dans le vif la situation technique italienne d'aujord'hui. Ces mots, je crois, ne vous seront pas superflus, surtout dans l'interpretation de la situation que j'ai indiquée et pour l'examen que vous ferez sur place dans les excursions au Pô, à la region vénitienne, aux Alpes: excursions de haut intérêt qui sont une bien remarquable et importante du plan de ce Congrès.

La question des eaux sous les fondations, des sous-pressions des pressions interstitiales, joue un rôle capital dans le problème des grands barrages et des traverses, qui est l'objet, dans ces dernières années, à présent et pour la suite, de l'effort assidu puissant imposant des entreprises et des applications italien

nes, comme l'indique le beau Rapport spécial de notre Inspecteur M. l'ing. Rampazzi.

En effet nos spéciales conditions oro-hydrographiques, climatiques, démographiques, imposent des précautions extrêmes, exigent dans la limite du possible des garanties de sûreté absolue. Ici, des vallées très courtes et escarpées qui en peu de kilomètres de parcours ont mille, deux, trois mille mètres de chute: ici des precipitations élevées, parfois formidables; ici une densité exceptionnelle de population dans les vallées et dans les plaines qui les suivent, en aval des grands ouvrages de retenue pour des volumes de dizaines et centaines de millions de mètres cubes. Un évènement tragique (que Dieu veuille toujors l'éloigner !) aurait dans certains cas des conséquences qui font frémir à la seule vision hypothétique de milliers et milliers de victimes et de ruines immenses. C'est bien ici qu'il faut rectifier l'indulgent « *errare humanum est* » avec l'interprétation littérale d'une profonde pensée de Goethe qui dit, à peu près: l'on peut toujours admettre comme possibles des erreurs, jamais dans le construire:

« *Mag man doch immer Fehler begehen, bauen darf man keine* ! ». Cela exprime exactement une exigence psychologique absolue: *bauen darf man keine* !

C'est ainsi, comme l'indique le Rapport Rampazzi, que dans nos Règlements, en surplus du drainage complet, des injections et, cela va sans dire, des soins les plus minutieux d'éxécution, l'on exige ce facteur conventionnel *m* de sous-pression, gradué entre le zéro et l'unité classique de Maurice Lévy. Conventionnel ce facteur, j'ai dit, car il voudrait tenir compte dans sa double graduation, qu'on doit choisir après un jugement personnel bien médité, soit du caractère des fondations, soit des éventuelles sous-pressions résiduelles et pressions interstitiales, soit de l'importance de la retenue.

Qui vous parle a dû s'occuper particulièrement de ces problèmes comme Expert ou comme Commissaire de l'Etat entre 1918 et 1926: il a étudié, il est presque douze années, et fait adopter alors le coefficient *m* et les principes susdits avec maintes autres vues sur les facteurs de sollicitation dans les grands barrages. Mais il avoue que le Règlement qui en résulta, Avril 1921, serait toujours resté presque lettre morte ou bien faible, sans l'institution, qu'il a tenacement demandée dès 1918 et enfin obtenue en 1925, d'un *Service Central de Contrôle permanent des grands barrages* et des traverses fluviales. Ce Service, dirigé à présent par M. l'Inspecteur Rampazzi et composé d'un Bureau bien simple, est dans son fonctionnement parfait la sentinelle alerte exactement au courant des conditions techniques des barrages soit existants soit en construction: ce Bureau apporte dans l'examen et dans le contrôle des projets des vues compétentes et, ce qui importe extrêmement, des vues homogènes.

Je veux vous indiquer ici que ce Bureau, comme le Bureau Central de notre Service Hydrographique, comme les Bureaux Hydrographyques du Magistrato Veneto et du Pô, comme les Bibliothèques de nos grandes Ecoles Politechniques etc. dévouent des soins tout particuliers à l'ajournement précis de l'information sur la littérature technique mondiale, et cela à l'aide des publications, des Annales, des Proceedings, des Abhandlungen etc. plus importants des autres Pays.

En accomplissant en Italie ce devoir avec conscience, nous pensons que le monde intellectuel est un monde de libre échange; mais nous pensons aussi avec Carnegie: si tu veux avancer, tâche de savoir ce qu'on a déjà fait dans le monde.

Dans cette conception, notre travail d'information ajournée ne tend jamais à la copie servile, mais c'est le point de départ des efforts ultérieurs *à nous*.

Qu'il nous soit permis de souhaiter vivement à notre tour, pour l'avenir, une meilleure connaissance de plus en plus étendue de notre langue: il en résultera aussi la connaissance directe et au moins suffisante de la pensée technique italienne, comme elle assurèment le mérite.

La seconde Question du Congrès se rattache directement à un grand problème italien, récemment résolu et aujourd'hui en train d'exécution, comme vous l'indique l'important Rapport de notre Inspecteur, M. le Prof. Giandotti: le problème de la grande navigation dans le Pô régularisé en lit de rivière, qui aura ensuite comme première et déjà certaine conséquence la ligne navigable Milan Venise.

En vérité, ce problème de la grande navigation sur le Pô a eu des références précises dans les Congrès précédents, à Londres par exemple, et quelqu'un peut-être pourrait songer à un plan suranné, à une répétition dans le champ des projets. Non, chers Confrères, la décision du Gouvernement est récente et comme toutes celles qui émanent de son grand Chef, est définitive, absolue, inébranlable, même dans ses termes chronologiques.

Le problème de l'aménagement du Pô en lit de rivière et de la ligne Milan Venise, problème agité sérieusement il y a presque trente ans par la première Commission présidée par l'inoubliable feu Sénateur Romanin Jacur, a réclamé sa période de méditation et de préparation expérimentale, et l'a réclamée à bon droit si l'on tient compte de la grande parenthèse rouge que Vous savez, de la priorité d'autres besoins plus impérieux et du fait que ce problème s'enchaîne aussi avec les exigences seculaires des endiguements et des assainissements.

Le problème a soulevé donc de longues controverses qui n'étaient pas du verbiage, mais des batailles presque toujours légitimes et nécessaires: je peux vous l'affirmer y ayant pris part en première ligne dès 1903.

Je me borne seulement à deux allusions très rapides, pour aider à l'interprétation et à la connaissance qui certainement vous intéressent, particulièrement à l'égard des visites sur place.

Je cite ainsi une controverse prolongée et initiale entre les mêmes partisans de la grande navigabilité du Pô, divisés entre ceux qui croyaient suffisant le dragage (I.ère Commission) et ceux qui l'admettaient bien sûr mais seulement comme moyen sussidiaire des ouvrages nécessaires de rétrécissement du lit d'étiage moyen. La controverse, résolue en faveur de ces derniers, a donné lieu à une documentation imposante et permanente de la plastique fluviale et des profils d'eau à relief contemporain.

Bien plus dure fut la lutte avec les partisans de l'abandon du Pô pour le Canal latéral, et à laquelle se rapporte notre Voeu accueilli presque à l'unanimité par la Commission Ministerielle Romanin 1924. Le Voeu conforme du Conseil Supérieur des TT. PP. fut définitivement sanctionné, après des phases expérimentales intéressantes, par le dit ordre ministeriel d'exécution sur le plan dressé par notre Ing. Prof. Giandotti. A question bien close, il est juste de rendre le salut des armes aux vaillants et ténaces défenseurs du Canal latéral.

Très utiles, j'ai dit, ces longues batailles, utiles les doutes et nécessaires les précautions avant la décision tranchante, car cette Vallée entre les Alpes et la Marine où le Pô vient mourir, est bien d'un intérêt universel et a pour nous Italiens un caractère spirituel tout singulier. Cette Vallée, relativement petite, compte au moins vingt siècles d'histoire hydraulique positive sur les endiguements, les assainissements, les canaux de navigation, d'irrigation etc. A cette histoire se rattachent, avec nombre d'autres, le nom océanique de Léonard de Vinci, le grand nom de Gian Domenico Guglielmini, qui a vraiment créé il est presque deux siècles et demi l'hydraulique fluviale des lits à fond mobile, et établies ses lois les plus substantielles: les neuf belles Etudes par Dausse entre 1856 et 1864 sur l'indiguement des rivières, particulièrement la quatrième étude, ont rappelé suffisamment à l'étranger ce fait capital. En vérité cette expérience seculaire qui se rattache à la vallée du Pô a excité souvent l'intérêt des hydrauliciens des autres Pays dans le dernier siècle et dans le présent, et il est d'hier le beau Mémoire de notre éminent ami John Freeman de Providence (R.I) « Flood control on the River Po in Italy » inséré avec la riche

correspondance inhérente dans le Volume des Transactions Am. Soc. Civ. Eng. 1930, paru en ces jours.

Mais à ce caractère général historique et scientifique un autre s'y joint pour nous. Ne vous surprenez pas, honorés Confrères, si un technicien endurci, toujours froid quand il le faut, vous avoue que ce caractère est sacré à nos coeurs de latins et d'Italiens, car les valeurs de l'esprit sont les plus chers et les plus précieux.

Dans la Vallée du Pô, les rêves de l'humanité plus lointaine ont créé les mythes poétiques de la préhistoire. Là, sur les terres vagues de Padusa, voisinant la marine, est mort le fils d'Apollon, tombé en feu du grand char céleste. Là, ses soeurs, filles du Soleil, l'ont pleuré, avec des larmes d'electrum, d'ambre. Là, les poètes, interprètes des Nations, de Virgile à Dante à Carducci, ont sculpté à jamais tous les aspects humains, naturels et physiques de la terre.

Donc, cette atmosphère réligieuse des souvenirs, qui est toujours une atmosphère poétique, plane pour nous dans la vallée du Pô. Cela aussi peut vous justifier encore l'apparente lenteur de la préparation qui a débouché dans la situation actuelle, dont Vous constaterez comme j'ai dit l'exécution en marche pendant les Excursions qui précéderont la clôture du Congrès.

Et après la clôture, les Visites qui ont le terme pour nous fatal de Rome.

Mes voeux vous accompagnent de tout coeur dans le travail et dans les voyages, très fâché qu'il ne me soit pas possible d'être souvent avec Vous en personne.

Mais je suis sûr que Vous ne quitterez jamais Venise et Rome même lorsque Vous serez loin, au delà des Alpes ou de la mer. *Everlasting Italy* ! Eternelle Italie ! Bien sûr, mais aussi à présent foyer ardent de vie ordonnée et d'avenir dans toutes les directions du travail humain et de la pensée humaine.

Le grand Ouvrier est là à sa Forge, dans Rome. Une petite élite dans les jours lointains plus noirs l'a reconnu *Duce* et l'a suivi

comme l'on suit un phare dans la nuit.

Maintenant il est plein jour et une grande Nation absolument unanime brûle de passion et d'amour pour Lui.

Mais le grand Ouvrier est là a son labeur surhumain et son coeur est inassouvi comme la flamme du foyer qu'il alimente sans trève: il porte toujours le réalisme plus précis au service du plut haut idéalisme.

Salve, da tutti noi, Duce adorato !

Scorrimento delle acque sotto le fondazioni, attorno alle opere di sbarramento e attraverso le dighe longitudinali delle vie navigabili. Sotto pressione. Mezzi per prevenire e ridurre le filtrazioni e per combattere i loro effetti distruttivi.

(Rapporto dell'Ing. ANGELO RAMPAZZI,
Presidente di Sezione del Consiglio Superiore dei LL. PP.)

1) Le linee italiane di navigazione interna, mentre per alcune opere possono vantare titoli di preminenza, tanto che alcuni loro particolari furono ovunque modello in opere analoghe, non si distinguono però, data anche la natura del territorio, per opere grandiose di ritenuta, specialmente se si considera quanto in materia si è fatto in questi ultimi tempi all'estero. Viceversa l'Italia ha raggiunto un vero primato nella costruzione di quegli sbarramenti per accumulazione di acqua che pur avendo per scopo principale la produzione di energia e l'irrigazione, contribuiscono a regimare i deflussi anche a vantaggio della navigazione. È con legittimo orgoglio che i tecnici Italiani possono additare in materia di serbatoi l'opera compiuta nell'ultimo trentennio e per la quale da pochi sporadici e minuscoli esempi si è giunti alla fine del 1930 al numero di 147 serbatoi in esercizio, per una capacità complessiva di circa 1160 milioni di metri cubi, mentre altri 49 serbatoi in preparazione per una capacità complessiva ci circa 360 milioni di metri cubi, costituiscono opere, delle quali alcune arditissime, che nella esecuzione trovano nei rispettivi impianti di cantiere il sussidio di quanto la tecnica ha potuto fornire di più perfetto.

La natura dei terreni sui quali sorgono detti sbarramenti e le sorprese alle quali essi hanno dato luogo talvolta, sia durante la costruzione che ad opera finita, nel riguardo dei passaggi d'acqua al disotto delle loro fondazioni o attraverso alle sponde in prossimità delle opere, hanno spesso richiesto, specialmente per le costruzioni eseguite nell'Italia centrale, meridionale ed insulare, speciali disposizioni ed importanti opere di presidio, le quali con la esposizione delle difficoltà incontrate, trovano certamente utile menzione ed illustrazione nella presente memoria. Trattando soltanto dei casi più caratteristici si parlerà per quanto riguarda i sottopassaggi d'acqua alle fondazioni, delle dighe dello Scandarella (Rieti), di S. Domenico al Sagittario (Aquila), ai laghi Ballano e Verde (Parma), sul Garigliano a Suio (Roma), sul Tirso a S. Vittoria (Cagliari), sul Sele a Persano (Salerno), e per quanto riguarda perdite attraverso le sponde, delle dighe di Trepidò sull'Ampollino (Cosenza), di Muro Lucano sul torrente S. Pietro (Potenza), e del Coghinas (Sassari).

Diga dello Scandarella (h = m 47,50 – tipo a gravità in conglomerato cementizio – iniziata nel 1920 – ultimata nel 1924).

Questa diga venne impostata in corrispondenza di una formazione terziaria costituita da banchi di arenaria con intercalazioni di scisti argillosi passanti ad argilla, formazione notevolmente disturbata, anche nella sezione di sbarramento, da accidenti tettonici in conseguenza dei quali la stratificazione delle due sponde non risultava più concordante.

I passaggi d'acqua al disotto del piano di posa dello sbarramento, che non era stato munito sin da principio di un sufficiente taglione di guardia, cominciarono a verificarsi sin dai primi tempi della costruzione della diga e fu creduto di potervi ovviare addossando alla parte più bassa del paramento a monte una specie di banchettone in calcestruzzo, incastrato nella roccia arenacea.

Questo rimedio postumo non dette risultati soddisfacenti e, dopo l'ultimazione della diga, le perdite seguitavano a manifestarsi in elevata misura, oltrepassando, per altezze di invaso prossime alla massima, la portata complessiva di 100 litri per secondo.

Venne allora stabilito di eseguire presso l'unghia a monte della diga una fitta cortina di iniezioni cementizie a forte pressione, verticali ed inclinate, a mezzo delle quali dovevano conseguirsi i seguenti scopi:

collegare meglio gli strati rocciosi sottoposti alla diga e al taglione e saldare le murature con la roccia in corrispondenza del piano di posa;

integrare eventualmente le stesse murature della diga nella parte più bassa;

cucire meglio le murature del taglione aggiuntivo con quelle dell'unghia a monte della diga.

Le iniezioni eseguite nel 1927 assorbirono, in 30 fori, della profondità variabile dai 15 ai 25 metri con pressioni massime che variarono, nei singoli fori, dalle 10 alle 30 atmosfere, circa 4700 quintali di cemento.

Il risultato si è rilevato eccellente giacchè, mentre negli anni precedenti, con invaso a due metri sotto il massimo le perdite complessive avevano raggiunto sin 140 litri per sec., a tutt'oggi e per quanto l'invaso abbia già più volte raggiunto la quota massima, le perdite complessive si sono sempre mantenute entro i limiti di appena 4 litri per sec.

Diga di S. Domenico al Sagittario (h = m. 40 – tipo ad arco in cemento armato; iniziata nel 1925 – ultimata nel 1929).

Questa diga, che fa parte dell'impianto idroelettrico di Anversa-Scanno delle Ferrovie dello Stato, è stata impostata in corrispondenza di una stretta e profonda forra incisa dalle acque nei calcari liassici della valle del Sagittario.

Da sondaggi preventivamente eseguiti risultò che lo spessore del materasso alluvionale si approfondiva sotto l'alveo per ben 50 metri! Risultando d'altra parte i materiali alluvionali permeabilissimi, tanto che, allo stato di magra, la portata del fiume scorreva completamente, in qualche tratta dell'alveo, al disotto di essi, ne venne la necessità di opporsi ad ogni sottopassaggio d'acqua mediante un taglione che raggiungesse il fondo dell'alveo roccioso.

Ad evitare però le difficoltà della sua esecuzione si pensò di far precedere allo scavo la completa impermeabilizzazione del materasso alluvionale, in adiacenza del taglione, a mezzo di iniezioni in esso di malta cementizia sotto pressione.

Furono a tal uopo disposte, a monte della zona del taglione, tre file di sondaggi, sfalsati fra di loro ed alla reciproca distanza di circa un metro, ed a valle, una doppia fila dei sondaggi stessi alla medesima distanza. Approfonditi convenientemente i tubi, vennero incominciate le iniezioni col seguente criterio: si iniettava prima, piuttosto celermente ed a pressione non molto alta (circa 7 atmosfere) una miscela cementizia alquanto densa, con aggiunta di sabbia fina, allo scopo di cominciare a turare le cavità maggiori fra i detti riducendo così la velocità delle acque di filtrazione; si seguitava poi ad iniettare sino a rifiuto ed alla pressione di circa 25 atmosfere, una miscela cementizia più fluida che aveva l'ufficio di andare ad occludere completamente anche i piccoli vani rimasti nella massa.

L'operazione venne iniziata dalla parte a valle allo scopo di conseguire una migliore tenuta nella parte verso monte, dove le iniezioni venivano eseguite dopo che il movimento delle acque filtranti era stato già quasi arrestato per effetto delle iniezioni già praticate.

Il quantitativo di cemento assorbito risultò di circa 7800 quintali.

L'effetto di cementazione fu perfetto, tantochè, per procedere successivamente allo scavo dell'alluvione, si dovette in qualche punto procedere persino all'uso di piccole mine. Quanto alle filtrazioni, queste risultarono pressochè nulle, in corrispondenza delle due fronti trasversali scavate nell'alluvione cementata, mentre furono molto più sensibili attraverso alle fessurazioni delle due pareti rocciose laterali, dove furono peraltro facilmente occluse a mezzo di apposite iniezioni cementizie ad alta pressione.

Fu così facilmente eseguito il profondo taglione di guardia della diga.

DIGA AL LAGO BALLANO (h = m 18 – tipo a gravità in muratura di pietrame e malta di calce idraulica – eseguita nel 1907÷1908).

Le rilevanti perdite che si verificavano presso il piede a valle derivavano dal fatto che non era stata raggiunta all'atto della costruzione, con le fondazioni della diga, la roccia arenacea in posto, imbasando invece le murature sopra una formazione alluvionale costituita da massi di arenaria annegati entro terreno sciolto proveniente dalla degradazione della roccia stessa.

Da scavi di assaggio praticati presso il piede a monte risultò peraltro che la roccia arenacea solida, in sede, si rinveniva a pochi metri di profondità al disotto del piano di fondazione. Pertanto, al doppio scopo di impedire ogni passaggio d'acqua al disotto della diga e di proteggere anche, più che fosse possibile, le murature stesse della diga da ogni infiltrazione, venne adottato il provvedimento seguente:

Al paramento a monte della diga venne addossata, mediante adatte e profonde ammorsature, una nuova struttura muraria di pietrame in malta cementizia che, dallo spessore di 50 centimetri in sommità della diga, raggiungeva alla base di questa lo spessore di 4 metri, e si prolungava quindi con questo spessore in fondazione, sino a raggiungere e ad incastrarsi profondamente nella roccia arenacea in sede. L'interno della nuova struttura venne munito di un completo sistema drenante. La sua superficie verso acqua venne ricoperta da intonaco di cemento retinato e spalmato superficialmente di sostanze bituminose. La cavità rimasta al piede, fra la nuova struttura e la fronte dello scavo nelle materie alluvionali, venne riempita con argilla stratificata e battuta.

In seguito all'adozione dei provvedimenti suddetti le perdite della diga, che assommavano prima, a pieno invaso, a parecchie decine di litri al sec., vennero a ridursi a soli 5 l/sec.

DIGA AL LAGO VERDE (h = m 25 – tipo a gravità in muratura di pietrame e malta di calce idraulica – eseguita nel 1907÷1908).

Questo sbarramento, ubicato nella immediata prossimità del precedente, non era stato impostato su di una formazione rocciosa in posto, sibbene su di un terreno morenico costituito da sabbia e ciottoli arenacei con qualche sottile strato argilloso.

Non fu possibile in questo caso di adottare un provvedimento del tipo di quello usato per la diga del lago Ballano non essendosi trovata traccia, sotto alla diga, di roccia in posto, neppure in profondità.

Venne allora ideato di alleggerire la spinta idrostatica sulle vecchie murature che non si presentavano in condizioni molto buone e di creare a monte di esse un più profondo schermo impermeabile, addossando al vecchio paramento bagnato della diga una struttura in muratura di pietrame a secco, larga in sommità circa due metri e con scarpa a monte dell'uno di base per due di altezza, ricoperta da uno strato di muratura di pietrame spesso m 1,05 in sommità a m 1,85 alla base con sovrapposto manto impermeabile in cemento armato dello spessore medio di 30 centimetri.

Il manto in muratura era anche qui drenato e proseguito alla base ed entro i fianchi della montagna con un profondo taglione di guardia, dello spessore di circa 4 metri che si addentrava entro il terreno glaciale più profondo e consistente, ove era presidiato anche da una fitta cortina di iniezioni cementizie sotto pressione. L'intercapedine fra il manto e la parete del cavo a monte di esso venne anche quì riempita con argilla a strati, ben costipata.

L'effetto conseguito con i provvedimenti adottati fu ottimo, riducendosi per essi le perdite complessive dello sbarramento sotto il massimo carico, che erano di oltre 50 litri, a soli pochi litri al secondo.

DIGA SUL GARIGLIANO AI BAGNI DI SUJO (h = m 14 – tipo a traversa muraria tracimabile con sovrapposte paratoie metalliche).

In questa diga appena ultimata i due taglioni a monte ed a valle della traversa muraria tracimabile, eseguiti a mezzo di cassoni pneumatici in cemento armato, non poterono raggiungere coi loro coltelli la formazione argillosa compatta sottostante al materasso alluvionale, ma si dovettero arrestare pochi metri al disopra di questa su di una formazione di sabbia più o meno argillosa che non dava sicura garanzia di tenuta.

Vennero allora eseguite, a monte ed a valle della traversa due ture costituite da palancole di acciaio ramato tipo Larssen che, mentre si collegavano nella parte più alta con le murature della traversa, erano immerse profondamente, al piede, nella formazione argillosa. Lo sbarramento è stato di recente sottoposto a carico completo e non sono state, almeno sinora, avvertite attraverso di esso perdite di qualche entità.

DIGA DI S. VITTORIA SUL TIRSO (traversa tracimabile alta m 4,50 destinata alla presa dell'impianto irriguo a valle della grande diga del Tirso).

Il fondo del Tirso, in corrispondenza della traversa, è costituito, sino a grandissima profondità, da materiali alluvionali sabbiosi e ghiaiosi, frammisti in parte con argilla. Non essendo pertanto possibile di raggiungere, neppure a grandi profondità, la roccia impermeabile, si è ricorso all'espediente di creare al passaggio dell'acqua una via lunga e difficile munendo anche quì la diga, tanto in corrispondenza dell'unghia a monte quanto presso il piede della platea a valle, di due palancolati metallici tipo Larssen, di acciaio ramato, che si approfondiscono nella alluvione per altezze di 10÷12 metri.

DIGA DI PERSANO SUL SELE (h = m 14,50 – tipo a gravità, in calcestruzzo, con paratoie metalliche – tuttora in costruzione).

La fondazione di questa diga era prevista su di una formazione rocciosa conglomerata che si sperava di poter raggiungere ovunque, nell'alveo, sotto uno strato di pochi metri di depositi alluvionali sabbio-ghiaiosi. All'atto pratico invece, una fitta serie di sondaggi attraverso l'alveo dimostrò che la roccia suddetta era molto più profonda, raggiungendo in qualche tratta lo spessore dei depositi alluvionali oltre i 20 metri. Essendo pertanto indispensabile di provvedere alla formazione di un taglione impermeabile, scartate per ragioni di costo e in relazione alle forti profondità da raggiungere le soluzioni di fondazioni con cassoni pneumatici o con palancolati tipo Larssen, si decise di eseguire il diaframma a mezzo di una palificazione eseguita con pali di calcestruzzo compresso ed armato tipo Wofsholz, strettamente affiancati e fra di loro compenetrati in guisa da formare un taglione continuo dello spessore di circa 40 cm.

Le testate dei pali saranno incorporate nei massicci di conglomerato costituenti la diga.

Con questo sistema si spera non solo di impedire ogni passaggio d'acqua sotto lo sbarramento, ma di poter incrementare anche la portata di magra del fiume arrestando e facendo risalire in superficie le acque che scorrevano prima attraverso ai terreni molto permeabili costituenti il materasso alluvionale.

DIGA DI TREPIDÒ SULL'AMPOLLINO (h = m 30 – tipo a gravità in muratura di pietrame e malta cementizia – ultimata nel 1928).

Nel caso di questo sbarramento erano a temersi dei passaggi d'acqua attraverso alla spalla sinistra della diga, essendosi quivi riscontrato, all'atto esecutivo, che la roccia granitica dell'imposta si presentava profondamente alterata, tanto da essere ridotta quasi allo stato di sabbione.

Venne allora disposta, in sinistra della diga, la costruzione di una robusta pila-spalla fondata su terreno sano, e raccordata con la sponda a mezzo di un muraglione a martello proteso, verso monte, nella direzione in cui gli assaggi praticati avevano dimostrato la presenza di un terreno sufficientemente buono per fondare. Detto muro di intestatura, eseguito in calcestruzzo a ricco dosaggio cementizio, venne anche presidiato al piede da iniezioni di cemento sotto pressione, e munito di drenaggio in guisa da garantire la retrostante roccia da ogni pericolo di imbibimento per infiltrazioni d'acqua.

Lo scopo della impermeabilità è stato con detta soluzione sufficientemente raggiunto, avendosi oggi a serbatoio pienamente invasato, delle perdite dalla sponda sinistra che non raggiungono complessivamente i 14 litri al secondo e che sono costituite da acqua perfettamente limpida, proveniente dagli effettuati cunicoli di drenaggio.

DIGA SUL TORRENTE S. PIETRO A MURO LUCANO (h = m 47 – tipo ad arco massiccio in conglomerato di cemento – ultimata nel 1917).

Nel caso del serbatoio di Muro Lucano le ingenti perdite d'acqua (sin oltre 2000 litri per secondo !) che cominciarono a verificarsi fin dai primi esperimenti d'invaso, derivavano dal fatto che le pareti del serbatoio in prossimità della diga e specie quella destra, erano costituite da calcari del cretaceo profondamente fessurati ed anche intersecati da grandi fratture di natura orogenetica.

Per il lavoro di risanamento delle roccie suddette vennero anzitutto messe a nudo le sponde calcaree e, individuate e scoperte le grandi fratture, queste vennero perfettamente intasate con robusti massicci di muratura cementizia, in guisa da dare perfetto contrasto e stabilità ai grandi ammassi calcarei delimitati dalle fratture stesse.

Tutta la sponda calcarea, che si presentava inoltre profondamente intersecata da una fitta rete di solcature, (campi carreggiati), venne quindi conguagliata mediante dimezzamento e piccole gettate di calcestruzzo, e sulla superficie così pareggiata venne iniettato con *cement-gun* (usato per la prima volta in Italia per lavori del genere) uno strato di intonaco cementizio dello spessore di 3÷5 cm.

Un accurato raccordo venne quindi effettuato fra la sponda rocciosa intonacata ed il fondo argilloso del lago, mediante apertura, al piede della sponda, di una profonda trincea che venne quindi ricolmata con argilla pigiata e battuta.

I provvedimenti suddetti richiesero lavoro paziente e minuzioso e lunga durata di tempo, tanto da trascinarsi, salvo saltuarie interruzioni, per circa un decennio, dal 1919 al 1929.

I risultati poterono peraltro considerarsi molto soddisfacenti giacchè le perdite complessive dal serbatoio, che nel 1924, con invaso del lago a quota 561,50 avevano persino raggiunto i 3800 litri per secondo, discesero nel 1929, dopo il completamento dei lavori sopradetti e con invaso del serbatoio a quota 565, a soli 220 per secondo.

DIGA DEL COGHINAS (h = m 58 – tipo a gravità in struttura mista di muratura di pietrame e calcestruzzo cementizio – ultimata nel 1926).

La diga del Coghinas era stata impostata in una stretta profondamente incisa nel granito. La roccia, attraversata da filoni diabasici paralleli, si presentava sana e compatta, salvo la presenza di qualche litoclase in sponda destra, mentre in sponda sinistra, a 20 metri circa sopra il fondo dell'alveo, tanto il granito quanto le vene di diabase si presentavano intensamente fratturati ed alterati per parziale caolinizzazione dei feldspati.

I provvedimenti adottati per impedire i passaggi d'acqua attraverso le sponde del serbatoio consistettero: in corrispondenza dell'ala sinistra della diga nella costruzione di un diaframma murario addentrato profondamente (circa 30 metri) nella roccia alterata e fondato sulla roccia sana, munito nel suo interno di un sistema di fitte canne drenanti allo scopo di impedire l'imbibimento del retrostante terreno e, in corrispondenza della sponda destra del serbatoio, nella esecuzione di profonde iniezioni di malta cementizia sotto pressione, in prossimità delle fratture della roccia granitica.

Per effetto del primo provvedimento, adottato in corso di costruzione della diga, le perdite dalla parte dei graniti alterati vennero limitate ad una quindicina di litri al sec.; per effetto del secondo provvedimento, adottato dopo l'ultimazione della diga, le perdite dalla sponda destra del serbatoio (graniti compatti ma litoclasati) che assommavano prima, a pieno invaso, ad oltre 110 litri per secondo, sono state oggi ridotte a circa 30 litri per secondo.

2) Le iniezioni cementizie su vasta scala che abbiamo visto nei casi ora illustrati come uno dei mezzi più efficaci per neutralizzare le filtrazioni sono state usate con ottimo risultato in Italia in molti altri casi che pure non presentavano la gravità di quelli esposti e ciò sia per la impermeabilizzazione delle roccie sulla sede dello sbarramento sia per quella della muratura dello sbarramento stesso a riparo di fenditure prodottesi nella massa muraria o a migliorare la struttura della massa medesima. Possono citarsi ad esempio lo sbarramento del lago d'Elio (Varese), del Varrone (Como), di Rimasco sul Sermenza (Novara), del Brasimone (Bologna), di Rochemolles (Torino), del lago Truzzo (Sondrio), del Fraele (Sondrio), del Tartano (Como), di Molato Val Tidone (Piacenza), del Barbellino (Bergamo), del Tresa (Como), di Boschi (Piacenza), ecc. Notevoli risultati sono stati pure ottenuti con iniezioni di asfalto quando si era in presenza di grosse perdite di acqua come ad esempio si è praticato negli Stati Uniti allo sbarramento della rapida di Hales presso Guild sul fiume Tennessee, nel quale sbarramento, pure essendo esso fondato su roccia calcarea per una gran parte su cassoni ad aria compressa, data la presenza di veri inghiottitoi, non si era riusciti con altro metodo ad accecare le grosse vie d'acqua. Nelle condotte di adduzione, l'asfalto veniva conservato liquido a mezzo di riscaldamento con resistenze elettriche.

Il vantaggio dell'uso dell'asfalto consiste nel poter impiegare per l'intasamento un materiale che è fluido quando è riscaldato ma non è di assoluta consistenza anche a raffreddamento avvenuto: il grumo che si forma alla uscita del tubo resiste bene all'effetto dell'acqua corrente, ma è pure sempre abbastanza plastico da cedere sotto l'effetto della pressione moderata che riceve dal tubo ed espandersi fino a riempire e intasare non ostante il passaggio dell'acqua tutte le cavità in cui viene introdotto.

Nel caso in cui le fondazioni del manufatto siano eseguite su terreno permeabile, o non troppo consistente tale da esigere palificazioni, come avviene talvolta per chiaviche di presa o di ritenuta, bassi sbarramenti o conche di navigazione, e si teme che il corso delle acque freatiche o subalvee esistenti o il nuovo regime in esse determinato dal manufatto possa produrre asportazione del materiale leggero, tale in ogni modo da compromettere la stabilità dell'opera, notevoli e decisivi resultati si sono ottenuti come in qualche caso già accennato con ture di recinzione o di sbarramento atte ad ostacolare il cammino delle acque. Tale recinzione viene fatta o con paratie metalliche o con diaframmi di calcestruzzo continui formati in posto o costituiti da targoni gettati fuori opera. Notevoli esempi al riguardo si hanno anche in Italia, come ad esempio alle fondazioni della Chiavica di sbocco del canale di Usciana in Arno a Pontedera e alle Conche di Battaglia, di Cavanella Po nel Veneto e di Pontelagoscuro lungo il Po in Provincia di Ferrara.

3) È noto che per evitare i passaggi d'acqua attraverso le murature degli sbarramenti due sono i mezzi che in pratica isolatamente o contemporaneamente si usano in genere: i drenaggi ricavati nel corpo delle murature e la impermeabilizzazione della parete della diga a contatto dell'acqua. Si obietta ai drenaggi che la parte delle murature a monte di essi rimane ancora esposta alle infiltrazioni; che la presenza dei pozzi nuoce alla solidità del muro rompendo il monolitismo e la omogeneità dell'opera; che non essendo continui vi sono ancora delle parti di muro fra di essi che rimangono esposte alla infiltrazione. Malgrado queste accuse, ad alcune delle quali si può anche dare ragione, havvi l'adozione quasi generale dei drenaggi quando la diga non sia protetta di manto Levy, procedimento questo che in Italia è limitato a poche applicazioni (sbarramento di Ceresole Reale, h = m 48; di Val Morta, h = m 17,50; del Lago d'Arno, h = m 36,75; del Lago Salarno, h = m 37; del lago d'Avio grande, h = m 37,75; del lago d'Avio piccolo, h = m 11; del lago Baitone h = m 30) dato che per quanto accurato nella sua esecuzione si presta per la relativa esilità delle sue dimensioni e la delicatezza della sua struttura a qualche inconveniente.

I drenaggi nell'interno del corpo degli sbarramenti vengono praticati normalmente a mezzo di canne o pozzi verticali facenti capo a cunicoli longitudinali di raccolta o di ispezione. Le dimensioni delle canne drenanti variano generalmente da 15 a 35 centimetri di diametro; quelle dei pozzi da 40 a 80 centimetri. Sono stati eseguiti drenaggi con pozzi praticabili agli sbarramenti di Camposecco, Cingino, Camplicciioli, Rochemolles, Val Toggia, Lago Truzzo, Val Noci e Suviana. Il sistema attualmente più consigliato è quello di canne del diametro da 20 a 30 centimetri colla inserzione di tanto in tanto di pozzi ispezionabili del diametro di sessanta centimetri. Le distanze fra le canne o pozzi variano in genere dai due ai sei metri fra gli interassi e da metri uno a tre in sommità della diga dal fronte a monte e aumentano in basso in relazione alla scarpata di detta fronte.

La impermeabilizzazione della fronte a monte della diga si è voluta procurare in numerosi casi con un più ricco dosamento delle malte per uno spessore di qualche metro (sbarramenti di Rochemolles, Moncenisio, Piano del Barbellino, Cancano di Fraele, Creva di Luino, Monte Spluga, Lago Truzzo, Mollaro, Boschi, Sperando, Scandarella, Ampollino e vari altri). A tale procedimento si fa però la eccezione che esso si presta alla formazione di piani di distacco; del resto un tale procedimento non ha escluso all'atto pratico in genere la esecuzione dell'intonaco in superficie sussidiato anche dalla spalmatura con vernici a base di bitume od altro, delle quali trovansi in commercio qualità colle quali effettivamente si ottengono anche ottimi risultati. Tali intonaci rinforzati o no da rete metallica si eseguiscono o a mano o col *cement gun*. Lo spessore dello intonaco varia dai due ai cinque centimetri; eccezionalmente al Coghinas si sono raggiunti i dieci centimetri. I tipi di rete che si adoperano sono variabilissimi andando dalle reticelle di due centimetri di lato con fili di un millimetro di diametro alle reti di lamiera stirata a grosse maglie ed alle reti di tondini da 4 a 5 chilogrammi per mq.

La riuscita dell'intonaco esige che si curino in modo speciale le condizioni di adesività con idonee preparazioni del lavoro o colla sua esecuzione in favorevole stagione; ciò specialmente quando si usa la rete metallica: e in questo caso il lavoro esige tale accuratezza che in vari casi, davanti ad una riuscita poco soddisfacente si è cambiato sistema anche in corso di lavoro.

Nei riguardi della conservazione dei rivestimenti è stata rilevata la necessità in genere della adozione di un materiale impermeabile ed elastico, capace di resistere senza fessurarsi agli sforzi di dilatazione e a quelli di compressione. Tali caratteristiche avrebbe l'asfalto quando fosse però debitamente armato con speciale trama di tessuto. Con queste direttive e finalità è stato studiato il comportamento di campioni negli spessori di 3 e di 5 millimetri costituiti da una tela o trama impermeabile sulla cui faccia veniva disteso dell'asfalto a debole coefficiente di sensibilità. Tali campioni mentre ad una pressione che ha raggiunto i 30 kg per cmq e per una durata di 48 ore non avrebbero dato nessuna trapelazione, si sarebbero anche comportati in modo molto soddisfacente nei riguardi della resistenza tanto alle prove di tensione che a quelle di compressione. L'applicazione pratica verrebbe fatta preparando anticipatamente il tessuto in rotoli. Di essa non risulta che quella fatta allo sbarramento di Gabes Bar sul Tennessee, la quale avrebbe dato ottimo risultato.

4) L'azione della sottopressione come elemento di calcolo delle dighe di ritenuta viene variamente apprezzato nei vari paesi. A cominciare dalle prime osservazioni di Francis (1888) e Lieckfeldt (1889) fino ai giorni nostri si ha tutta una serie di opinioni contraddittorie che talvolta è arrivata anche al

punto di contrastare nella stessa persona il criterio teorico e l'azione pratica. Purtroppo alle discussioni teoriche non hanno corrisposto, anche per la difficoltà di impianto dei dispositivi necessari, i dati sperimentali, sia per la loro scarsità sia per i dubbi ai quali la loro interpretazione può prestarsi.

Per le dighe costruite su terreno permeabile e che sono in genere sfioranti e di altezza inferiore ai dieci metri (vedi in Italia le dighe di presa del Canale Villoresi, del Canale Cavour, di Mazzè sulla Dora Baltea, di Santa Vittoria sul Tirso) la verifica della loro stabilità, oltre quella consueta per muri di sostegno, deve essere fatta anche nei riguardi degli effetti della sottopressione statica e del limite ammissibile pel deflusso delle acque nello strato permeabile sotto la diga, tale cioè che non vengano asportate particelle di materiale solide con pericolo di rovina del manufatto. A tale riguardo l'indirizzo già dato dal Bligh fin dal 1910 (1) a tale calcolazione e cioè che si debba tener conto, per fissare il diagramma delle sottopressioni, della resistenza delle acque attraverso il manto sabbioso e a quella dovuta all'aggiramento di diaframmi impermeabili inseriti sotto la platea sulla base di coefficienti sperimentali, ha trovato consenso nelle pratiche applicazioni tanto in Europa che in America, avendo avuto tale procedimento pure sufficiente conferma sia dai rilievi sperimentali diretti quanto da quelli di gabinetto. Ben minore consenso havvi, come si è già accennato, in quanto ha tratto alla valutazione delle sottopressioni delle grandi dighe. Dalle decise affermazioni di Lieckfeldt pel quale tutto il giunto di fondazione sarebbe sottoposto al carico idrostatico massimo, si è arrivati alle norme della circolare 19 ottobre 1923 del Ministero dei LL. PP. di Francia nelle quali è detto « il est généralement pos« sible, par des dispositions convenables (galeries, drains, « éduits, murs de garde, injections de ciment, etc.) et par une « exécution méticuleusement soignée (choix, préparation, em« ploi des matériaux), d'éviter la pénétration de l'eau sous « pressions soit dans le corps de l'ouvrage, soit dans le terrain « de fondation au voisinage de sa base. Dans la construction « des barrages de grande hauteur, l'ingenieur ne devra négliger « aucune des mesures qui permettent d'atteindre ce résultat.

« Dès lors sauf dans des circonstances exceptionnelles, le « calcul des « barrages-poids » *peut être basé sur la simple « considération de leur poids et de la poussée de l'eau sans tenir « compte des sous-pressions* ».

Anche autori tedeschi ammettono che quando nella costruzione di una diga sia stata impiegata tutta la necessaria accuratezza « è sufficiente provare *la stabilità della diga con la sola teoria dei muri di sostegno* ».

Malgrado questi precedenti sta di fatto che anche ora nella letteratura tecnica straniera come in quella italiana i pareri sono molto divisi e si è ben lungi da una norma comune, poichè, di fronte anche ai disastri che di tanto in tanto si verificano e talvolta per cause non esattamente definite la convinzione teorica cede davanti a criteri di prudenza e si applica il consiglio di Krantz « en face de pareilles eventualités, l'ingenieur n'est « pas admis a faire preuve de hardiesse, ni à presenter au public « le gage d'une responsabilité importante à réparer d'aussi « grands desastres ».

Più quindi che la ripetizione di argomenti ormai triti che potranno sempre trovare qualche confutazione, la definizione della questione non potrà aversi che da una diffusa sperimentazione pratica alla quale lo sviluppo che attualmente ha la costruzione di dighe in tutto il mondo, sia pure con qualche sacrificio di spesa può apprestare ampia occasione.

È interessante ricordare in argomento gli studi di M. Bonnet per la normalizzazione degli sbarramenti in relazione alla condizione Levy, i quali arrivano alla conclusione che la ripartizione degli sforzi a cui devono resistere tanto le murature che il terreno è assai migliore quando si soddisfi a tale condizione o ci si avvicini molto; così pure quelli dell'Hoffman pei quali risulterebbe la necessità di introdurre nei calcoli delle dighe a gravità, pure adottando ogni migliore artifizio per assicurare la impermeabilità delle fondazioni e il drenaggio delle murature, una sollecitazione sotto forma di sottospinta in corrispondenza del paramento a monte pari a 0,60÷0,80 del corrispondente carico; nonchè verrebbe realizzata la condizione atta ad evitare che una eventuale fessura nel paramento a monte abbia a propagarsi.

Delle menzionate incertezze e dei conseguenti criteri di prudenza risente anche il nuovo Regolamento italiano sui progetti e costruzione delle dighe, il quale pure temperando il valore del coefficiente di sottopressione in relazione alle sole condizioni del terreno d'impianto, e sempre nella ipotesi che sia posta ogni cura sia per evitare i passaggi d'acqua che nella costruzione delle murature, non è che in un caso limite che assegna il valore zero a detto coefficiente. Il nuovo regolamento, che modifica leggermente le norme prima vigenti, stabilisce i valori del coefficiente *m* come appresso:

Dighe sino a 25 metri di altezza:

a) m = 0 per diga con fondazione su terreno costituito da roccia avente ottimi requisiti di omogeneità, compattezza, impermeabilità;

a') m = 1/2 idem idem in condizioni buone e con minimi difetti;

a'') m = 1 idem idem in condizioni mediocri e con difetti, intesa però la correzione dei difetti stessi mediante iniezioni cementizie.

Dighe di altezza di 50 metri:

b) m = 1/2 nelle condizioni di fondazione del caso *a*);
b') m = 3/4 nelle condizioni di fondazione del caso *a'*);
b'') m = 1 nelle condizioni di fondazione del caso *a''*).

Dighe di altezza di 75 metri:

c) m = 2/3 nelle condizioni di fondazione del caso *a*);
c') m = 1 nelle condizioni di fondazione del caso a').

Dighe di altezza maggiore di 75 metri:

m = 1 in ogni caso.

Per dighe di altezze comprese fra 24 e 50 metri e fra 50 e 75 metri, i valori del coefficiente m verranno determinati per interpolazione.

Per i serbatoi di eccezionale importanza per volume di invaso o per altre circostanze, si potrà imporre in ogni caso m = 1. Nel caso di dighe di notevole lunghezza al coronamento, aventi zone di altezza notevolmente diversa, verrà ammessa, agli effetti della applicazione del coefficiente m, la suddivisione della diga in zone di altezze diverse, comprese fra giunti successivi.

Può essere interessante la nozione dei valori dei coefficienti di sottopressione adottati nelle principali dighe a gravità eseguite in Italia, elencati nel prospetto che fa seguito, tenuta presente la natura dei terreni sui quali esse furono impiantate.

5) Gli argini dei canali di navigazione, più ancora che quelli dei corsi d'acqua naturali soggetti in genere soltanto a piene di breve decorso, devono risentire quando sono costituiti di materiale non sufficientemente idoneo, i danni che derivano dalle filtrazioni di acqua. Tali danni spesso non riguardano soltanto le opere, ma anche il valore economico dell'acqua perduta e i deterioramenti che ne derivano alle colture e alle abitazioni attigue al canale. In una memoria presentata al V° Congresso Internazionale di navigazione interna (1) furono illu-

(1) W. G. Bligh: *Dam Barrages and weirs on porous foundation.* « Engineering News » 1910, 29 dicembre.

(1) Dei mezzi impiegati in Italia per rendere impermeabile il letto dei canali. Relatori Bompiani e Luiggi.

N. d'ordine	Diga e Provincia	Altezza in metri	Caratteristiche geognostiche della roccia	Coeffic. m adottato
1	Lavagnina Inf. (Alessandria)	33	Serpentini	2/3
2	Zerbino a Molare (Alessandria)	47	Serpentino diallagico	2/3
3	Le Mesce (Cuneo)	62	Gneiss anfibolico	1/2
4	Camplicciolì Inferiore (Novara)	72	Gneiss compatti attraversati da filoni di quarzo e di rocce granitiche	2/3
5	Moncenisio (Torino)	26	Calcescisti con lamelle di ardesia	1/2
6	L. Gabiet (Aosta)	36	Serpentini	2/3
7	Rochemolles (Torino)	59	Calcescisti	2/3
8	Cignana (Torino)	54	Anfiboliti zonate e serpentini	2/3
9	Ceresole Reale (Torino)	48	Gneiss e graniti	1
10	Cingino (Novara)	44	Gneiss ghiandone	1/2
11	Camposecco (Novara)	28	Gneiss ghiandone	1/2
12	Val Toggia (Novara)	45	Quarziti micacee e micascisti	3/4
13	L. della Rossa (Torino)	26	Rocce anfiboliche	0,93
14	Lago Nero (Bergamo)	36	Porfido permiano	1/2
15	Piano del Barbellino (Bergamo)	62	Scisti zonati e arenarie quarzitiche grigie	4/5
16	Sardegnana (Bergamo)	36	Rocce argilloso-silicee-ardesiache a frattura scistosa	1/2
17	Colombo (Bergamo)	33	Rocce ardesiache in banchi con scistosità obliqua al verso della stratificazione	1/2
18	Gemelli (Bergamo)	34	Idem, come sopra, con accentuati caratteri di sfaldabilità	3/4
19	Lago d'Arno (Brescia)	37	Tonalite compattissima	1/3
20	Lago Salarno (Brescia)	37	Rocce granitico-tonalitiche compatte	1/3
21	Lago d'Avio (Brescia)	37	Tonaliti compatte	1/3
22	Lago Baitone (Brescia)	30	Gneiss e quarziti a contatto con tonalite	1/2
23	Fraele (Sondrio)	54	Calcari dolomitici stratificati con interposti banchi calcareo - argillosi e bituminosi	2/3
24	Creva di Luino (Varese)	30	Micascisti con gneiss minuti (inclinati verso valle)	3/4
25	Monte Spluga (Sondrio)	72	Rocce gneissico-sericitiche e calcari	1
26	Lago Truzzo (Sondrio)	21	Gneiss (serizzo ghiandone)	1/2
27	Tartano (Sondrio)	57	Micascisti passanti a gneiss	1/2
28	Mollaro (Trento)	22	Scaglia rossa del cretaceo e marne grigie dell'eocene	3/4
29	Careser (Trento)	60	Scisti a filladi con quarziti	2/3
30	S. Caterina (Belluno)	44	Arenarie, argilloscisti e calcari	3/4
31	Giacopiane (Genova)	45	Diabasi-serpentini	2/3
32	Val Noci (Genova)	56	Calcari marnosi stratificati dell'eocene	2/3
33	Diga delle Scalere (Bologna)	35	Grossi banchi di arenaria (macigno)	1/3
34	Suviana (Bologna)	80	Arenaria stratificata con intercalazioni schistose	1
35	Mignano (Arda) (Piacenza)	51	Stratificazioni calcaree, arenacee e marnose con interposti schisti argilloso-calcarei	1
36	Boschi (Piacenza)	31	Arenarie minute, in banchi raddrizzati con frequenti faglie	3/4
37	S. Salvatore (Piacenza)	37	Grossi banchi di arenarie con sottili intercalazioni scistose	1
38	Sperando (Pistoia)	25	Arenaria in banchi con intercalati straterelli di galestri e argille	1/3
39	Vulci (Roma)	14	Lave andesitiche	1/3
40	Scandarella (Rieti)	48	Arenarie con intercalati scisti argillosi	1/2
41	Letino (Campobasso)	24	Calcari compatti (gruppo del Matese)	1/3
42	Trepidò (Ampollino) (Cosenza)	30	Gneiss e filladi quarzifere con intercalazioni granitiche, in parte alterate	2/3
43	Busachi (Cagliari)	20	Scisti cristallini e granito a mica nera	0
44	Coghinas (Sassari)	58	Graniti con filoni diabasici, in parte alterati	1/2
45	Scala di Giocca (Sassari)	27	Trachiti di tipo vario	1/2

strati i mezzi allora impiegati nei canali italiani per evitare tali perdite d'acqua, concludendosi che mezzi migliori potevano considerarsi lo stagnamento con torbide, dove le acque trasportano molto limo; i rivestimenti con ciottolato a bagno di malta; i rivestimenti in calcestruzzo in quel canali in cui l'acqua corre anche durante l'inverno, e finalmente i rivestimenti in muratura. Evidentemente questi procedimenti valgono tanto pei canali in escavo quanto per quelli in cui il pelo d'acqua è elevato sul piano di campagna e contenuto da arginature, solo osservando che quando il materiale del quale sono costituiti gli argini è di natura prevalentemente sabbiosa e ghiaiosa, la fronte interna degli argini deve essere rivestita per adatto spessore di uno strato di terra contenente un notevole tenore di argilla. Nuovi procedimenti sono stati introdotti in questi ultimi tempi che all'atto pratico risultarono di migliore effetto; così al canale Villoresi, dove più specialmente si usavano rivestimenti di ciottoli, si usano ora lastre di calcestruzzo di cemento dello spessore da sette ad otto centimetri e delle dimensioni in genere di m 1,20 per m 0,60 coi giunti riempiti di malta cementizia. Esse vengono appoggiate o sul vecchio rivestimento o sulle scarpate in terra ben battute. Un'ulteriore riduzione delle filtrazioni può ottenersi intonacando tale rivestimento con catrame. Vi sono però situazioni nelle quali tali provvidenze per speciali condizioni del terreno e per la difficoltà di manutenzione dei rivestimenti di difesa nell'interno del canale risultano insufficienti e allora bisogna ricorrere a diaframmi o direttamente nel corpo degli argini o appiedi di essi intestati in banchettoni addossati agli argini medesimi e costituiti da buon materiale. Ai diaframmi in argilla che per quanto in genere di ottimo esito hanno evidentemente per ovvie difficoltà di esaurimento limitata possibilità di esecuzione e azione in profondità, sono stati in questi ultimi tempi sostituiti altri procedimenti che danno migliore garanzia e permettono una maggiore estensione del presidio, riuscendo così a sanare situazioni che non avrebbero altro rimedio.

Dei lavori eseguiti in Italia e che pure riguardando argini fluviali possono naturalmente avere piena applicazione anche in casi analoghi relativi a canali di navigazione, possiamo citare alcuni più interessanti eseguiti con felice esito nelle provincie di Pavia e Padova e precisamente:

IN PROVINCIA DI PAVIA LUNGO IL FIUME TICINO:

Diaframma Simplex in località Canarazzo (fig. 1).

Consta di una parte verticale profonda metri 5,00 (subacquea) e di una parte inclinata con un tratto orizzontale di congiungimento.

Il diaframma inclinato in calcestruzzo era stato costruito dopo la piena del 1917 a scavo aperto e fino al livello della falda in magra, ma si è appalesato assolutamente insufficiente nella piena del 1926, cosicchè negli anni 1927-28 si è aggiunto un diaframma Simplex costituito da tanti pali in calcestruzzo gettati in posto e accostati in guisa da costituire una paratia. Per profondità inferiori ai sei metri, la sezione del palo pel diaframma Simplex viene tenuta elittica. I pali vengono formati

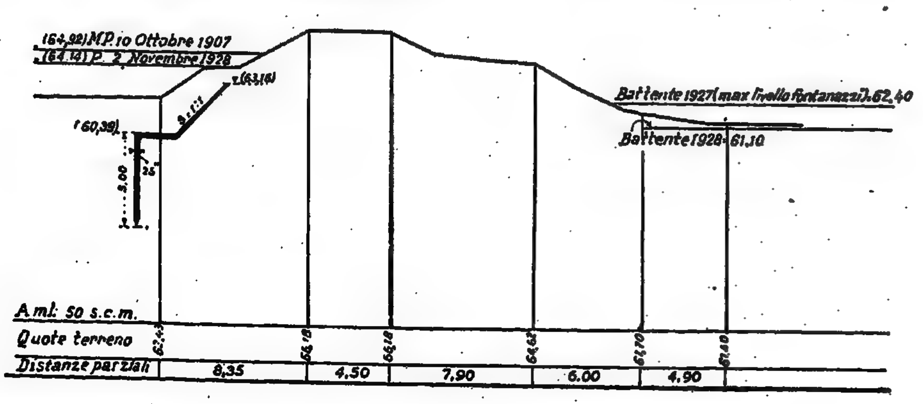


Fig. 1. - Diagramma in calcestruzzo tipo Simplex in località *Canarazzo*.

nei vani successivamente lasciati dopo la sua estrazione da una forma tubolare metallica della sezione ellittica di metri 0,25 × 0,65 che viene infissa a mezzo di un pistone scorrente nel suo interno e che viene ringuainato nella estrazione del tubo.

Il costo del diaframma completo al Canarazzo può calcolarsi intorno alle 800 lire per metro lineare.

Diaframma in località Lunone (fig. 2).

Fu eseguito nel 1928 e risulta costituito da una sottile soletta armata orizzontale, collegata a taglioni verticali scendenti fino al livello subacqueo di magra, e con un appendice inclinata sotto la scarpata della banca arginale.

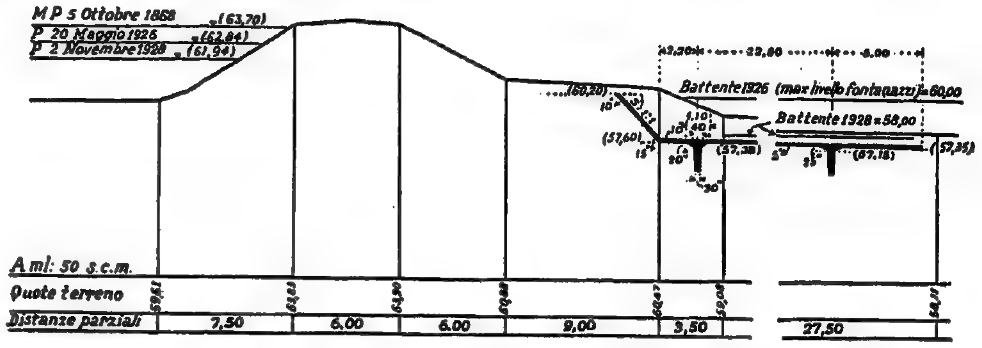


Fig. 2. - Diaframma in calcestruzzo tipo orizzontale, in località *Lunone*.

Nella piena del novembre 1928, notevolmente inferiore a quella del 1926, si è constatato un abbassamento fortissimo del carico idraulico in campagna, che nelle piene precedenti era elevatissimo, e che si ritiene debba mantenersi anche con le piene superiori data l'ottima riuscita dell'opera. Il costo del diaframma può calcolarsi intorno alle lire 800 per metro lineare compreso il movimento di terra e gli ingenti espropri.

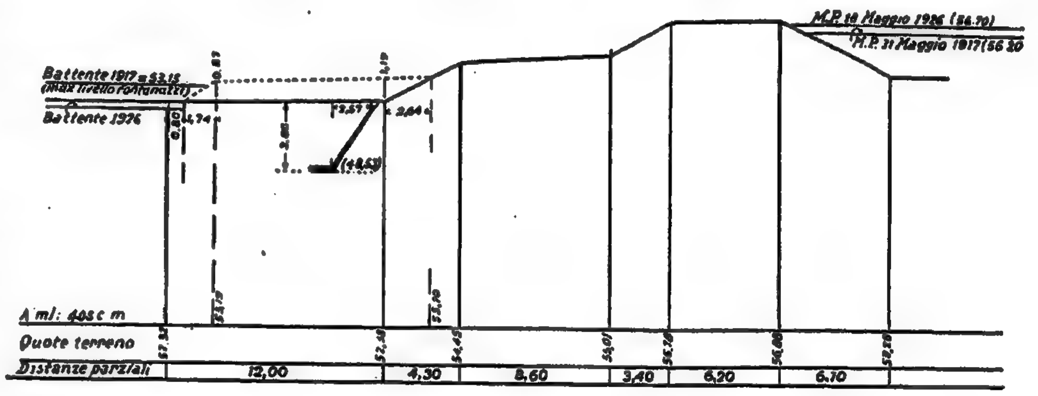


Fig. 3. - Diaframma in calcestruzzo in località *Cà dei Chiari Soncina*.

Diaframma in località Ca' de' Chiari Soncina (fig. 3).

È del tipo più in uso. Costruito a campagna in scavo aperto fino al livello dell'acqua, spinto con qualche accorgimento anche 20 ÷ 30 cm sotto il medesimo. Nella località indicata la realizzazione del tipo è riuscita molto bene per il favore delle circostanze nelle quali la costruzione si potè effettuare in quanto questa è avvenuta durante le magre eccezionali del 1920-21.

Il costo del lavoro è stato di circa L. 350,00 per m, compresa la sottobanca di copertura.

Diaframma in calcestruzzo e palancole Larssen nei pressi della chiavica Reale (fig. 4).

È dello stesso tipo precedente con aggiunta una parte subacquea verticale in palancole Larssen.

Queste sono state adottate invece del diaframma Simplex perchè data la brevità del tratto (metri 100) l'impianto per il Simplex non sarebbe stato economicamente conveniente. Le Larssen sono del profilo più leggero, dovendo resistere solo alla percussione, e sono dosate d'una certa percentuale di rame. I giunti vennero abbondantemente ingrassati.

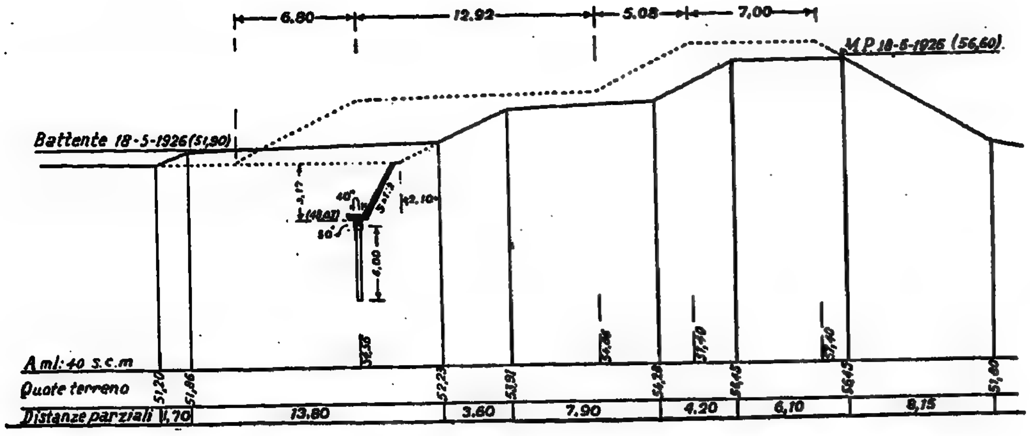


Fig. 4. - Diaframma in calcestruzzo con palancole metalliche Larssen in località *Chiavica Reale*.

Il costo è di L. 950,00 circa per metro corrente escluso il movimento di terra superiore che, oltre lo scopo di copertura del diaframma e saldatura col corpo arginale di terra buona, ha anche lo scopo di ingrossamento e rialzo dell'argine deficiente di franco.

In provincia di Padova.

Furono eseguiti diaframmi in calcestruzzo del tipo Simplex in varie località, e fra queste lungo il Brenta a Campolongo Maggiore per una lunghezza di 500 metri, lungo il Canale di Pontelongo per complessivi metri 500, lungo il Gorzone ad

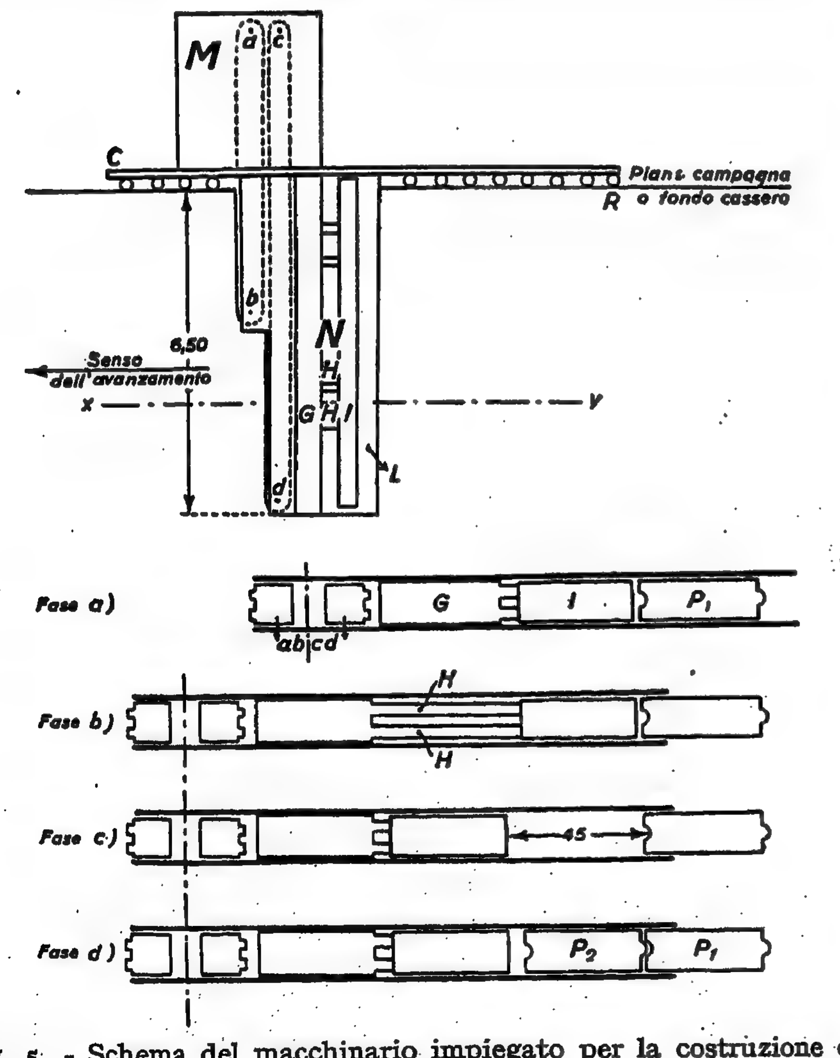


Fig. 5. - Schema del macchinario impiegato per la costruzione del diaframma in calcestruzzo in località *Porcari* (*Borgoforte*).

M = parte macchinario sopra terra; *N* = parte macchinario entro terra; *C* = telaio; *R* = rulli; *H* = martinetti idraulici; *L* = lamiera in ferro; *ab*, *cd* = escavatori a tazze; *G* = trave fisso solidale al macchinario; *I* = trave mobile; P_1 = palancata iniziale; P_2 = palancata in opera.

Anguillara Veneta per tagliare un notevole passaggio d'acqua fra il Gorzone ed il bacino di carico del manufatto idrovoro del Consorzio di Bonifica Gorzon Inferiore.

Altro diaframma in calcestruzzo è stato eseguito lungo la sinistra di Adige in località Porcari (Comune di Borgoforte), impiegando un macchinario recentemente studiato che permette di costruirlo fino alla profondità di m 6,50 sotto un dato piano sul quale il macchinario stesso è collocato. Con tale macchinario si è potuto eseguire un tratto di 700 metri in settanta giorni; ma la rapidità del lavoro si è anche potuta aumentare successivamente, con ulteriore perfezionamento.

Il diaframma è ottenuto da una serie di elementi costituiti da palancole ad incastro alte m 6,50, dello spessore di 22 cm e larghe m 0,40.

Il macchinario (fig. 5) è costituito essenzialmente di due parti: una sopra terra ed una entro terra, fra loro solidali e sostenute da un telaio appoggiato a mezzo di rulli, sul piano campagna o sul fondo dell'eventuale cassero ed è spostabile con la forza data dai martinetti idraulici di cui si dirà in appresso.

Nella parte sopra terra sono collocati i motori e gli organismi di trasmissione dei vari movimenti inerenti al funzionamento del macchinario.

La parte entro terra è formata essenzialmente da due pareti di lamiera di ferro (*L*) che arrivano fino alla profondità di m 6,50 sotto il piano di manovra, parallele fra loro e alla marcia della macchina e distanti cm 22.

Nello spazio fra le due lamiere si trovano i seguenti apparecchi: anteriormente un escavatore a tazze in due parti (*ab*, *cd*) opportunamente sporgente dalle lamiere; posteriormente una coppia di travi in ferro (*G* ed *I*) posti verticalmente nella detta intercapedine e collegati fra loro da due coppie di martinetti (*H*) idraulici che, sottoposti a pressione fino a 300 atmosfere, provocano l'allontanamento reciproco dei due travi con escursione massima di circa 45 cm. Il trave anteriore (*G*) è fisso alle lamiere e solidale con tutto il complesso del macchinario sia sopra che entro terra; quello posteriore (*I*) è mobile.

Il funzionamento della macchina avviene nel seguente modo: supposto già in opera un elemento del diaframma costituito da una palancola (P_1) di cemento armato alta m 6,50, larga m 0,40 e dello spessore di cm 22 (fase *a*), si mette in azione la macchina mettendo in pressione i martinetti (*H*) e facendo contemporaneamente agire l'escavatore. I martinetti provocano l'allontanamento dei due travi (*G* e *I*) e poichè il trave (*I*) appoggia alla palancola (P_1), il trave (*G*) è costretto ad avanzare verso la via aperta dall'escavatore trasportando con sè tutto il macchinario (fase *b*).

Effettuato l'avanzamento di cm 45 circa, i martinetti vengono fatti rientrare (fase *c*) e la trave (*I*) si riavvicina alla trave (*G*). Resta così uno spazio vuoto limitato da una parte della prima palancola (P_1) dall'altra dalla trave mobile (*I*) e lateralmente dalle due lamiere (*L L*).

Entro questo vano viene infilata una seconda palancola avendo previamente spalmato con mastice bituminoso l'incastro.

Fatta questa operazione (fase *d*) si rimettono in pressione i martinetti e la trave (*I*) si appoggia alla nuova palancola e la comprime fortemente contro la precedente fino a provocare l'ulteriore avanzamento della macchina (che ha inizio ad una pressione non inferiore alle 100 atmosfere, ma variabile con la natura del terreno da escavare) ripetendosi le fasi già accennate.

La velocità di avanzamento utile della macchina è di m 1,20 all'ora. Le palancole sono costruite in cantiere con calcestruzzo a dosatura normale.

Affine di avere la possibilità di eseguire eventualmente iniezioni in cemento sotto il labbro inferiore del diaframma, in alcune palancole si può mettere in opera un tubo di lamiera del diametro di mm 60 che serve di guida, fino al labbro inferiore del diaframma, alla lancia dell'iniettore.

Studio delle questioni idrodinamiche con l'aiuto di prove di laboratorio su modelli in scala ridotta. Confronto fra i risultati di queste prove e quelli dell'osservazione diretta dei fenomeni naturali, al fine di stabilire, tra l'altro, le condizioni e i limiti di validità della legge di similitudine.

(Rapporto del PROF. ING. GIULIO DE MARCHI,
del R. Politecnico di Milano)

I – Lo studio di opere idrauliche a mezzo di modelli ha trovato in Italia negli ultimi anni un certo numero di applicazioni riguardanti argomenti diversi, fino ad investire lo stesso problema generale della validità del mezzo di indagine e delle limitazioni che tale validità trova in casi particolari.

Le ricerche finora compiute trattano quasi esclusivamente il funzionamento di opere idrauliche stabili: intendiamo opere nelle quali non intervengono fenomeni di corrosione di fondo o di deposito di materiale in sospensione, mancando ancora in Italia i laboratori adeguatamente attrezzati per le ricerche di idraulica fluviale.

Le opere stabili sopradette furono studiate per molta parte nei laboratori di idraulica annessi alle R. Scuole di Ingegneria di Pisa e Padova; ma non mancano gli esempi di prove eseguite sul cantiere dagli uffici tecnici stessi preposti alla costruzione delle opere, allo scopo puramente pratico di stabilire forme particolari e dimensioni delle strutture da costruire.

Delle esperienze a scopo esclusivamente pratico, il cui risultato è, in generale, circoscritto alla situazione particolare per la quale furono eseguite, si darà solo notizia sommaria: invece si considereranno in modo più particolareggiato le prove che hanno dato luogo a qualche conclusione di carattere generale.

II – Fra le esperienze eseguite nei laboratori delle Scuole di Ingegneria per lo studio di problemi tecnici concreti, possiamo citare solamente quelle effettuate nel Laboratorio di Pisa negli anni dal 1925 al 1928. Una prima serie di esse ebbe motivo dal seguente problema (1): il canale dell'impianto idroelettrico di Covalou (Società Idroelettrica Piemonte) della portata massima di mc/sec 10 attraversa, con un sifone costituito da una condotta metallica di oltre 300 m di lunghezza e m 2,80 di diametro, la valle del T. Hérin, e fra il fondo del canale all'imbocco ed il fondo del canale allo sbocco intercede il dislivello di soli m 0,26: per assicurare la efficienza della costruzione interessava conoscere preventivamente le perdite di imbocco e sbocco, e in seconda linea stabilire la forma dei tronchi di imbocco e sbocco in modo che le perdite di carico corrispondenti risultassero minime.

Le prove si svolsero su modelli di diverse forme, tutti nel rapporto: $\lambda = 0{,}0578 = \frac{1}{17{,}3}$ per le lunghezze, al quale per la simiglianza idrodinamica (Legge di Froude) corrisponde il rapporto delle portate: $\lambda^{5/2} = 0{,}0008$.

Le prove misero in evidenza l'opportunità di adottare per l'imbocco e per lo sbocco del sifone delle forme raccordate allo scopo di diminuire le perdite di carico.

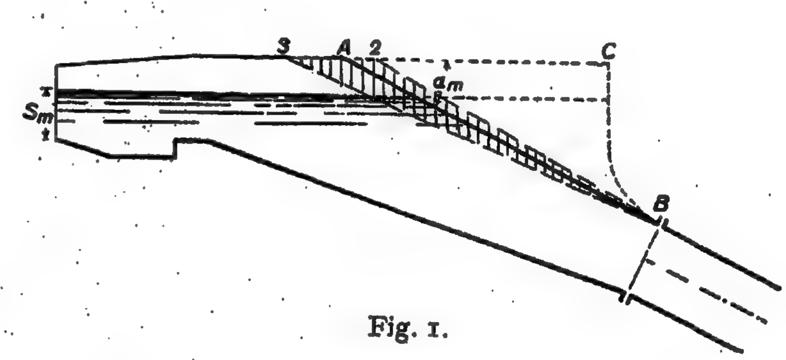


Fig. 1.

La fig. 1 mostra la sezione longitudinale dell'imbocco provato in laboratorio, le linee *C B* e *A B* rappresentano rispettivamente la forma iniziale e quella che fu adottata all'atto esecutivo, con raccordo più graduale. La figura 2 riporta le perdite di carico

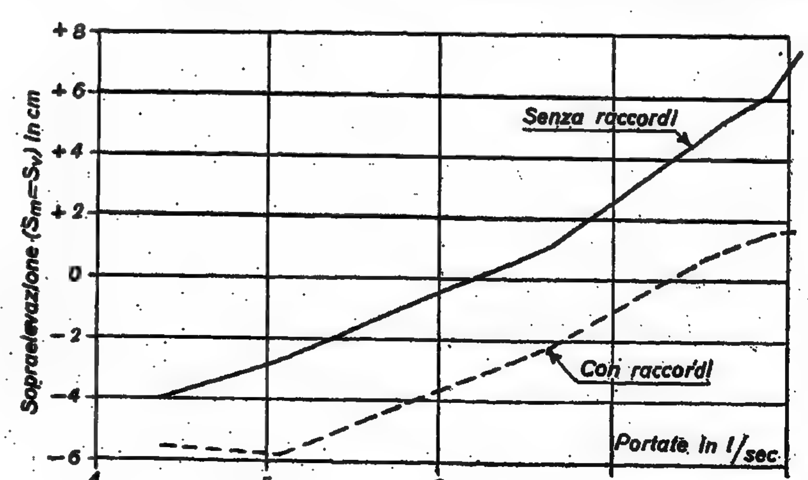


Fig. 2.

dovute complessivamente all'imbocco e allo sbocco con le due forme come sono indicate nella tabellina seguente, e mostra chiaramente il vantaggio di quella adottata, con la quale viene eliminato lo spazio morto *A B C* (fig. 1) che le prove mostra-

(1) DE MARCHI e MARCHETTI: *Determinazione sperimentale delle perdite all'imbocco e allo sbocco di un sifone. Esperienze su modelli in piccola scala.* « Annali dei LL. PP. », Anno 1927, Fasc. 2°.

rono sede di moti vorticosi. La diminuzione delle perdite di carico ammonta ad un sesto del dislivello disponibile fra i due estremi del sifone, e l'inclinazione più favorevole delle volte di raccordo rispetto all'orizzontale corrisponde a circa 27°.

PORTATE	Sopraelevazione	
	senza raccordi	con raccordi
4,40	— 40	— 55
5,08	— 29	— 61
6,68	+ 10	— 21
7,60	+ 51	+ 8
7,90	+ 62	+ 16
8,10	+ 66	+ 18

L'opera è in funzionamento regolare da un quadriennio.

Un'altra serie di prove eseguite nel Laboratorio di Pisa riguardò lo scarico di superficie della vasca di carico dell'impianto di Isollaz (Società Idroelettrica Piemonte). Tale scarico è costituito da una coppia di sifoni autolivellatori facenti capo ad una condotta metallica a pelo libero. Le esperienze furono dirette a definire la forma dei sifoni autolivellatori, in modo da assicurare il regolare imbocco della corrente nella condotta a pelo libero, e la forma del dissipatore di energia al termine della condotta medesima dove la velocità arriva a circa 13 m/sec.

La forma adottata per il dissipatore è quella (1) delle figure 3 *a*), 3 *b*), 3 *c*) (le quali mostrano anche tre fasi successive dell'entrata in funzione come furono osservate in laboratorio): la vaschetta al termine dello scivolo e la contropendenza susseguente sono state riconosciute necessarie per provocare la formazione del salto di Bidone nell'interno del dissipatore, anche nella eventualità di repentina entrata in funzione. L'opera costruita in conformità delle constatazioni di laboratorio ha ben corrisposto allo scopo.

Delle esperienze sui sifoni parleremo più avanti.

III – Qui accenneremo che anche progettisti e costruttori hanno istituito prove su modelli in piccola scala per stabilire preventivamente il funzionamento di opere in progetto. Ricordiamo, fra l'altro, quelle eseguite a cura della Direzione Costruzioni Idroelettriche delle Ferrovie dello Stato (2), per lo studio dello sfioratore da porre presso la diga di Suviana (Impianto del Reno). Lo sfioratore è destinato a scaricare mc/sec 400 in un pozzo verticale cui fa seguito una galleria con un primo tronco ad asse inizialmente inclinato, seguito da un altro ad asse orizzontale (figg. 4 *a*) e *b*).

Per il modello preparato sul cantiere, si è adottata la scala 1 : 50 per le lunghezze, e le prove si svolsero in modo essenzialmente qualitativo.

Nelle figure citate le linee a tratti indicano la forma originaria: quelle continue sottili la forma suggerita dalle osservazioni su modello.

(1) DE MARCHI: *Le opere di scarico del bacino della Centrale di Isollaz.* « Sincronizzando », Marzo 1928.

(2) Da notizie cortesemente fornite dall'Ing. Mirone.

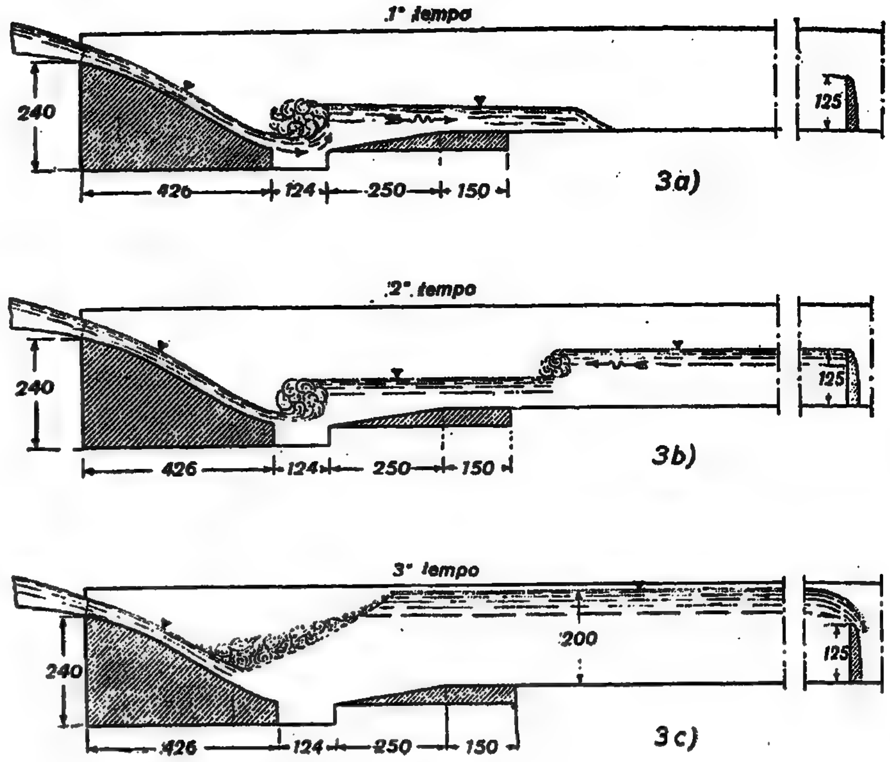


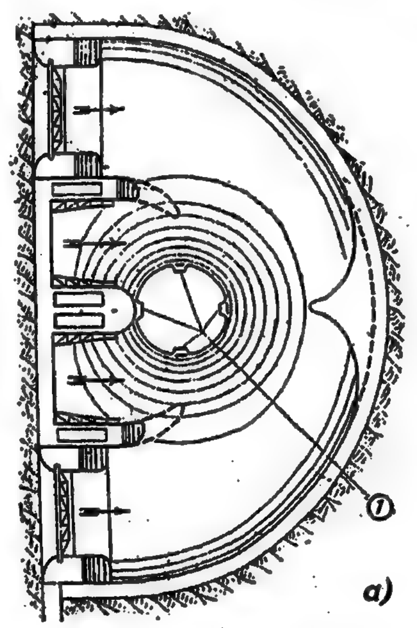
Fig. 3.

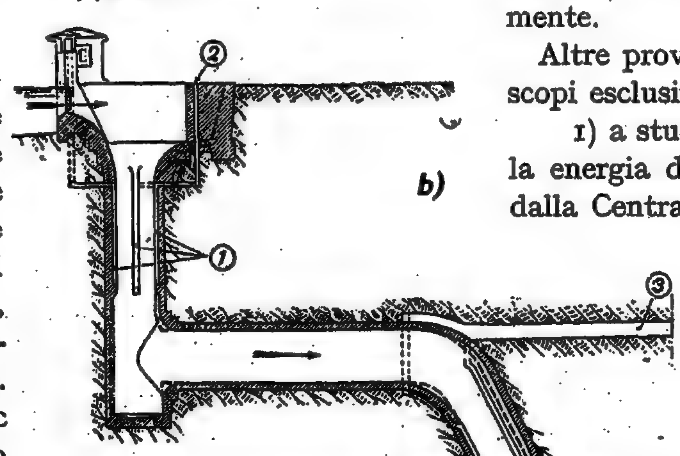
Con la prima forma, la corrente assumeva un moto rotatorio all'imbocco del pozzo verticale e il livello liquido entro quest'ultimo subiva oscillazioni pressochè periodiche; inoltre, quando il pozzo veniva alimentato in modo dissimmetrico chiudendo una parte delle luci, si formavano forti vortici davanti alle luci chiuse.

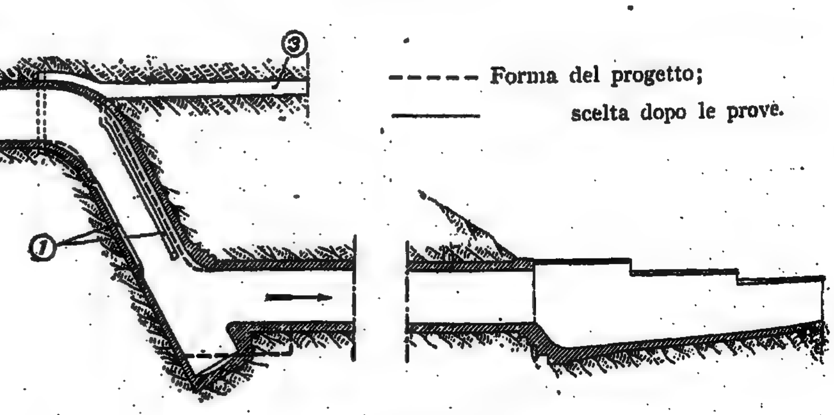
Il moto rotatorio della corrente è stato eliminato applicando alla parete del pozzo le nervature segnate nelle figure; mentre con l'applicazione di un rostro alla parete dell'imbocco del pozzo, dirimpetto alle luci, e accorciando le pile fra le luci stesse, si riuscì a regolarizzare il moto ed a eliminare i vortici, che si presentavano nel caso di alimentazione dissimmetrica. Si riconobbe, inoltre, che le oscillazioni del pelo liquido derivavano da irregolare aereazione della corrente nel pozzo, e si arrivò a farle cessare migliorando la detta aereazione, nel pozzo e nella galleria inclinata, per mezzo di condotti aperti nelle nervature, costruite appositamente cave e, posti in comunicazione con l'atmosfera: anche la posizione dei fori di aerazione è stata stabilita sperimentalmente.

Altre prove (1) su modelli eseguite in cantieri per scopi esclusivamente pratici furono dirette:

1) a studiare la forma meglio adatta a smorzare la energia di una corrente di 30 mc/sec scaricata dalla Centrale di Fies;







a) pianta; *b*) sezione.
1 = nervature con fori di aereazione;
2 = condotti di aereazione;
3 = galleria di aereazione.

Fig. 4.

2) a stabilire il profilo di una diga tracimata, sul Sarca e dispositivi atti a limitare le erosioni al piede della diga stessa

3) a studiare la forma da assegnare allo scarico della centrale idroelettrica di Toblino.

(1) Dovute al compianto Ing. Aldo Da Pra.

IV – Il problema dei sifoni autolivellatori è stato largamente studiato in Italia, oltre che nelle ricerche delle quali si è fatto parola sopra, condotte nel laboratorio della Scuola di Ingegneria di Pisa, e in altre eseguite nella Scuola di Padova, anche in dirette determinazioni sopra opere costruite ed in funzione.

Nel laboratorio di Padova (1) sono stati sperimentati sei modelli di sifone, di varie forme, riproducenti in gran parte opere già in funzione e ciò con l'intendimento di confrontare i risultati di laboratorio con le poche determinazioni che fu possibile instituire sulle opere costruite.

I modelli sono stati costruiti nelle scale 1/10, 1/12, 1/15, 1/20 *e le prove si limitarono a piccoli rigurgiti* (sopraelevamenti del pelo liquido sopra la soglia del sifone) *nella vasca di alimentazione del sifone*, perchè il funzionamento delle opere fu indagato solo per le condizioni specifiche degli organi autolivellatori.

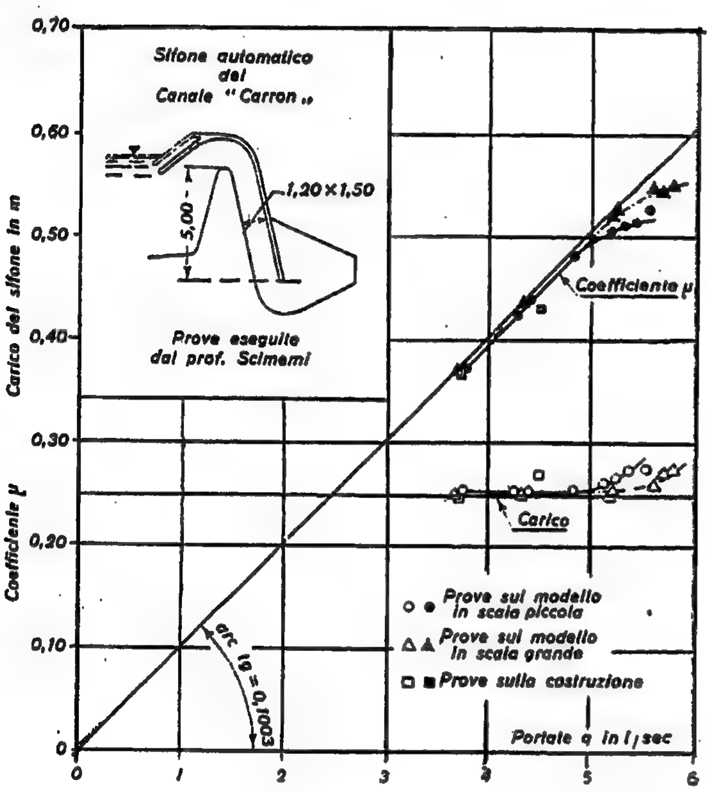


Fig. 5.

Si riportano a titolo di esempio i risultati (fig. 5) delle determinazioni relative al tipo di sifone esistente sul canale « Carron »: il diagramma è desunto da una speciale elaborazione dei dati pubblicati, compiuta allo scopo di mettere in evidente confronto i valori ottenuti sui modelli e quelli forniti dall'opera in funzione.

Gli elementi presi in esame sono la portata q scaricata, il salto h utilizzato dal sifone, e i valori del coefficiente (o rendimento) μ del sifone, fornito dalla espressione:

$$\mu = \frac{q}{\sigma \sqrt{2\,g\,h}}$$

dove σ è l'area della sezione retta della canna del sifone al suo sbocco. I cerchi si riferiscono ai valori ottenuti nelle prove di laboratorio (modello nella scala 1/20), i triangoli alle prove di laboratorio nella scala 1/12, i quadrati corrispondono alle esperienze sull'opera, tutti i valori essendo ridotti alla scala del modello minore (1 : 20), per mezzo dei consueti rapporti di similianza idrodinamica.

Le conclusioni che si possono trarre dai diagrammi della fig. 6 saranno esposte in seguito, essendo comuni a quelle dedotte dai risultati delle esperienze di Pisa.

Intanto si può notare come, nel campo sperimentato, esista buon accordo fra le varie prove compiute su modelli in diversa scala, e anche fra queste e quelle sull'opera costruita, per le minori portate.

Invece per le portate maggiori la corrispondenza non risulta altrettanto perfetta, se pure non può escludersi qualche errore nelle misure.

(1) E. SCIMEMI: *Sul rendimento dei sifoni autolivellatori (Coefficiente di efflusso)*. « L'Elettrotecnica » 5 maggio 1928.

VI – Nelle esperienze eseguite nel Laboratorio di Pisa sui sifoni autolivellatori (1), è stato indagato, fra altri, il tipo di sifone schematicamente rappresentato nella figura 6, nella quale sono anche riportati i risultati ottenuti durante le prove.

La elaborazione del materiale ha portato anche ad una opportuna definizione degli elementi geometrici che occorre introdurre nelle formule pratiche.

Poichè un sifone è, sotto molti aspetti, paragonabile ad una luce a battente con tubo addizionale, il *salto h* del sifone è definito da $h = h_o + \Delta_1 - \Delta_2$ dove h_o è il dislivello geometrico fra

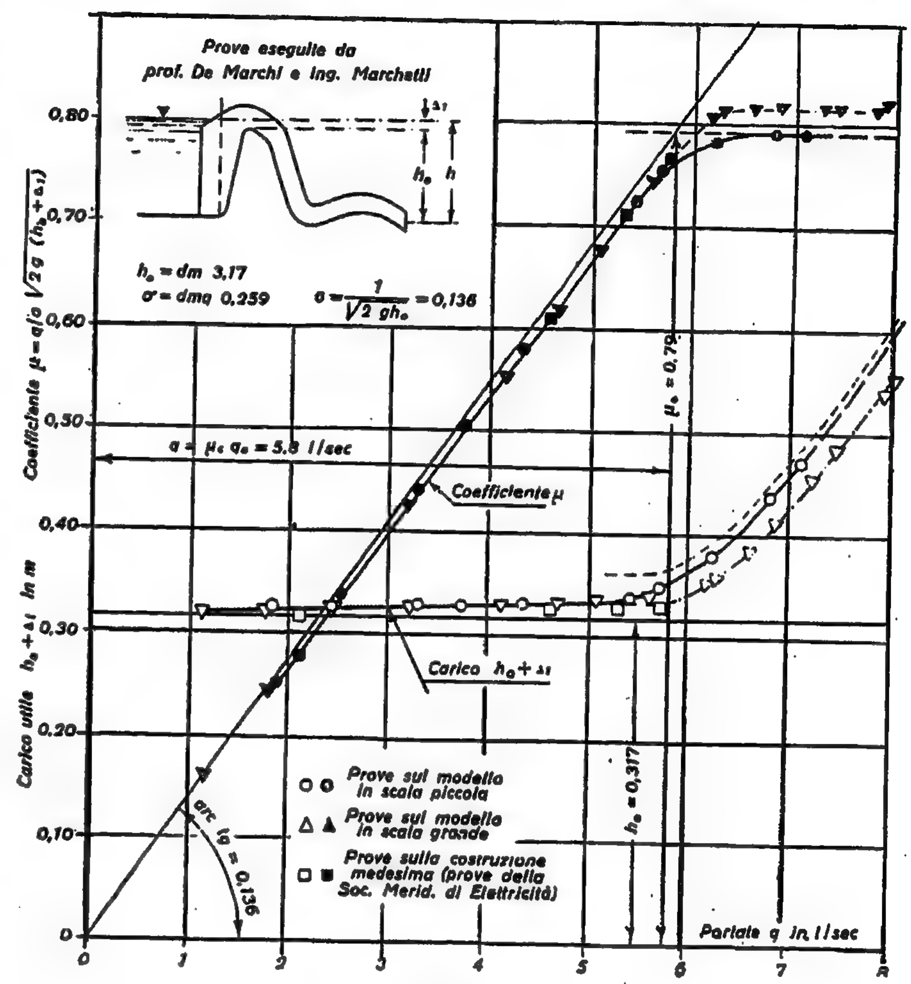


Fig. 6.

la soglia di sfioro del sifone ed il baricentro della sezione terminale della canna, mentre Δ_1 rappresenta il sopraelevamento (o rigurgito) del livello liquido nel bacino a monte sull'anzidetta soglia, e Δ_2 rappresenta il dislivello fra la superficie libera a valle ed il baricentro della sezione di sbocco. Se il sifone scarica nell'atmosfera, Δ_2 è evidentemente uguale a zero.

Veramente in molti casi la corrente allo sbocco non si presenta con i filetti liquidi paralleli, ciò che invece avviene nella sezione contratta delle luci; di conseguenza nella sezione di sbocco la pressione non è quella atmosferica, ma ne differisce di una certa quantità Δ_2 il cui valore dipende principalmente dalle condizioni di sbocco. Siccome però la quantità Δ_2 non può essere stabilita che con misure dirette e poichè, nei riguardi pratici, è utile che nelle espressioni da adottare per i calcoli compaiano solamente elementi geometrici ben definiti, Δ_2 non è stato posto in evidenza, assumendo per il coefficiente di efflusso μ l'espressione puramente numerica:

$$\mu = \frac{q}{\sigma \sqrt{2\,g\,(h_o + \Delta_1)}}$$

che può scriversi anche:

$$\mu = \frac{q}{q_o} \sqrt{\frac{h_o}{h_o + \Delta_1}}$$

in cui $q_0 = \sigma \sqrt{2\,g\,h_o}$ è la portata *teorica* del sifone, cioè la portata che, secondo l'espressione torricelliana, corrisponderebbe all'area σ della sezione terminale ed al dislivello h_o.

Se le perdite di carico lungo la canna risultassero proporzio-

(1) DE MARCHI e MARCHETTI: *Ricerche sperimentali sui sifoni autolivellatori*. « L'Energia Elettrica » giugno 1929.

nali al quadrato della velocità (e quindi ad $h_0+\Delta_1$) il coefficiente μ dovrebbe presentare un valore μ_c, costante per qualunque portata, la portata scaricata non potrebbe essere inferiore a:

$$q^* = \mu_c \, q_0 = \mu_c \, \sigma \sqrt{2 \, g \, h_0}$$

e la portata potrebbe variare solo in dipendenza di variazioni nel carico, o meglio del rigurgito Δ_1, il quale per una portata generica q acquisterebbe il valore:

$$\Delta_1 = h - h_0 = h_0 \frac{q^2 - q^{*2}}{q^{*2}}$$

In tale ipotesi, assumendo come variabile indipendente la portata q, i diagrammi del coefficiente μ e dei carichi $h = h_0 + \Delta_1$ sarebbero rispettivamente la orizzontale di ordinata μ_c e la parabola definita dall'equazione sopra riportata, per $h > h_0$.

Ma, se così fosse, il sifone non funzionerebbe come livellatore. Dalle esperienze è apparso però in modo evidente che, con rigurgiti limitati, il sifone aspira e trascina sempre dell'aria; poichè la presenza di questa è paragonabile ad una diminuzione della sezione libera della canna, la portata scaricata scende al disotto del predetto valore q^* e i diagrammi del coefficiente μ e del carico h assumono l'andamento rappresentato nella figura 6, nella quale la $\mu = f\,(q)$ si avvicina alla retta uscente dall'origine con il coefficiente angolare $1/q_0$, mentre la $h = h_0 + \Delta h = f\,(q)$ si avvicina all'orizzontale di ordinata h_0, senza mai arrivare a toccarla.

Appunto con le portate comprese fra la portata q^* e la minima per la quale si disadescano i sifoni, questi trovano la loro vera funzione livellatrice, in quanto permettono lo scarico di portate notevolmente diverse con minime variazioni nel livello entro il bacino di alimentazione.

Nella fig. 6 i cerchietti riguardano le prove sul modello in piccola scala e i triangoli si riferiscono alle prove su di un modello in scala doppia; i quadrati corrispondono ai risultati delle prove su un sifone esistente alla centrale di Timpa Grande (impianti Silani), di forma analoga (ma non identica) a quella dei sifoni sperimentati in laboratorio; per il confronto tutti i risultati sono stati riportati alla scala del modello piccolo, applicando i consueti coefficienti di riduzione.

Le esperienze hanno posto in rilievo i punti seguenti:

a) convenienza di escludere ogni brusco cambiamento di direzione nella canna: a parità di altri elementi, la presenza di bruschi cambiamenti dà luogo a portate inferiori, fino alla metà di quelle scaricate da tipi con curvature più graduali;

b) importanza delle modalità con cui la corrente esce dal sifone e convenienza di eliminare una rapida deviazione allo sbocco;

c) i massimi coefficienti di efflusso ottenuti sono di poco superiori a 0,8, ma non si può escludere che, studiando opportunamente la forma, si possano ottenere dei valori ancora più alti.

Nella fig. 7 sono riportati i risultati di altre prove eseguite dall'Ing. Scotti Foglieni (1) (per la Società Elettrica Bergamasca) per condizioni completamente differenti dalle precedenti, in quanto il sifone non era destinato a funzionare solamente come organo livellatore, ma aveva anche lo scopo di aspirare i materiali solidi che si accumulano nella vasca, e perciò l'imbocco della canna era stato portato molto basso, fin presso il fondo della vasca medesima.

Il modello è stato costruito in scala 1:10; nella figura 8 i cerchietti corrispondono ai valori ottenuti sul modello, mentre i triangoli rappresentano i risultati ottenuti nelle prove di collaudo dell'opera costruita, risultati ridotti alla scala del modello.

Il coefficiente di efflusso, per i carichi più elevati, ha raggiunto il valore di 0,51 nelle prove sul modello, e quello di 0,52 nelle prove sull'opera: nell'insieme la corrispondenza fra i due è molto soddisfacente.

Il basso valore del coefficiente in confronto di quello stabilito nelle prove precedenti trova spiegazione nella forma con curve

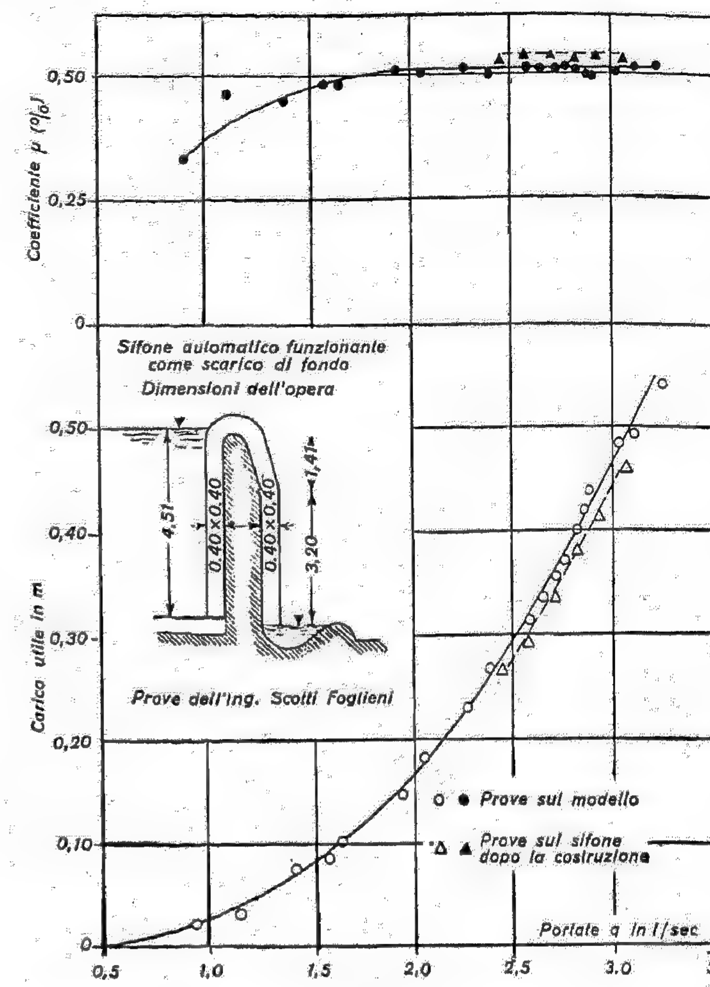


Fig. 7.

assai strette e nella mancanza di raccordo alla bocca di alimentazione.

Un anno di esercizio — sia detto per incidenza — ha confermato l'utilità del tipo di sifone scaricatore di fondo; colle maggiori velocità si ottiene secondo l'autore l'espulsione di ciottoli con dimensioni fino a 20 cm.

VII – Le esperienze sui sifoni, delle quali abbiamo brevemente riassunto i risultati, hanno consentito di effettuare delle constatazioni molto significative in proposito alla validità della legge di simiglianza, e di precisarne l'applicabilità anche con situazioni che, ad un esame superficiale, poteva ritenersi escludessero tale applicazione. In effetto i sifoni trascinano notevoli quantità di aria, di modo che la corrente si presenta come una emulsione di acqua ed aria, in proporzioni variabili a seconda del rigurgito nella vasca di alimentazione: legittimo quindi il dubbio che la legge di Froude fosse verificata in simili condizioni.

Per mettere in chiaro questo punto, sono stati raccolti e confrontati i risultati delle prove eseguite su modelli di uno stesso tipo in scale diverse, e sulle opere effettive corrispondenti allo stesso tipo di sifone.

È necessario a questo proposito aver presente che la legge di simiglianza dinamica, la quale porta a ridurre nella scala $\lambda^{5/2}$ i valori della portata misurati per un modello onde renderli confrontabili con quelli di un secondo modello, presupporrebbe che questo sia una riproduzione geometricamente simile al primo; la stessa legge tuttavia può avere applicazione approssimata anche quando le scale non sono esattamente conservate, ad esempio quando la sezione trasversale non varia nella stessa proporzione del salto, purchè si adotti un coefficiente di riduzione composto da determinarsi in base al legame funzionale fra le grandezze in gioco (1).

(1) ING. SCOTTI FOGLIENI: *Sifone autolivellatore scaricatore di portata solida.* « Energia Elettrica ».

(1) Quando le dimensioni lineari della sezione trasversale di sbocco sono ridotte in un rapporto λ_1 differente da quello λ fra i salti, il coefficiente di riduzione delle portate si può uguagliare a $\lambda_1\, \lambda^{1/2}$.

In questo modo nelle figg. 5, 6, 7 tutti i risultati sperimentali relativi a sifoni di uno stesso tipo sono stati ridotti alla scala del modello più piccolo del tipo; i diagrammi di funzionamento mostrano chiaramente quanto segue:

1) fino a che la portata del sifone non è superiore alla portata critica $q^* = \sigma \sqrt{2 g h_0}$, le prove su modelli in scala diversa e sull'opera effettiva si corrispondono perfettamente;

2) oltrepassata la portata q^* i modelli in maggiore scala offrono a parità di condizioni (cioè a parità di portata ridotta) dei rigurgiti (ridotti) più bassi e quindi dei coefficienti di rendimento più elevati. Ciò porta di conseguenza che le opere effettive presentano dei rigurgiti proporzionalmente minori di quelli stabiliti sui modelli in piccola scala.

Le constatazioni trovano esauriente spiegazione nel fatto che la simiglianza fra modello e modello di diverse dimensioni non è di regola realizzabile nei riguardi della scabrezza delle pareti: bensì, a parità di altre condizioni, i modelli di maggiori dimensioni sono meno scabri, e offrono perdite specifiche sensibilmente minori di quelle relative ai modelli in scala più piccola.

Nella figura 7 oltre alle caratteristiche stabilite per il modello in piccola scala (linea continua) e per il modello in scala circa doppia (linea a tratto e punto) si è riportata anche quella che si è desunta dalla seconda correggendone i risultati per tener conto della differente entità relativa delle perdite di carico dovute alla resistenza della parete (1). Nella stessa figura 7 i quadrati rappresentano i risultati di prove recentissime eseguite su due sifoni dei quali si è fatta parola innanzi, della Centrale di Timpa Grande, di tipo analogo a quello adottato per la vasca di Isollaz, ma con salto alquanto maggiore di quello che comporterebbe l'applicazione semplice della legge di similianza geometrica; le misure effettuate sull'opera, ridotte nel modo esposto alla scala del modello, sono in perfetta corrispondenza con le prove di laboratorio.

I sifoni di Timpa Grande sono attualmente oggetto di studi più particolareggiati (2).

Ma intanto sembra fuori di dubbio che le ricerche finora eseguite in Italia sui sifoni autolivellatori hanno fornito una nuova e interessante conferma delle applicabilità del metodo dei modelli idrodinamici allo studio tecnico delle opere idrauliche (3).

Conclusioni tolte dal rapporto generale del Prof. Giulio De Marchi sullo studio delle questioni idrotecniche con l'aiuto di prove su modelli in scala ridotta.

I – I rapporti presentati al Congresso rivestono un interesse affatto particolare, per il gruppo numeroso di conferme spesso decisive, sempre significative, che essi contengono della grande utilità dello studio delle questioni idrotecniche a mezzo di prove su modelli in scala ridotta.

La letteratura tecnica offriva già sull'argomento una documentazione assai vasta: ricordiamo a questo proposito le poderose pubblicazioni che, in seguito alla felice iniziativa dell'Ingegnere americano J. R. Freeman, hanno visto la luce nel 1926 e nel 1929 (cioè dopo il Congresso del Cairo) a cura rispettivamente del Verein Deutscher Ingenieure e della American Association of Mechanical Engineers. La seconda di esse (Hydraulic Laboratory Practice) contiene un quadro efficacissimo e pressochè completo della situazione mondiale alla fine del 1928 nel campo delle ricerche sperimentali di idraulica.

Da questa pubblicazione e dagli elementi comunicati per la prima volta, al presente Congresso, risulta dimostrato nel modo più evidente che le prove su modelli in piccola scala sono atte a fornire delle soluzioni soddisfacenti per una serie numerosissima di problemi, che prima d'ora dovevano essere risolti con l'empirismo più cieco, perchè non suscettibili di alcuna trattazione analitica sicuramente fondata. E ciò perchè nei modelli, quando si operi con le necessarie cautele, si realizzano delle condizioni di movimento le quali riproducono in modo abbastanza conforme alla legge generale della similitudine idrodinamica i processi che hanno sede nelle opere reali: lo studio dei modelli consente quindi deduzioni attendibili sulla natura dei fenomeni verificantisi nelle opere e, spesso, anche sulla misura delle principali grandezze che intervengono nei fenomeni stessi.

II – La similitudine fra le opere o i fenomeni naturali e i modelli che ne sono praticamente attuabili nei laboratori, non è mai realizzabile in modo completo e preciso: e ciò sopratutto per le circostanze seguenti:

a) che non è possibile — specialmente se modello e opera reale funzionano con lo stesso liquido — riprodurre nello stesso rapporto le varie forze agenti: particolarmente le forze di massa e gli sforzi derivanti dalla viscosità del liquido.

Occorre perciò che o le une o gli altri possano essere trascurati;

b) che, se può essere realizzata senza difficoltà la similitudine geometrica tra le superfici solide a contatto col liquido, non si arriva ad estendere questa similitudine anche alla rugosità delle superfici stesse o, se queste sono costituite con materiale incoerente, alla forma e alle dimensioni degli elementi di questo materiale.

Il verificarsi della similitudine ammette inoltre delle limitazioni molto importanti per i fatti seguenti:

a) che il movimento deve svolgersi nello stesso regime, regolare o turbolento, nell'opera reale e nel suo modello;

b) che le correnti a superficie libera debbono presentarsi pure nello stesso regime, di correnti veloci (con velocità superiore al secondo valore critico) o di correnti lente;

c) che sulle eventuali superfici libere agisce, nell'opera reale e nel modello, la pressione atmosferica;

d) che, infine, la massa liquida deve mantenere una sufficiente omogeneità, e perciò non deve assorbire notevoli quantità di aria dall'esterno, ne può liberare grandi quantità di aria disciolta.

Conviene aggiungere inoltre che, per il caso di correnti liquide a contatto con *pareti solide e indeformabili* — siano esse in quiete o in movimento (come le eliche o le giranti di turbine) — l'indagine sperimentale si è dimostrata atta a fornire indicazioni *qualitative* e *quantitative* sui fenomeni che hanno sede nell'opera reale.

Quando invece, per l'erosione del materiale di parete, o per il deposito di nuovi materiali intervengono delle modificazioni nella superficie solida a contatto col liquido, le indicazioni sperimentali hanno presentato finora un carattere essenzialmente *qualitativo*.

III – Nel materiale sperimentale finora raccolto non mancano le conferme dirette della corrispondenza fra i modelli studiati in laboratorio e le opere reali.

Senonchè tali conferme, che richiedono rilievi laboriosi, costosi e spesso non facili sulle opere in funzione, sono poche e riguardano quasi unicamente il gruppo di processi idrodinamici che non comportano modificazioni nella forma delle superfici solide a contatto col liquido. Esse hanno fornito in generale risultati assai soddisfacenti, per quanto non sempre le prove sui manufatti abbiano potuto svolgersi in modo veramente completo.

Più numerose, e spesso più segnificative, per quanto anch'esse limitate in grandissima parte ai processi del tipo anzidetto (entro pareti solide), sono le verifiche compiute nei laboratori idraulici per riconoscere la validità della legge di similitudine, mediante l'osservazione di due o più modelli in diverse scale di uno stesso manufatto o dispositivo. Se ne trovano parecchi esempi nei rapporti presentati al Congresso e nella citata pub-

(1) Le perdite in parola sono state valutate per i due casi a mezzo della formula di Blasius per i tubi lisci.

(2) Da notizie cortesemente fornite dall'Ing. Drioli.

(3) L'elaborazione del materiale riportato nella presente relazione è nella massima parte dovuto all'Ing. Mario Marchetti.

blicazione promossa dall'Ing. Freeman: se a questo materiale si aggiungono le determinazioni, non meno numerose, compiute nei laboratori meccanici, su modelli di macchine idrauliche, e nei laboratori di aerodinamica, ci si trova innanzi ad un insieme imponente di conferme sperimentali, che investe oramai la grandissima parte dei processi idrodinamici che interessano le applicazioni tecniche. Ne sono interessati, in particolare, quasi tutti i fatti idrodinamici che hanno sede nelle opere idrauliche, dal caso semplice degli stramazzi in parete sottile, alle situazioni più complesse che si presentano nei sifoni autolivellatori e nei dissipatori di energia, fino a quelle ancora più complesse, per l'intervento del fattore tempo, cui dànno luogo le manovre dei sostegni di navigazione.

La simiglianza idrodinamica fra modelli in diverse scale è stata verificata, quasi senza eccezione, in tutte le prove compiute, risultando particolarmente precisa, ogni qual volta i modelli erano stati predisposti e fatti funzionare con giusto criterio: vogliamo dire fino a che, operando secondo la regola di Froude, l'influenza della viscosità era realmente molto piccola, e operando secondo quella di Reynolds, era trascurabile l'influenza delle forze di massa (del peso).

Il numero delle conferme, e l'esattezza con la quale le esperienze risultano in gran parte effettuate, autorizza ad attribuire al metodo dei modelli in scala ridotta, quando sia giudiziosamente applicato, una validità generale, per tutti indistintamente i processi idrodinamici entro pareti solide (fisse o in movimento). È lecito prevedere, cioè, che le ulteriori esperienze su processi di questo tipo non potranno che confermare le constatazioni già fatte.

A titolo di conferma di questa conclusione può aggiungersi che la possibilità di realizzare una simiglianza idrodinamica ben precisa è il presupposto di una serie numerosa di prove di una efficacia oramai indiscussa, e perciò entrate nell'uso comune: vogliamo alludere, più ancora che al notissimo e oramai vecchio procedimento di Froude, per stabilire la resistenza dei galleggianti, alla determinazione delle caratteristiche idrauliche di nuovi tipi di macchine idrauliche e a quelle delle caratteristiche aerodinamiche di parte di aerei.

IV – Poche di numero e non tutte esaurienti appaiono, come dicemmo, le verifiche della simiglianza fra modelli ed opere o fenomeni naturali, nei casi di pareti soggette a modificarsi in seguito a erosioni o a depositi: e numerosi non sono nemmeno, per questa categoria di fenomeni, i confronti fra modelli in diverse scale; confronti che d'altronde raramente riescono del tutto conclusivi, perchè in pratica non si arriva a riprodurre in scala di forma, di dimensioni, di peso e aderenza degli elementi di un materiale incoerente.

Le poche verifiche finora compiute permettono tuttavia di concludere favorevolmente alla possibilità di realizzare, se non una condizione di simiglianza, per lo meno una sufficiente analogia fra il fenomeno naturale e il modello di laboratorio, per modo che l'osservazione di questo consente di ricavare indicazioni abbastanza attendibili sull'andamento del primo. Ma certo resta ancora molto lavoro da compiere, per stabilire in quali condizioni e con quali procedimenti si arrivi a conseguire una corrispondenza abbastanza completa.

Occorre tuttavia considerare che la mancanza di una precisa similitudine non diminuisce l'importanza di questa categoria di prove.

Esse, infatti, sono state predisposte e condotte di regola per lo studio di opere fluviali, come arginature, sistemazioni a scopo di navigazione, sbarramenti a mezzo di dighe fisse o mobili, o per stabilire la disposizione più opportuna di opere marittime, come moli foranei, o l'imboccatura di porti soggetti a marea, tutte opere molto costose, il cui esito dipende da circostanze molto numerose e difficilmente valutabili, mentre la tecnica offre soltanto delle direttive vaghe, talora contradittorie per la loro progettazione.

L'investigazione di qualche modello in piccola scala ha offerto in questi casi un sussidio inestimabile anche se i modelli non presentavano una corrispondenza del tutto precisa con la situazione reale: perchè sul modello, modificabile con minima spesa, era facile riconoscere conseguenze ed effetti di diverse disposizioni e istituire confronti, essenzialmente qualitativi, ma non per questo meno importanti, fra le differenti soluzioni.

Naturalmente assumono allora una importanza affatto speciale il sano criterio e lo spirito di osservazione dello sperimentatore, al quale spetta di giudicare se le prove realizzano una situazione abbastanza conforme al fenomeno naturale, e di interpretarne i risultati. Ma lo studio del modello consente, allo sperimentatore sagace, di sostituire all'empirismo cieco di cui si è parlato più innanzi, un empirismo ben più fondato e ragionato, in quanto si appoggia sopra constatazioni facilmente controllabili e su esperienze che possono sempre essere ripetute.

V – Nello studio delle questioni idrotecniche le prove di laboratorio su modelli in scala ridotta assumono, per le circostanze sommariamente indicate ai due numeri precedenti, i caratteri della più evidente utilità. Esse infatti, mentre sono senza alcun dubbio uno dei mezzi più efficaci e fecondi per l'indagine dei fenomeni idraulici, si presentano come il solo procedimento col quale l'ingegnere può attualmente procurarsi delle indicazioni concrete per la progettazione di opere e lavori idraulici di grande importanza e molto costose.

Eseguite con sano criterio scientifico, le prove di laboratorio sono atte, inoltre, a fornire dei dati e valori numerici, che potrebbero essere stabiliti soltanto a mezzo di calcoli laboriosi di attendibilità talora illusoria.

I vantaggi delle determinazioni di laboratorio debbono perciò essere segnalati in modo particolare alle Amministrazioni, nazionali e internazionali, che provvedono alla costruzione e all'esercizio delle grandi opere di navigazione interna e marittima.

Sarebbe poi desiderabile che nel progetto di nuovi importanti lavori idraulici venisse sistematicamente effettuato il controllo sperimentale delle opere e dei lavori proposti; perchè lo studio preliminare sui modelli consentirà di procedere su basi più sicure e di prevenire errori che possono riuscire costosissimi.

VI – Ma le prove su modelli, se sono in grado di fornire elementi preziosi, non si presentano ancora come un metodo perfetto, che possa essere applicato secondo direttive completamente definite. Al contrario, non è difficile riconoscere differenze di indirizzo, e qualche noteole sconcordanza fra le deduzioni di sperimentatori diversi.

Perciò è consigliabile, in linea di massima, che le prove vengano affidate a persone già specializzate nelle particolari ricerche, e siano eseguite, se possibile, in laboratori costruiti ed attrezzati per esperienze di idraulica; ed è sommamente desiderabile che ai laboratori di idraulica sia dato conveniente sviluppo in tutti i Paesi.

Sarà inoltre opportuno che vengano sistematicamente proseguite le ricerche dirette a riconoscere nel modo più completo le condizioni di applicabilità del metodo e a delinearne il campo di validità. Non pare il caso di arrivare fino alla precisa segnalazione di problemi: ma è forse conveniente accennare che, considerate nel loro insieme, le verifiche finora effettuate della validità della legge di similitudine, autorizzano una sola conclusione: che in massima, e a parità di altre condizioni, la similitudine risulta tanto più perfetta quanto minore è la riduzione del modello rispetto all'originale.

Poichè i modelli più grandi sono i più costosi, e le loro dimensioni, per ovvie ragioni pratiche, non possono superare certi limiti, sarebbe molto interessante di sapere con qualche precisione fino a quali rapporti di riduzione si possa, caso per caso, scendere con le dimensioni dei modelli, senza che l'attendibilità dei risultati esca dai limiti ammissibili per le varie categorie di problemi. Chiarire questo punto significherebbe anche stabilire in quali casi sia lecito trarre dalle prove sui modelli delle deduzioni quantitative, e quando invece ci si debba contentare di conclusioni qualitative, o soltanto di indicazioni di insieme.

ING. GIACOMO FRACANZANI
DIRETTORE DELL' UFFICIO RICERCHE DELLA S. A. D. E.

Sulle perdite degli isolatori sospesi

I. remesse. - II. Misure di precisione. Metodi adottati e loro esame critico. - III. Misura industriale. Banco di prova e suo esame critico. - IV. Le perdite degli isolatori sospesi. Loro classificazione, entità ed importanza. Condizioni normali di prova. Isolatori buoni ed isolatori cattivi. Revisioni periodiche nelle linee. - V. Conclusioni. Norme per la fornitura ed il collaudo.

PREMESSE.

1. – Succede talvolta nel campo delle ricerche industriali, e cioè in quelle dirette a ben definiti scopi pratici, che anche un modesto intensificarsi di un normale inconveniente trova per così dire il momento e l'ambiente adatto pel suo più profondo studio, e per la rapida soluzione, più o meno completa, dei problemi pratici ad esso relativi.

Così appunto accade per gli isolatori sospesi per i quali fulminazioni ed altri inconvenienti in ragione alcunchè superiore alla normale avvennero quando nella nuova Sala Prove dell' Ufficio Ricerche della Società Adriatica si stavano completando le apparecchiature di misura in generale per l'alta tensione, ed in particolare quelle per le perdite nei dielettrici.

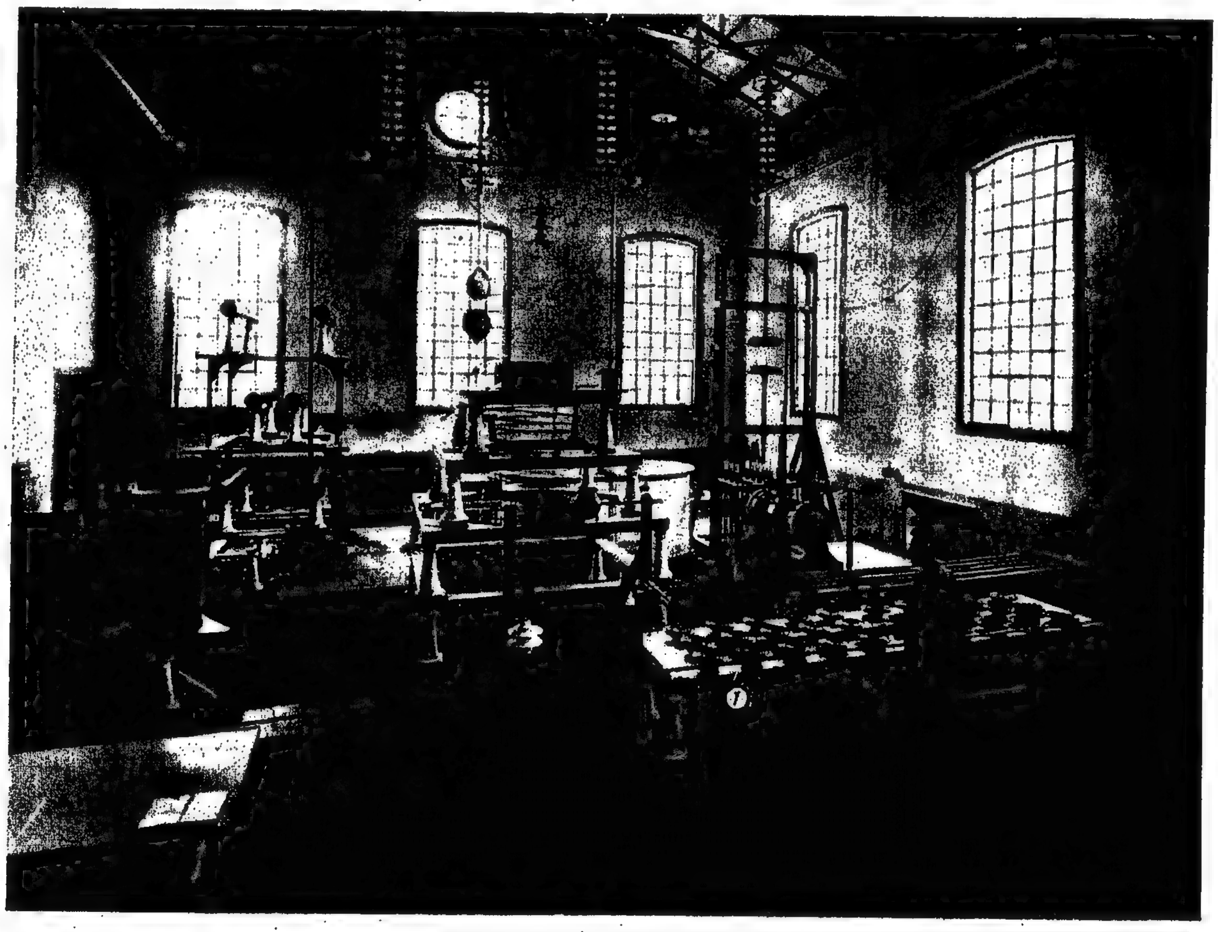


Fig. 1.

E per questo, dopo eseguite le solite prove in vasca dalle quali nulla di veramente decisivo si potè trarre, si intrapresero subito le misure sistematiche di perdite, le quali invece diedero modo di accertare che la vera causa del danno non tanto doveva ricercarsi nelle particolari condizioni delle linee o degli impianti, o a sovratensioni alle quali troppo spesso si attribuiscono colpe non loro, ma invece dovevasi ascrivere alla particolare qualità degli isolatori che presentavano *perdite eccessive*. E si potè perciò concludere che eliminando a priori tutti quegli elementi che presentassero perdite superiori a un certo limite, si sarebbe eliminata la causa più comune del disservizio (sulla cui importanza è superfluo spendere parole) perchè appunto a priori sarebbero stati esclusi tutti quegli elementi che erano predestinati ad una fine più o meno rapida.

Si è potuto infatti constatare che esiste una evidente relazione tra l'ammontare delle perdite intrinseche e la probabilità di fulminazione, poichè da una parte la percentuale di elementi trovati fulminati fu molto maggiore per le linee che erano montate con elementi a forti perdite, e dall'altra nelle stesse prove di laboratorio si vide che la vita dell'isolatore sotto tensione, prolungando la durata più che aumentando la tensione, è in generale tanto minore quanto maggiori sono le sue perdite.

Naturalmente le perdite di cui si parla sono le perdite che chiameremo *intrinseche* degli isolatori, cioè quelle che hanno luogo nello spessore dell' isolatore per la cattiva qualità o trattamento del materiale.

Hanno invece per lo più importanza secondaria tutte quelle altre perdite che chiameremo *accidentali*, perchè possono in generale variare secondo le condizioni, o sieno esse dovute a cause esterne d'ambiente per il cattivo stato di manutenzione dell'isolatore, coperto di polvere di qualsiasi specie, di neve, bagnato dalla pioggia e dall'umidità, ecc., o sieno esse dovute a cattiva qualità della vernice dell'isolatore, la quale pure può condurre a perdite sensibili. E infine ascriviamo in generale a queste tutte quelle perdite che non dipendono in modo diretto dalla qualità intrinseca elettrica del materiale.

Certo che anche talune di queste perdite, sia per conduzione che per ionizzazione, possono condurre di per sè a gravi inconvenienti, e perciò bisognerà tenerne conto, donde il campo delle ricerche si presentò molto complesso, e dato il tempo non grande trascorso dal loro inizio non si potè eseguire che quella serie di determinazioni che più interessano il lato industriale. Si deve infatti dire che per quanto la Sala Prove, fig. 1 e 2, Elettriche dell'Ufficio Ricerche fosse già attrezzata per tutte le normali prove ad alta e bassa tensione, ed inoltre alcuni particolari dispositivi per misure di precisione delle perdite dei dielet-

trici fossero stati già studiati anni addietro, pure la prova in grande scala di isolatori, e gli interessi legati ad essa, obbligarono lo studio e l'allestimento di sistemi appropriati allo scopo, sia dal lato della sicurezza delle determinazioni che dal lato all'esercizio, non dovendosi d'altra parte dimenticare che il numero delle misure e degli elementi provati doveva avere un certo rapporto coll'enorme numero di isolatori che vi sono nelle sole stesse linee della S.A.D.E.

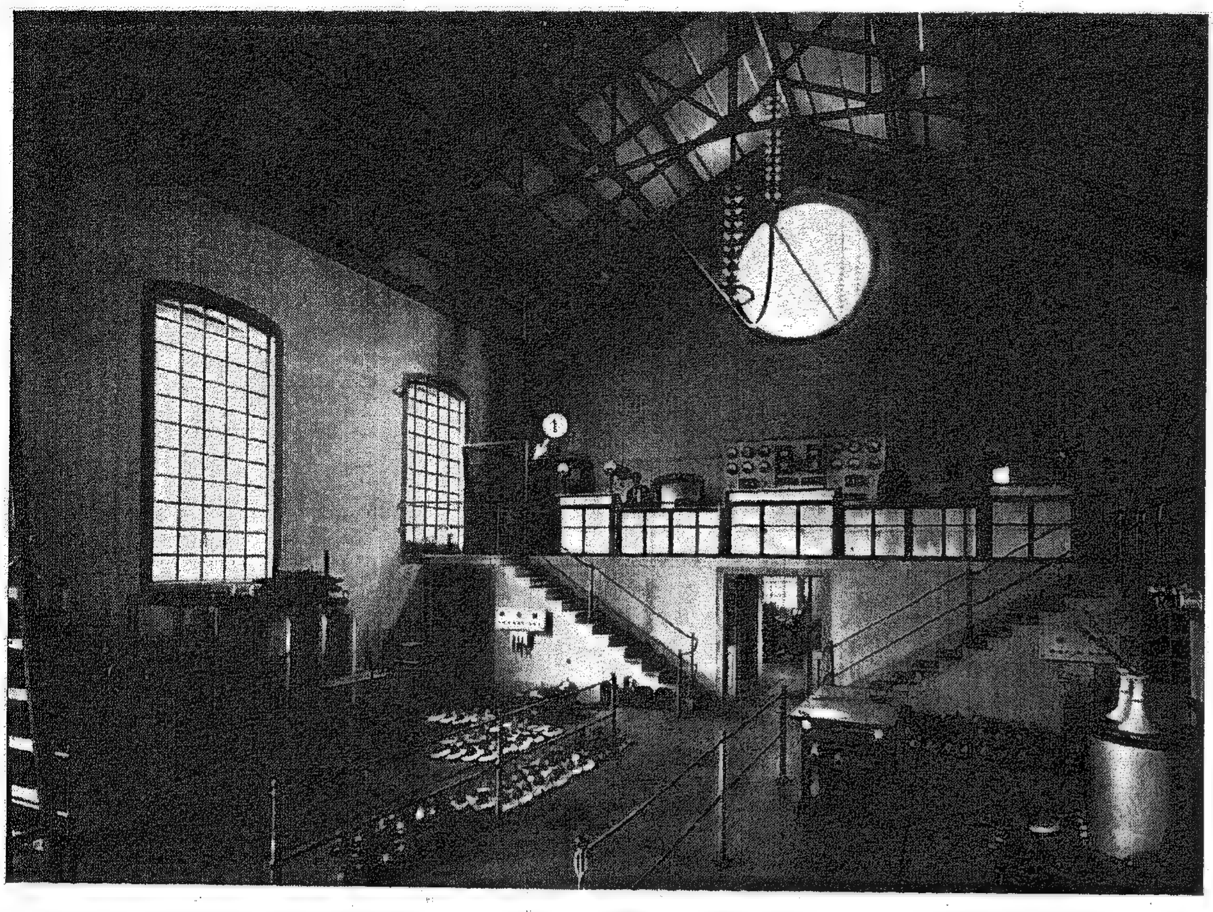


Fig. 2.

della speditezza delle operazioni, cosa anche questa di primaria importanza industriale.

Si concretò la soluzione definitiva in uno speciale *banco di prova*, ed è appunto in grazia a questo speciale sistema di misura che si poterono già eseguire migliaia di prove, su migliaia di elementi, nelle più svariate condizioni di tensione, di frequenza, e di temperatura, così che si poterono già raccogliere tutti gli elementi che interessano il particolare problema.

2. – Riferiamo quindi sui risultati ottenuti da questa prima serie di studi e da tutte le determinazioni fin'ora fatte, formanti un complesso di ricerche che, pur limitato nel campo strettamente pratico, è organico e completo; da detto complesso si possono sicuramente trarre tutte le conclusioni che interessano le Società Elettriche, sia per quanto riguarda il capitolato fornitura e le norme di collaudo, e sia per quanto riguarda il controllo permanente degli isolatori in esercizio. E forse la tecnica stessa di fabbricazione ne potrà trarre utili insegnamenti.

E per meglio precisare i fatti riscontrati e la natura dei fenomeni crediamo utile esporre, coi necessari dettagli, i sistemi di misura adottati, sia quelli di precisione che quello col banco di prova; parleremo poi delle modalità delle prove fatte e infine delle conclusioni pratiche, scopo ultimo della ricerca.

Nel testo però non riportiamo alcuna tabella, cosa che può apparire un controsenso dato che la ricerca è eminentemente sperimentale. Ma non abbiamo riportato i dati sperimentali singoli perchè la serie delle misure fatte è tanto grande che i dati singoli avrebbero ingombrato eccessivamente. Ci basti dire che i diagrammi della variazione delle perdite colla tensione e le espressioni che danno la variazione delle perdite colla tensione e colla frequenza sono ricavati da un complesso di quasi *duemila* determinazioni. E non abbiamo creduto di esagerare nella parte sperimentale perchè abbiamo voluto prendere in considerazione isolatori di varia provenienza, di varia stagionatura, ecc., in modo cioè che i risultati della nostra ricerca si possano accettare con quella sicurezza che è necessaria

II. Misure di precisione. Metodi adottati e loro esame critico.

4. – Per misure di precisione intendiamo quelle nelle quali l'errore probabile, di qualsiasi natura, sia molto piccolo, almeno in relazione allo scopo della misura ed alla difficoltà di essa. Ora sono ben note le difficoltà specifiche delle misure delle perdite dei dielettrici ad alta tensione, difficoltà le quali appunto sono rese più gravi di quelle delle misure a bassa tensione, perchè l'elevata tensione stessa alla quale si opera da una parte complica notevolmente tutta la parte esecutiva, e dall'altra fa sempre temere: che *correnti di capacità*, di qualsiasi natura e di qualsiasi provenienza, anche accidentale, alterino, in modo non facilmente controllabile e facilmente assai grave le misure fatte con *resistenze*; e che *correnti di dispersione*, pure di qualsiasi natura e provenienza, alterino in modo non facilmente controllabile e facilmente assai grave le misure fatte con *capacità*.

Qui ci riferiamo appunto ai due sistemi fondamentali che si possono industrialmente adottare, e per i quali riteniamo sempre che un palo del trasformatore sia a terra.

Nel primo di essi (fig. 3) la misura si può assimilare ad una misura wattmetrica, nella quale appunto le perdite sono misurate con un elettrodinamometro il cui circuito amperometrico viene messo in serie col condensatore in prova, ed il circuito voltmetrico in serie con una opportuna resistenza R,

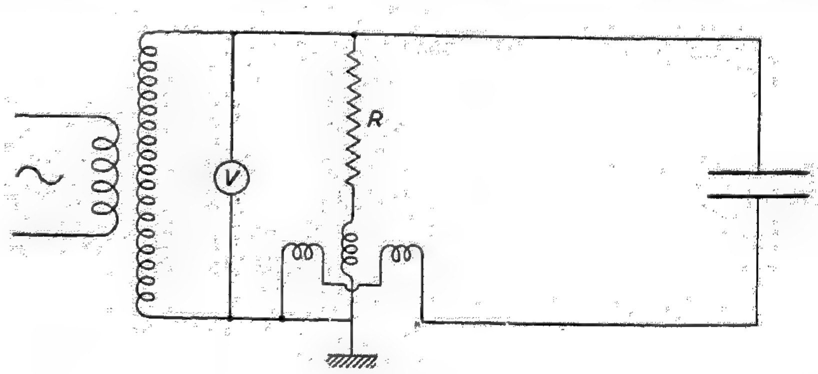


Fig. 3.

direttamente derivata dall'alta tensione che alimenta parimenti l'armatura ad alta tensione del condensatore. Ora se la resistenza R ha un angolo di sfasamento δ e se φ è l'angolo di sfasamento della corrente che passa pel condensatore, sarà

$$e = \operatorname{sen} \delta \operatorname{tg} \varphi$$

l'errore relativo della misura. Dato il grandissimo valore di tg φ che nella pratica si può avere, basta un piccolissimo valore di sen δ per causare gravi errori. Ed è da notare che nelle solite resistenze se è facile avere un valore molto basso della autoinduzione, è sempre difficile avere un valore molto basso della capacità derivata, ed è ancora più difficile rendere piccola l'influenza degli oggetti sotto tensione elevata che trovansi nelle vicinanze della resistenza.

Col secondo dei sistemi (fig. 4) invece la misura si riduce ad una misura angolare, cioè misurando, con un sistema qualun-

que, l'angolo di perdita δ' rispetto ad un campione di capacità, oppure misurando direttamente la componente attiva

$$i \text{ sen } \delta'$$

avendo prima posto l'elettrodinamometro in quadratura rispetto al condensatore. Ma è chiaro che in questa misura in-

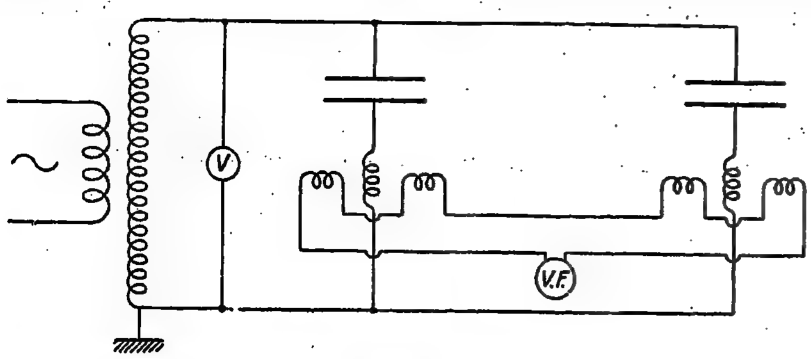


Fig. 4.

fluisce l'angolo di perdita δ del circuito del condensatore campione, sia esso intrinseco del condensatore che dovuto a cause esterne, così che in realtà la misura diviene

$$i \text{ sen } (\delta - \delta')$$

Ed è chiaro ancora che è impossibile, anche in questo caso, poter determinare a priori il valore di δ.

5. – Non è qui il caso di esaminare i vari metodi di misura che si sono ideati corrispondentemente a ciascuno dei due sistemi sopra detti, e per i quali si potrebbe raccogliere enorme bibliografia. Interessa dire piuttosto che sia in considerazione della economia di impianto di misura, che particolarmente si

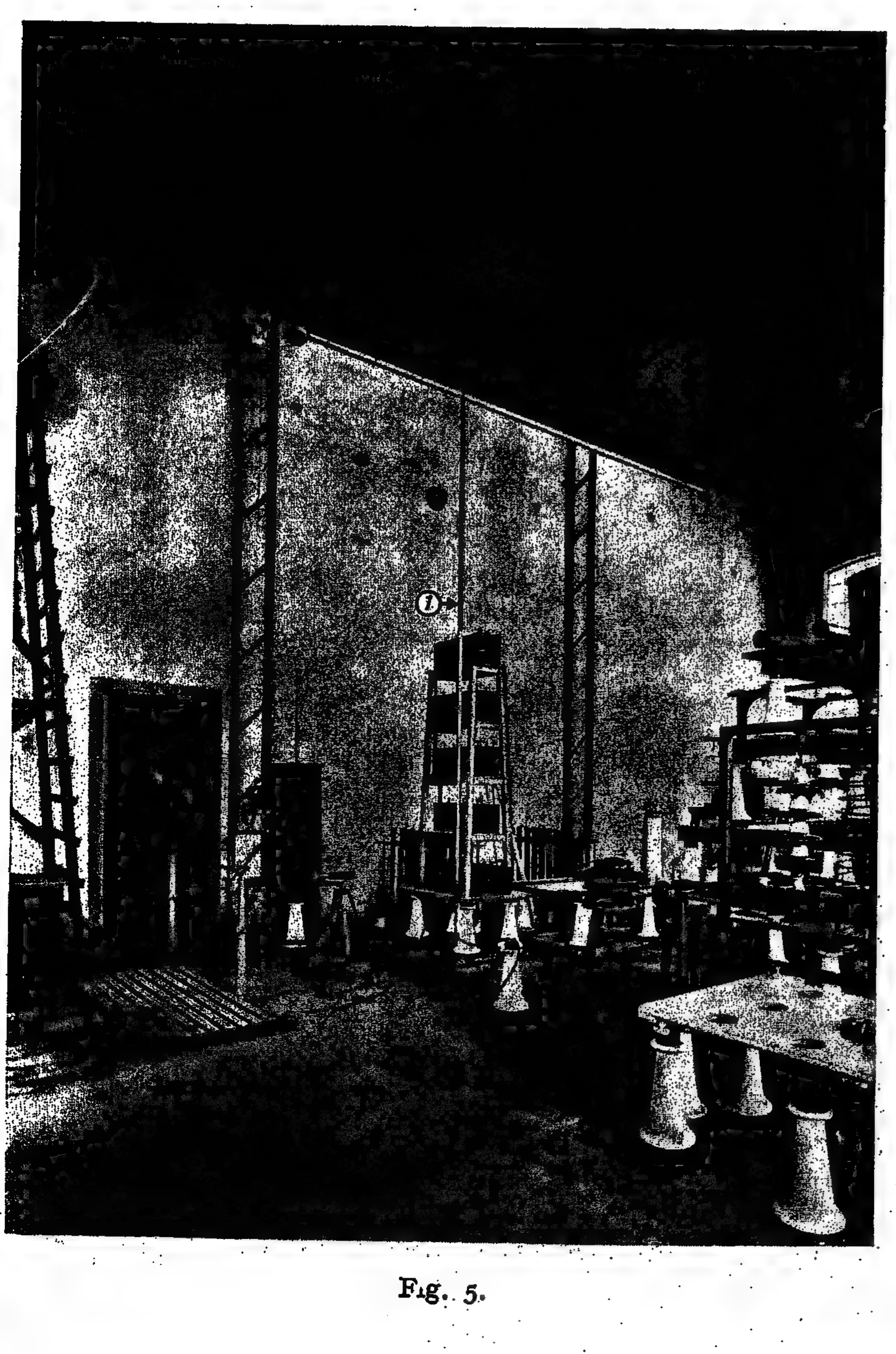


Fig. 5.

deve curare nelle installazioni ad uso industriale, e sia in considerazione della necessità di controllo di ogni misurazione che debba servire di fondamentale, abbiamo creduto opportuno scegliere come sistema base fondamentale il sistema wattmetrico, per il quale come resistenze campioni abbiamo adottato la ben nota resistenza ad acqua Barbagelata-Emanueli, ed un'altra resistenza, indicata con (1) nella fig. 5, per la quale, applicando dualmente i concetti adottati per la costruzione dello shunt non induttivo, descritto nell'*Elettrotecnica* del 1925, si è cercato che riuscisse il meno capacitiva possibile, sia in senso positivo che negativo, ma principalmente che non fosse influenzata dai campi esterni, cosa questa di primaria importanza per le misure comparative fatte nei laboratori industriali, dove per infinite circostanze possono essere variate le posizioni relative delle apparecchiature di misura rispetto i campi che su esse possono avere influenza.

Questa resistenza non capacitiva di per sè è *campione di fase*, cioè essa principalmente serve alla determinazione dello sfasamento δ della *resistenza di misura R*, che vedesi nella fig. 5 accanto alla resistenza liquida e che è adoperata nella misurazione wattmetrica di precisione fino alla tensione di 100 kV, per la quale quindi resta determinato il solo elemento incognito δ nelle condizioni del suo uso (fig. 6). Nella pratica però,

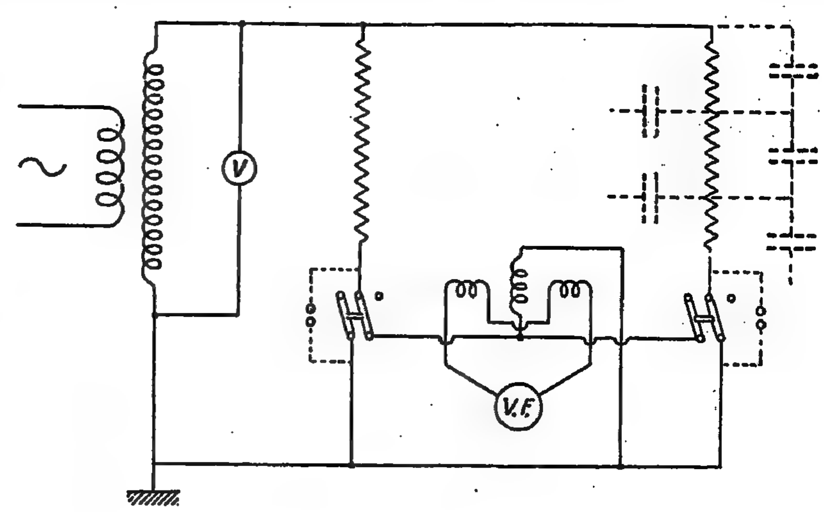


Fig. 6.

essendo determinabile, ed anzi nota per altra via, la tensione V alla quale si opera, ed essendo determinabile in ogni istante il valore della corrente I che passa per l'elettrodinamometro, si può eseguire la misura wattmetrica colla sola resistenza non capacitiva senza commettere errore sensibile, ed in ogni caso solo di qualche percento del valore misurato.

Ciascuna di queste resistenze ha dei particolari pregi: la prima l'esattezza e l'autotarabilità; la seconda l'indipendenza dai campi esterni. Giova vederle separatamente, cominciando dalla descrizione della seconda.

6. – La parte essenziale della resistenza è costituita (fig. 7) da due tubi di vetro concentrici ripieni d'acqua e disposti verticalmente: la colonna d'acqua interna è quella che funziona da resistenza non capacitiva, mentre la colonna anulare esterna funziona da schermo.

Essendo particolarmente necessaria per questa resistenza, e per le ragioni che in seguito vedremo, un forte ricambio d'acqua, nella parte superiore i due tubi di vetro sono collegati con un piccolo serbatoio metallico, il quale serve al passaggio dell'acqua dal tubo interno al tubo esterno e nello stesso tempo serve da presa mediante l'attacco C. Nella parte inferiore invece i due tubi di vetro, a mezzo di un particolare raccordo a tenuta ed opportunamente isolato, comunicano rispettivamente con un tubo di gomma innestato alla condotta d'acqua, e a un tubo di scarico.

Questo raccordo merita un particolare cenno. La figura 7 mostra come il tubo interno sia molto più lungo del tubo esterno, e ciò per permettere un buon isolamento, essendo la

guaina metallica in raccordo col tubo esterno non sufficientemente isolabile con mastice o altro materiale da tenuta. Le prese di tensione invece, *A* e *B*, sia per la colonna interna che per quella esterna, sono fatte a mezzo di tubi metallici che interessano le colonne d'acqua alla stessa altezza, così che la differenza di potenziale tra la colonna interna e quella esterna, almeno al loro all'inizio e alla loro fine, non sia dovuta al reciproco spostamento delle colonne attive d'acqua.

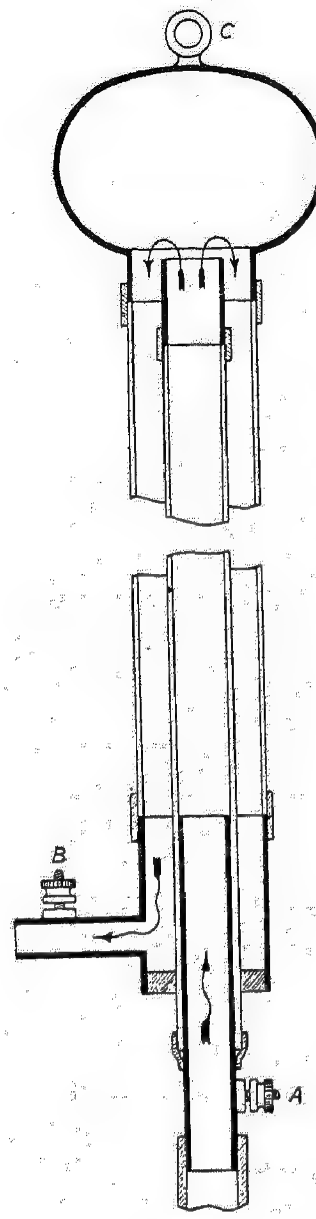


Fig. 7.

Alla guaina interna del tubo interno viene collegato, mediante il morsetto *A*, il conduttore che va all'elettrodinamometro e agli apparecchi di misura in genere, i quali hanno l'altro polo direttamente a terra, come è direttamente collegato a terra il morsetto *B*. Il morsetto *C* invece è direttamente collegato all'alta tensione. Così ne viene, anche per le particolarità costruttive, che nessuna differenza di potenziale di per sè si verifiche rebbe tra i corrispondenti elementi di colonna interna ed esterna, in modo che non vi sarebbe alcuna corrente capacitiva, sia della colonna interna verso l'esterno che viceversa, e quindi di per sè la resistenza sarebbe veramente una *resistenza campione* per quanto riguarda la fase.

7. – Teoricamente però, e la pratica lo conferma, si possono verificare delle sensibili correnti di capacità tra le due colonne liquide, dovute al graduale riscaldamento dell'acqua, dalla sua entrata allo scarico, per l'energia da essa dissipata, riscaldamento graduale cui corrisponde una graduale variazione della resistenza specifica che a sua volta conduce a un graduale scostamento della caduta di tensione dalla lineare. Ammettendo, per esempio, che la resistività dell'acqua sia lineare colla temperatura e questa a sua volta cresca linearmente lungo i tubi secondo il senso del movimento dell'acqua, l'andamento della tensione lungo il tubo interno avrebbe un andamento parabolico in senso contrario (fig. 8) dell'andamento pure parabolico della

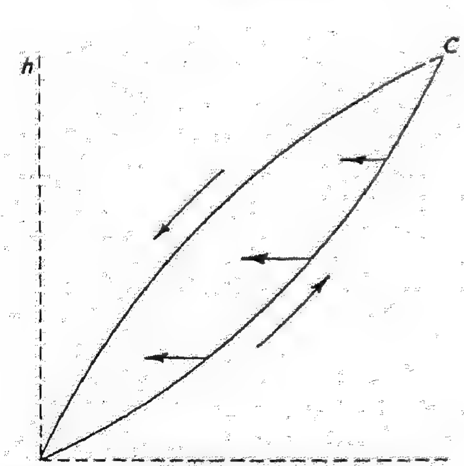


Fig. 8.

tensione lungo il tubo esterno, e se è il tubo interno quello in comunicazione colla condotta d'acqua si avrà una corrente di capacità dal tubo interno verso l'esterno.

Osservando ora che questa corrente di capacità è diretta non dalla presa *C* ad alta tensione verso la presa *A* ad alta tensione, ma in senso inverso, si vede subito come venga variato l'angolo di misura della energia.

Ma questo inconveniente si può ridurre molto provocando una forte circolazione dell'acqua, così che minimo riesca il suo riscaldamento. E per esempio operando con pressioni di 2 atm. circa e con tubi lunghi 4 metri, tubo interno da 18/23 mm (interno ed esterno) e da 28/34, l'effetto del riscaldamento è molto ridotto. Questa resistenza però consuma molto, per cui si va incontro ad altre difficoltà.

Ma non è necessario annullare l'errore dovuto al riscaldamento perchè in ogni caso se ne può valutare l'influenza, più che con calcolazioni, le quali lottano anche con molte incertezze sia nelle esatte dimensioni che nei valori da attribuirsi alla costante dielettrica del tubo interno e ai coefficienti relativi alla restività dell'acqua in funzione della temperatura, con valutazione complessiva diretta, facendo il confronto colla misura che si ottiene arrestando per qualche istante la circolazione dell'acqua. Con questo restano eliminati gli errori di fase. Ma però questo funzionamento non è possibile che per pochi istanti, dei quali non è sempre facile approfittare per una sicura determinazione.

Nella pratica si attenua molto l'errore invertendo il senso di circolazione dell'acqua (col che, per quanto sopra detto, si inverte il senso dell'errore) e facendo la media fra i due valori corrispondenti ai due sensi di circolazione.

Nella pratica si può senz'altro ritenere come valore base quello corrispondente alla media, rispetto ad essa, procurarsi i valori di correzione, per ogni installazione, corrispondentemente alle varie condizioni di tensione, di frequenza e di temperatura alle quali si opera, e così tenere conto di tutte le altre cause di errore che vi possono essere.

8. – Queste correzioni appunto sono quelle che si possono ricavare adottanto l'altra resistenza campione, tenendo conto degli eventuali suoi errori nel modo che poi vedremo. Appunto con

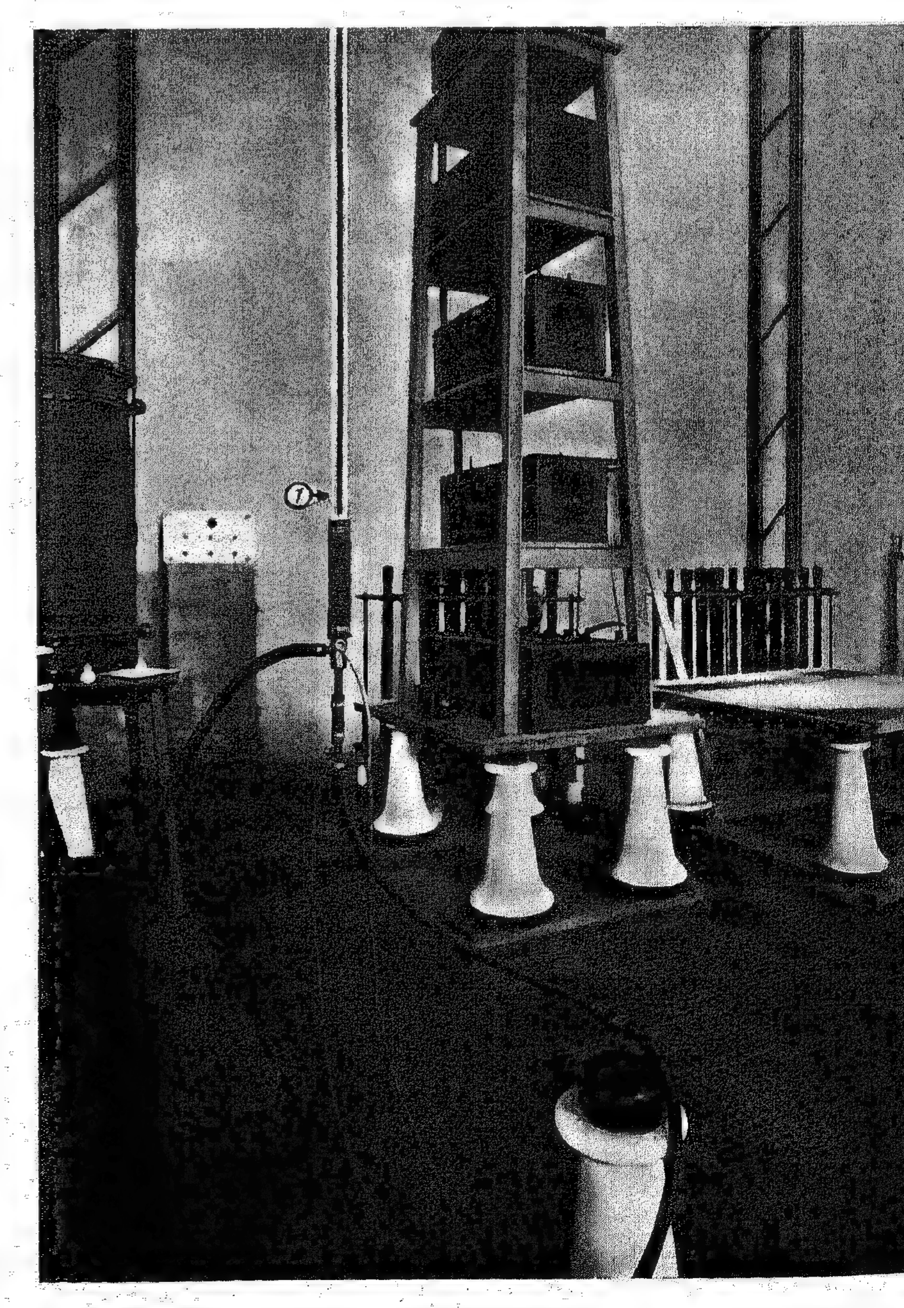


Fig. 9.

questa si determinarono gli errori di quella citata, e che chiameremo *concentrica*, adottata come base nelle misure di precisione. Pel tipo lungo 4 metri e con tubi rispettivamente dei diametri 8-12 mm per l'interno e 16-20 mm per l'esterno (i due numeri si riferiscono al diametro interno ed esterno di ciascun tubo) si potè determinare per le misure basi a 37,5 kV e a 42 ∼ un errore

$$\mathrm{tg}\,\delta = 0{,}60\ \%$$

e tale che le misure risultano errate in più.

Bisogna poi naturalmente tenere conto che nella pratica l'acqua di alimentazione della resistenza di misura sopra detta proviene da una conduttura metallica la quale è a terra. È quindi necessario che il collegamento idraulico tra il tubo metallico del morsetto *A* e l'acquedotto sia fatto con un tubo di gomma (fig. 9), o comunque isolante, di una certa lunghezza, in modo che lo shuntaggio dell'elettrodinamometro sia ridotto al minimo (fig. 10). Questa lunghezza è anche e sopratutto, necessaria perchè la colonna d'acqua rappresenta una resistenza praticamente pura, mentre la bobina dell'elettrodinamometro ha una notevole autoinduzione.

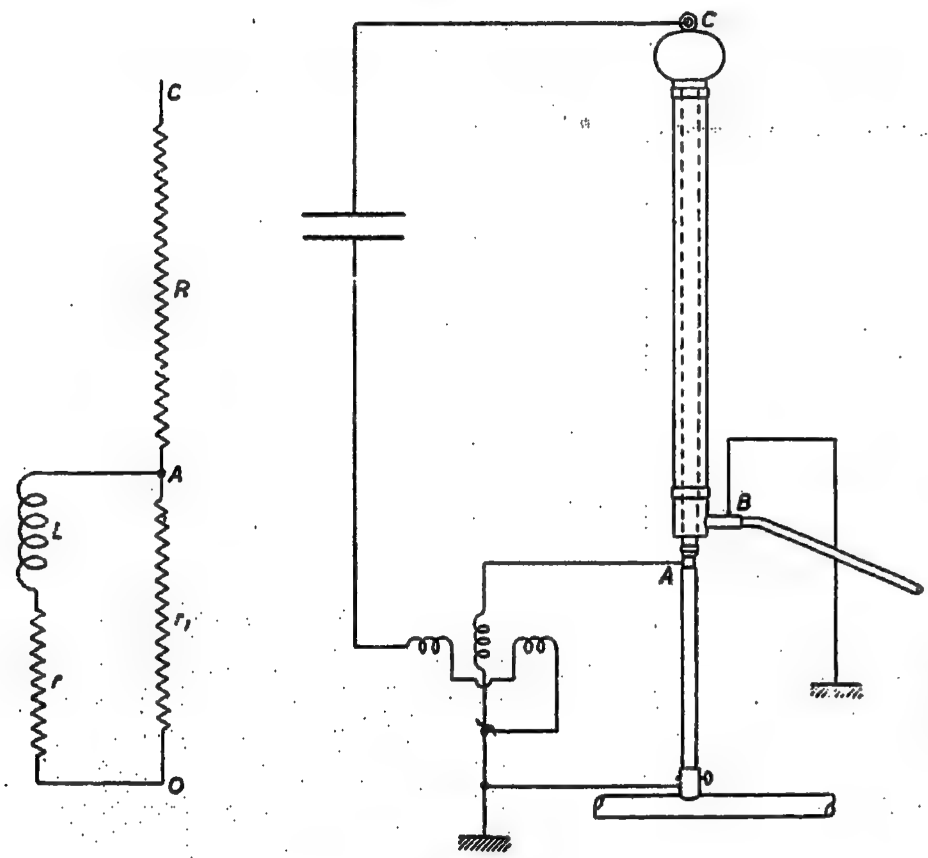


Fig. 10.

Se quindi la colonna d'acqua dal morsetto *A* a terra fosse troppo piccola, l'errore di fase potrebbe essere anche notevole.

Nella disposizione adottata nelle misure di precisione *R* è dell'ordine di 2 megaohm; r_1 circa 400 000 ohm; *r* circa 1000 ohm; *L* circa 1 henry; quindi approssimativamente risulta per 42 periodi

$$\mathrm{tg}\,\delta_2 = \frac{L}{r + r_1} = \frac{264}{401.000} = 0{,}07\ \%$$

valore, come si vede, molto piccolo.

Volendo in ogni modo tenere conto di questo, si può applicare una correzione unica, per l'effetto termico e per l'effetto dell'autoinduzione dell'elettrodinamometro. Per tensione di 37,5 kV e con la corrente d'acqua dal tubo interno al tubo esterno a correzione complessiva si deve calcolare in base alla

$$\mathrm{tg}\,\delta' = \mathrm{tg}\,\delta_1 + \mathrm{tg}\,\delta_2 = 0{,}60 + 0{,}07 = 0{,}67\ \%$$

cioè si deve computare 0,67 μ Ampère attivi ogni 100 μ Ampère capacitivi del condensatore in prova.

Come prima abbiamo accennato la resistenza liquida può essere direttamente impiegata per tutte le misure wattmetriche, anche le più delicate, essendosi anche riscontrato nella pratica che si mette immediatamente in regime e il suo valore è molto stabile. Ma però bisogna determinare sempre il valore della corrente che passa per la resistenza, valore che cambia colla tensione, oltre che dipendere dalle dimensioni della resistenza, dal suo montaggio sulla condotta, dalla pressione e qualità dell'acqua, dalla temperatura ambiente ecc. È quindi necessario predisporre un milliamperometro (si opera con centesimi di Ampère) nel circuito dell'elettrodinamometro derivato dalla resistenza liquida. Ma poichè il milliamperometro può introdurre una autoinduzione temibile, particolarmente per quanto riguarda l'angolo δ_2, è meglio predisporre le cose in modo da escluderlo dal circuito durante la misura wattmetrica (fig. 11).

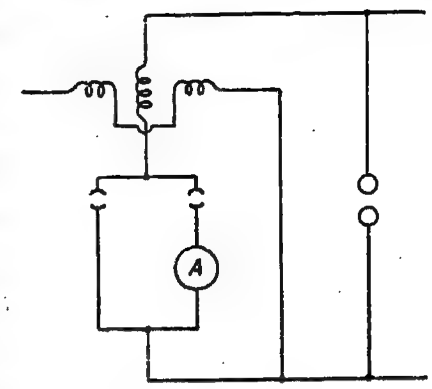


Fig. 11.

È utile accennare che, oltre ad opportuni spinterometri di sicurezza, che si devono porre in ogni circuito di misura soggetto a interruzioni per cambiamento di senso ecc. è necessario prendere tutte quelle altre precauzioni che rendano nullo l'effetto di campi esterni, dispersioni ecc. sui conduttori di misura stessi, anche molto lontani dall'alta tensione, e perciò si devono impiegare conduttori schermati (cavetti colla guaina a terra), non dimenticando d'altra parte che essi pure possono introdurre degli errori.

9. – La resistenza Barbagelata-Emanueli è troppo nota perchè sia utile farne una descrizione. Ma forse non altrettanto note sono alcune preziose particolarità che, costituendo apparentemente un difetto, ne sono invece un grande pregio, come grande pregio deve considerarsi la possibilità di determinare direttamente e sicuramente gli errori di un dispositivo, che così diviene veramente un dispositivo di precisione che interessa l'industria.

È su queste particolarità vogliamo brevemente parlare, anche perchè in modo speciale interessano la nostra ricerca.

L'elemento attivo delle resistenze ha naturalmente una capacità rispetto l'ambiente, capacità che dipende da molteplici elementi, e che forse si potrebbe anche calcolare, almeno in relazione a particolari condizioni. Questo in ogni modo è certo che la capacità varia, in ragione non molto differente, colla lunghezza del tubo attivo e pochissimo col diametro (1), come d'altra parte la corrente ohmica che è convogliata a terra dalla resistenza, a parità di altre condizioni, varia in ragione non molto diversa dalla reciproca della lunghezza detta del tubo attivo. Così nel complesso può dirsi che, a parità di altre condizioni, la tg δ di una tale resistenza è approssimativamente proporzionale a

$$\frac{1}{l^2}$$

se *l* è la lunghezza del tubo attivo.

Parimenti, ciò che del resto è implicito per quanto sopra detto, è certo che l'errore di fase sarà tanto più piccolo a parità

(1) Assimilando la resistenza a tubo ad una presa di terra verticale, costituita per esempio da un tubo di ferro di raggio *r* e infisso verticalmente nel terreno per una lunghezza *l*, la capacità varierebbe prossimamente con

$$\frac{l}{lg\left(1 + \frac{l}{r}\right)}$$

dal che si vede la piccola influenza di *r* e la variazione quasi lineare con *l*.

di altre condizioni, quanto più piccolo sarà l, e quanto maggiore sarà il diametro, perchè appunto l'effetto capacitivo decresce e l'effetto ohmico aumenta.

E questo ha pure enorme importanza pratica, poichè resta definito in modo inequivocabile il senso della correzione, senza ricorrere ad alcuna altra considerazione, che nella grande pratica, e specialmente di fronte ai risultati di certe prove, può talvolta essere quasi indispensabile.

alle caratteristiche inadeguate dei cavetti di collegamento, che per necessità di cose riescono molto larghi, sia per le caratteristiche degli apparecchi usati, ma sia principalmente per deficienze di isolamento o altre imperfezioni le quali possono verificarsi col tempo, o magari anche presentarsi saltuariamente.

Per ovviare tutto questo nel laboratorio si è predisposto un sistema di controllo (fig. 12) costituito da un condensatore in aria (1) opportunamente schermato (fig. 13), condensatore del quale col sistema sopra descritto si determina, ad ogni importante misura, la perdita.

Essendo la sensibilità del dispositivo di misura grande quanto può interessare (bastando cambiare le bobine dell'elettrodinamometro Barbagelata-Emanueli), ed essendo la perdita del condensatore molto piccola pur con una corrente capacitiva abbastanza grande, si ha un sistema di controllo assai sensibile e prezioso, così che esso può garantire la sicurezza di determinazioni assai più delicate di quelle relative agli isolatori.

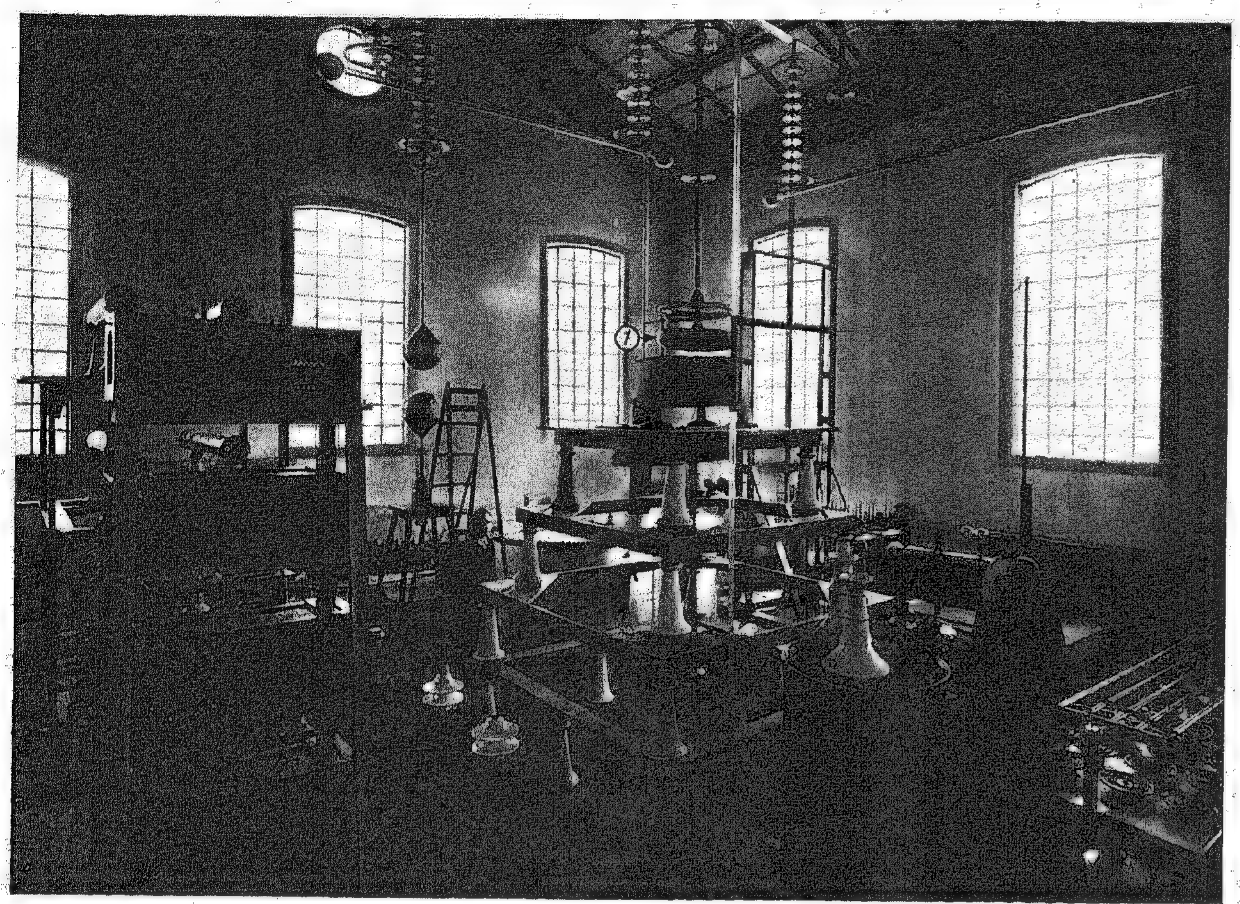


Fig. 12.

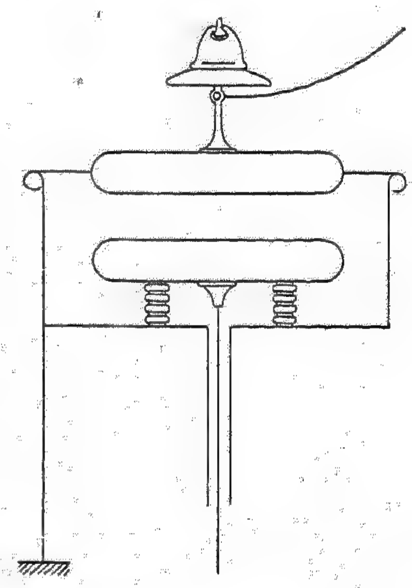


Fig. 13.

Dobbiamo da ultimo far notare l'importanza pratica di aver scelto anche per la misura di precisione un sistema a lettura diretta, col quale si possono seguire tutte le variazioni non solo dovute a cause esterne ma anche al comportamento dell'isolatore stesso, e in generale di quegli apparati, come per esempio condensatori, dei quali si vuole determinare le caratteristiche.

Ed allora se si determina la perdita, o l'angolo di perdita, o simile elemento, di un certo apparato con due resistenze diverse solo per la loro lunghezza, e del resto identiche e identicamente inserite, sia come schema che anche come identità di materiale posizione, e se p_1 è l'elemento (perdita o angolo) misurato colla lunghezza l_1 e p_2 lo stesso elemento misurato colla lunghezza l_2 per quanto sopra detto in modo approssimativo per $l_1 > l_2$ la correzione ξ da apportare a p_1 per avere il valore esatto, indicando con K il rapporto tra l_1 ed l_2, sarà data dalla relazione

$$\varepsilon = -\frac{K^2}{K^2 - 1}(p_1 - p_2).$$

Abbiamo detto in modo approssimativo, nè intendiamo indagare ulteriormente non tanto perchè le leggi dette in generale di fatto alcunchè si discostino da quanto abbiamo schematicamente presupposto, ma principalmente perchè gli errori dovuti alla resistenza Barbagelata-Emanueli sono sempre molto piccoli, arrivando solo eccezionalmente, per quanto ci risulta da prove dirette, a tg $\delta = 0{,}7$ %, per cui la correzione in ogni caso può essere fatta con quella approssimazione che la persona dell'arte già stima corrispondente a quanto possa desiderarsi, tenendo conto di altre mille difficoltà e incognite.

Così appunto abbiamo riferito le nostre misure fondamentali a questo metodo di misura come a quella che unitamente alla grande precisione ci poteva concedere la maggiore sicurezza, per le possibilità del controllo diretto.

10. – Con queste precauzioni la misura in se diviene sufficientemente sicura. Ma però, per particolari condizioni che nello svolgersi delle misure possono passare inosservate, si possono ancora temere degli errori anche grossolani, dovuti sia

III. Misura industriale. Banco normale di prova e suo esame critico.

11. – Da tutto quanto siamo venuti esponendo si vede che le misure di precisione, e anche quelle adottate che pure riescono molto semplici, non hanno quel carattere di speditezza che interessa avere nella pratica. In essa infatti assai spesso, se non nella maggior parte dei casi, interessa solamente conoscere *entro il minimo tempo e nel più semplice dei modi se le perdite superano o meno un certo limite*; e negli altri casi è richiesto che il sistema, anche se non è molto preciso, abbia grande campo di misura, e cioè si presti alla determinazione anche di eccezionali valori di perdite, senza dover ricorrere a cambio di apparecchi, di inserzioni ecc. E altre particolari caratteristiche devono essere la grande sicurezza di impiego e la grande robustezza degli apparecchi, così se durante le prove l'isolatore si fulminasse, non ne abbiano danno nè le persone nè la misurazione.

Per tutte queste ragioni si dovette studiare una misura industriale nel vero senso della parola, e per essa fu scelto il secondo dei sistemi fondamentali prima detti, e precisamente quello della misura diretta della componente attiva

$$i \operatorname{sen} \delta$$

Così, se è V la tensione agente e K_1 una costante si ricava il consumo dalla semplice relazione

$$W = K_1 V i \operatorname{sen} \delta'$$

Ma se Δ è la deflessione dell'elettrodinamometro, e K una costante da determinarsi corrispondentemente alle sue caratteristiche e alla tensione e frequenza normale di prova, si vede che a detta tensione e frequenza le perdite saranno immediatamente e semplicemente date dalla relazione

$$W = K \Delta$$

Quindi le misurazioni vengono eseguite, ad isolatore in tensione, mediante una semplice lettura, così che esse possono essere correntemente affidate anche ad un semplice operaio. E a tutto questo fu diretto lo studio della misura industriale, sfruttando in essa le particolari caratteristiche elettriche degli isolatori da provare, e anche la loro particolare forma.

12. – Giova dire subito che l'angolo δ' di perdita degli isolatori, anche ottimi, non è mai molto piccolo, così che anche una sensibile incertezza δ_s sull'angolo fondamentale di riferimento (la quadratura è infatti ottenuta azzerando l'elettrodinamometro inserito su una capacità non del tutto priva di perdita) non conduce a gravi inconvenienti nel risultato pratico della misura. E del resto mediante la misura di precisione si possono dedurre delle facilissime correzioni colle quali la misura industriale viene ricondotta a quel grado di esattezza che è richiesto, sempre conservando al sistema la caratteristica semplicità sia di apparecchiatura che di esecuzione delle misure.

Infatti misurandosi la componente attiva rispetto ad un orientamento fondamentale il quale ha un errore angolare δ_s, la misurazione è affetta da errori che praticamente dipendono solo dalla corrente di capacità dell'elemento in prova, la quale corrente di capacità è sensibilmente eguale per tutti i tipi di isolatori delle stesse dimensioni geometriche, e non varia se non colla tensione e colla frequenza.

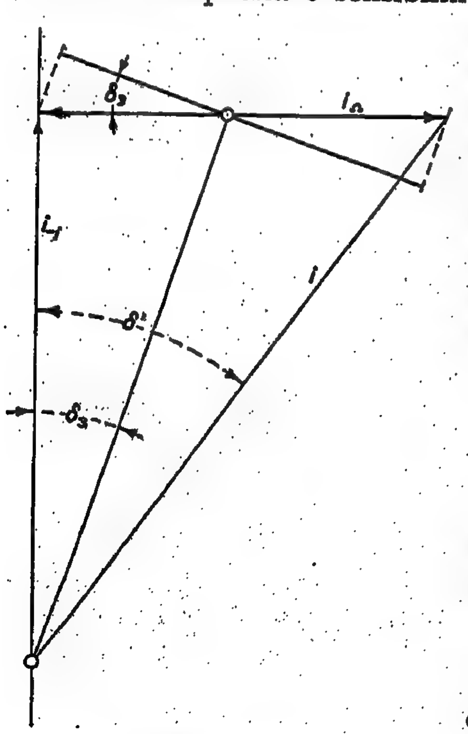


Fig. 14.

Sia, per esempio, i_{-j} (figura 14) la corrente capacitiva dell'isolatore, e sia i_Ω la sua corrente attiva, per la falsa posizione della quadratura, non si misurerà i_Ω ma la quantità

$$(i_\Omega - i_{-j} \operatorname{tg} \delta_s) \cos \delta_s$$

Ma essendo δ_s sempre assai piccolo, questa espressione si riduce praticamente alla

$$i_\Omega - i_{-j} \operatorname{tg} \delta_s$$

e la quantità

$$i_{-j} \operatorname{tg} \delta_s$$

rappresenta appunto la correzione da applicare, correzione praticamente piccola e dipendente solo dalla tensione e dalla frequenza, come prima detto.

Nella pratica infatti la corrente di capacità di un solito elemento da 75 kV, alla tensione normale di queste prove, 37. 5 kV, e alla frequenza di 42 periodi, è mediamente di un 270 μ. Ampère, mentre che anche per il migliore isolatore si avrà, alla stessa tensione e frequenza, una corrente attiva di almeno una sessantina di μ Ampère. Il valore di tg δ_s, dipendente dalle perdite proprie del banco e anche da quelle degli isolatori che vi sono posti sopra — i quali sono percorsi da una piccola corrente attiva anche quando non sono in comunicazione colle due armature, come meglio vedremo in seguito —, potrà essere al massimo un 3 %. Ne viene da tutto questo che la correzione assoluta sarebbe circa

$$3\,\% \times 270 = 8\ \mu\text{. Ampère attivi}$$

e la correzione massima relativa sarebbe di circa

$$\frac{8}{60} = 13\ \%$$

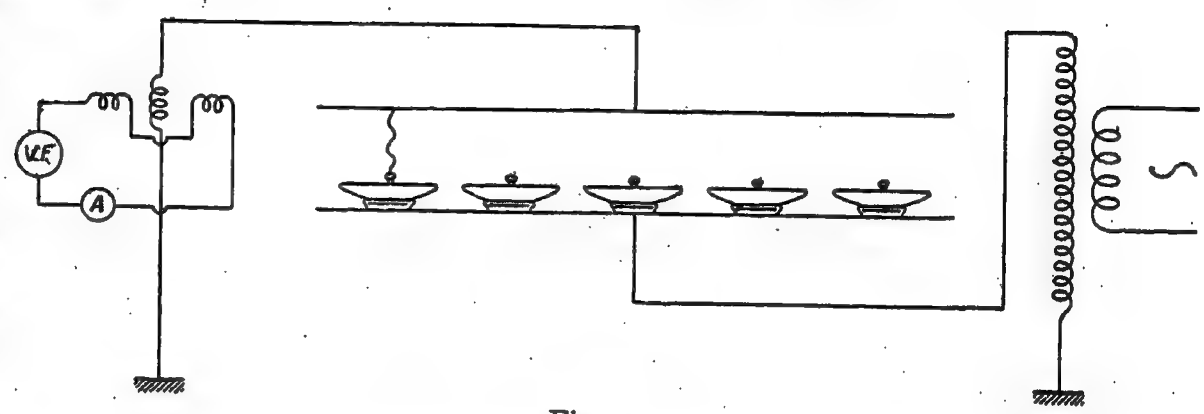


Fig. 15.

Si vede così che anche nel caso limite la correzione non è grande, e in ogni modo se ne può sempre tenere conto in misura più che sufficientemente esatta. E se si prescinde da essa, come giova spesso fare nelle operazioni correnti, si agisce sempre in favore della fabbricazione, il che facilita il collaudo senza del resto danno dell'acquirente, per la esiguità della concessione.

13. – Tutto questo permise l'allestimento del *banco di prova* che nella pratica si dimostrò di assai pratico uso.

Esso è schematicamente rappresentabile (fig. 15) da un grande condensatore in aria con armature orizzontali sufficientemente distanziate e convenientemente collegate: la superiore coll'elettrodinamometro e la inferiore col polo ad alta tensione di un trasformatore avente l'altro polo a terra, come è a terra l'altro capo del circuito dell'elettrodinamometro in comunicazione con l'armatura del condensatore. L'altro campo dell'elettrodinamometro è invece alimentato da un variatore

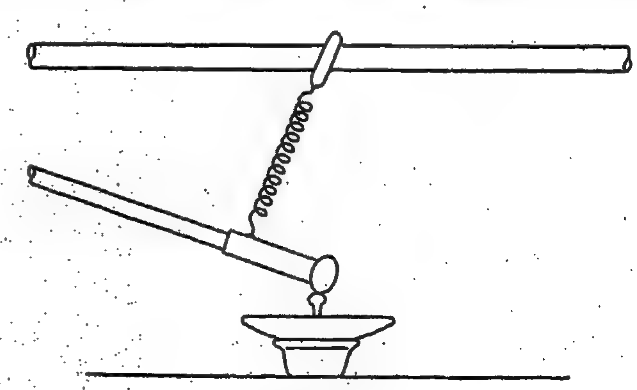


Fig. 16.

di fase, e mediante un amperometro se ne misura la corrente di eccitazione. Sull'armatura inferiore, quella cioè in tensione, si predispongono gli isolatori da provare col perno verso l'alto (figura 16).

Mettendo in tensione il condensatore, e tenendo gli isolatori in un primo tempo isolati dall'armatura superiore, passerà per la bobina dell'elettrodinamometro in serie con l'armatura superiore una corrente di capacità, e variando la posizione del rotore dello sfasatore si potrà sia determinare la deviazione massima dell'elettrodinamometro, e quindi valutare la corrente

di capacità del sistema, e sia ridurre a zero le deviazioni stesse dell'elettrodinamometro.

Se il condensatore, e più precisamente se le sue armature e gli isolatori (tenuti sempre isolati dall'armatura superiore) non danno luogo a perdite, sotto qualsiasi titolo, nella posizione di zero l'elettrodinamometro sarà sensibile alle sole correnti attive, e ad esse saranno proporzionali le sue deviazioni. Quindi se con un artificio qualunque si metterà in comunicazione l'armatura superiore del condensatore con il perno dell'isolatore di cui si vogliano conoscere le perdite, e se è conosciuta la tensione alla quale si opera, la corrente di eccitazione dell'elettrodinamometro e le sue costanti, bastano pochi secondi per isolatore per eseguire la misura delle perdite, e si vede subito come il sistema sia semplice e spedito.

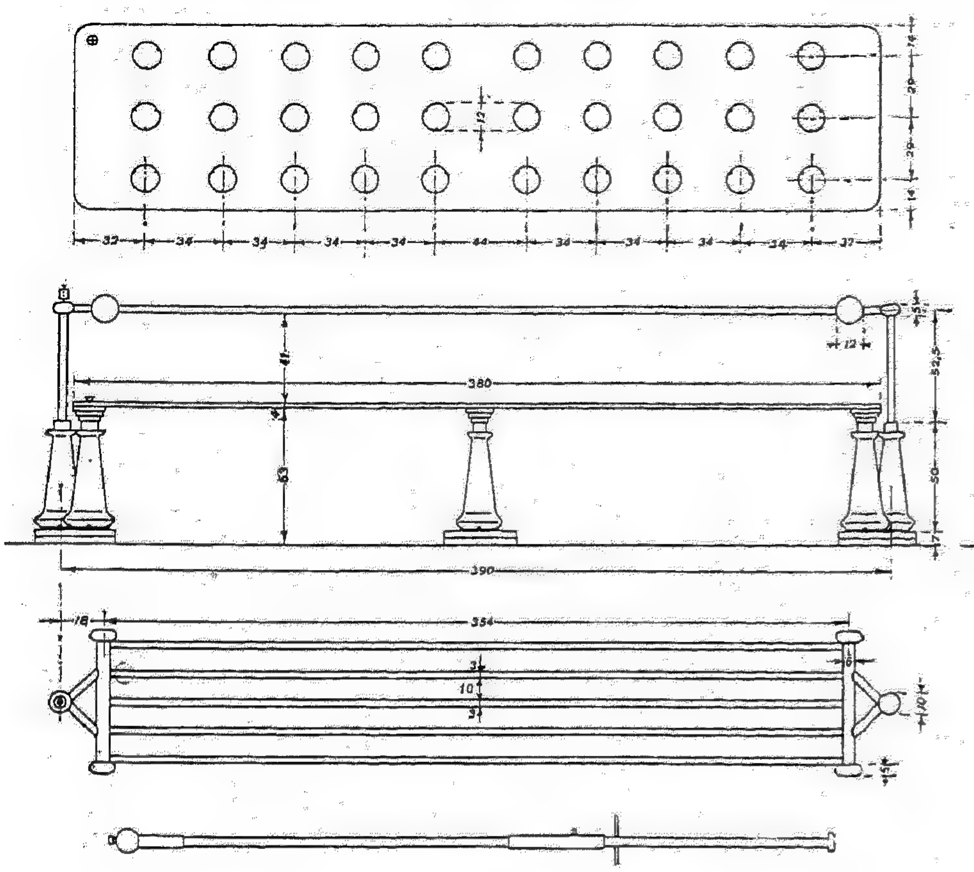
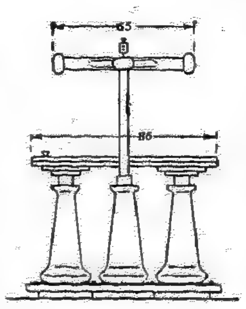


Fig. 17.

Abbiamo però prima accennato che sia il banco di prova che gli isolatori stessi posti su esso, per quanto tenuti isolati da una armatura, influenzano la posizione di zero dell'elettrodinamometro in modo da far apparire perdite minori delle effettive, e tanto più quanto peggiori sono gli elementi posti sul banco. Ma dobbiamo ora dire che l'errore massimo di fase ($tg\ \delta_2 = 3\ {}^0/_0$) prima riportato si riferisce appunto al *banco di prova* da noi adottato, e così si vede come il sistema sia perfettamente atto alle misure industriali che quindi interessano.

È in ogni modo da dire che il sistema di prova è per sua natura *comparativo*, così che anche sotto un altro aspetto gli eventuali errori sistematici non hanno grande importanza. È per contro importante, per la confroutabilità dei risultati, che non solo nelle varie prove si seguono gli stessi sistemi, ma che anche il banco di prova stesso sia *identico*, cioè di eguali dimensioni geometriche. Cioè bisogna riferirsi a un banco le cui dimensioni sieno normalizzate, e che si potrebbe chiamare *banco normale di prova*.

14. – Nella pratica esecuzione di quello da noi adottato, come si vede dalle figure 16 e 17, l'armatura inferiore è costituita da un tavolato — opportunamente metallizzato — delle dimensioni di m 3,40 per 0,86 ed avente 30 fori, distribuiti simmetricamente in tre serie, e muniti ciascuno internamente di tre contatti metallici sporgenti, sui quali vengono ad appoggiarsi le coppe degli isolatori in prova. Tutto questo sistema è isolato, e viene messo in comunicazione coll'alta tensione. L'armatura superiore invece è costituita da una serie di 5 tubi metallici del diametro di 30 mm, collegati elle estremità tra loro, isolati da terra e dal resto del banco, e messi invece, attraverso l'elettrodinamometro, in comunicazione col palo a terra del trasformatore di prova. Sul tubo centrale è infilato un anello metallico in comunicazione, mediante una molla a spirale, colla estremità di un opportuno fioretto (fig. 16). È con questa che, manovrando il fioretto, vengono successivamente toccati tutti i perni degli isolatori, ed è evidente, per quanto sopra detto, che ogni volta essa sarà in comunicazione con un perno, l'elettrodinamometro devierà in proporzione delle perdite.



Speciali dispositivi di sicurezza impediscono danni alle persone e agli apparecchi, e speciali schermaggi dei conduttori evitano influenze esterne (1).

La misura poi viene eseguita nell'apposita cabinetta, scura a volontà (fig. 18), mediante il wattamperometro (speciale wattmetro dello scrivente, di grande sensibilità e sovraccaricabilità) che, come lo dice il nome, serve anche alla misura della corrente, ed è in generale atto alle speciali misure wattmetriche che interessano l'industria. Esso nel caso specifico ha il vantaggio sui sistemi a sospensione di prestarsi a misure assai rapide, così

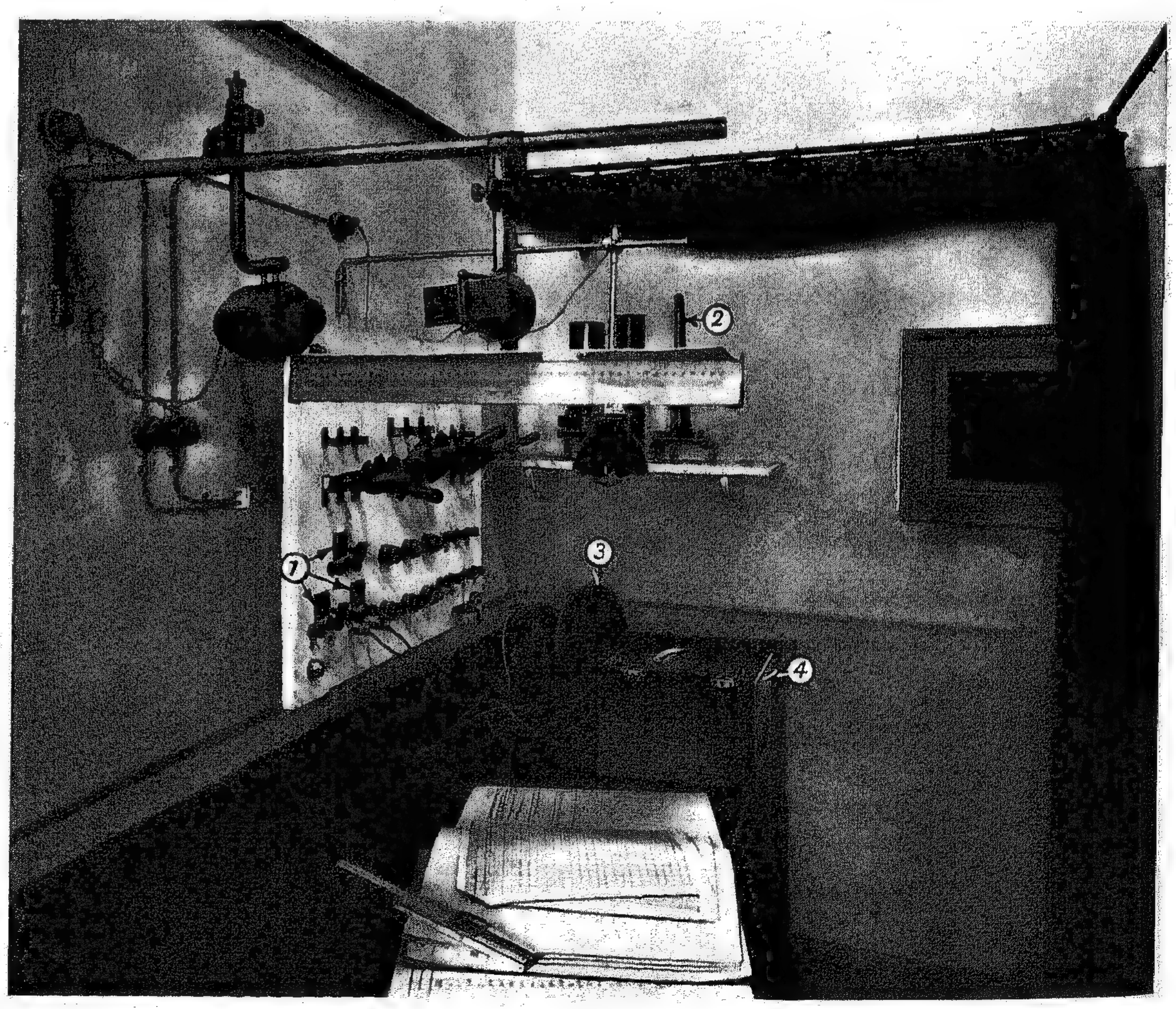


Fig. 18. - (1) Spinterometri di sicurezza. (2) Elettrodinamotore Barbagelata-Emanueli. (3) Variatore di fase graduato in 1'. (4) Wattamperometro.

(1) I conduttori che vanno agli apparecchi di misura sono in cavetto sotto piombo colla armatura a terra in modo che i conduttori non restino comunque influenzati dagli intensi campi elettrostatici che si possono facilmente avere. E per quanto riguarda la incolumità delle persone, speciali piccoli spinterometri, inseriti in derivazione

da permettere di seguire la eventuale variazione di consumo che può aver luogo nei primi istanti della prova, della cui importanza in seguito parleremo. La sua sensibilità è poi sufficiente, essendo 1 divisione corrispondente a 40 μ ampère.

15. – È in ogni modo utile soffermarsi un momento sulla approssimazione ottenibile con questo sistema.

Premesso che la tensione scelta per la prova normale fu di 37,5 kV, bisognava che a questa tensione le misure fossero facilmente attendibili. Perciò si è cominciato col costruire l'armatura superiore del condensatore con una serie di tubi (per permettere la continua visione degli isolatori) di sufficiente diametro e lunghezza, e colle dimensioni pratiche adottate la corrente di capacità del sistema, con gli isolatori compresi ma non in comunicazione diretta coi tubi (cioè a fioretto innalzato), alla tensione normale detta è di circa 900 μ Ampère. Quindi per la messa in quadratura si opera su una deviazione massima dell'elettrodinamometro di una ventina di divisioni, e così essa riesce sicura. Si noti poi che anche gli ottimi isolatori hanno un consumo dell'ordine di 2 Watt a 37,5 kV, cioè la corrente attiva è dell'ordine di 60 μ-Ampère, e quindi essa è pure sufficiente a dare una deflessione di per sè apprezzabile. Questo anche tenendo presente che la corrente di capacità di un isolatore, alla tensione normale di prova, è dell'ordine di 300 micro-Ampère e l'angolo di perdita del banco con gli isolatori — sempre isolati dall'armatura superiore — è circa 3 %, cui corrisponde una corrente attiva di correzione di circa 9 μ Ampère, come già prima dicemmo.

Resta così sempre una deflessione più che sufficiente per la selezione, e la misura riesce praticamente sicura anche in sè, cioè come valore di perdita. Basti dire che da numerosissime prove comparative col sistema di precisione e col sistema del banco di prova, e su isolatori con consumo variabile da 1,2 a 2,0 Watt su 37,5 kV, risultò uno scostamento massimo assoluto delle due determinazioni, comprese naturalmente le correzioni di cui abbiamo parlato, di 0,2 Watt; e più importante è ancora dire che lo scostamento medio fu di 0,07 Watt. Questo su misure correnti, cioè fatte senza particolare cura.

È in ogni modo da tenere presente che l'errore non dipende almeno in modo sensibile, dalla grandezza delle perdite, e che il limite pratico delle perdite ammissibili non è mai inferiore ai 3 Watt, così che a tutti gli effetti il sistema del banco di prova come descritto è più che sufficientemente esatto.

E per quanto riguarda la praticità delle misurazioni diremo ancora che nel collaudo di qualche migliaio di isolatori con un solo banco di prova si poterono fare mediamente 400 elementi all'ora.

Le fotografie riportate sono prese nella Sala Prove Elettriche dell'Ufficio Ricerche e mostrano quelle particolarità che possono interessare. Il banco di prova, lo sfasatore graduato in 1° e il Wattamperometro sono costruiti dalle Officine Galileo di Firenze.

IV. Le perdite degli isolatori sospesi. Loro classificazione, entità, ed importanza. Condizioni normali di prova. Isolatori buoni ed isolatori cattivi. Revisioni periodiche sulle linee.

16. – Prima di parlare dei risultati sperimentali delle nostre ricerche è necessario dire che qualunque sia la legge di natura elettrica che governa le perdite, a priori si può dire che esse dipenderanno dalla tensione e dalla frequenza.

Da questo ne viene che per ottenere dati confrontabili bisogna riferirsi a una determinata tensione ed a una determinata frequenza, da considerarsi come normali per le prove, e quindi bisogna precisare le *condizioni normali di prova*.

Per *tensione normale di prova* si è scelta la tensione di 37,5 kV. Questo sia perchè è già una tensione abbastanza elevata per ottenere letture facili con normali strumenti; sia perchè rappresenta una tensione metà della tensione limite di scarica esterna, e rappresenta nello stesso tempo una tensione limite di impiego pratico di un elemento di isolatore sospeso; e sia infine perchè è una tensione che rende possibili le prove, anche con modestissime attrezzature. Particolarmente ciò è vantaggioso per quanto riguarda il trasformatore di prova per attrezzature trasportabili.

Per *frequenza normale* si sono scelti i 50 periodi per tutti quegli scopi speciali per i quali è conveniente tenere distinto quanto dipende dalla frequenza da quanto dipende dalla tensione, e cioè distinte le perdite per isteresi dalle perdite per conduzione e per ionizzazione. Se trattasi invece di cifra globale di perdita, si è scelta la frequenza di 42 *periodi*, essendo essa la normale delle reti del Gruppo Sade, e del resto molto impiegata in Italia. Quindi, per quanto non è specificato in contrario, la cifra di perdita si intende per 42 periodi e 37,5 kV.

Le perdite poi che si riscontrarono nelle lunghe serie di prove sistematiche possono suddividersi, come da prima accennammo, in due grandi categorie: *perdite intrinseche* e *perdite accidentali*.

Si è già detto che intendiamo parlare principalmente delle prime perchè esse interessano direttamente la durata dell'isolatore. Ma è opportuno, anzi necessario, premettere per maggiore chiarezza e per completare il quadro qualche considerazione e dato di fatto sulle *perdite accidentali*, che possono essere anche di natura tale da costituire un difetto non ammissibile.

Esaminiamole ora separatamente.

17. – La perdita accidentale più comune, e che abbraccia isolatori nuovi e vecchi, buoni e cattivi, è quella dovuta ad un velo di *umidità superficiale*. Gli isolatori naturalmente devono essere provati asciutti, ma nelle giornate molto umide riesce non di rado impossibile mantenere la superficie asciutta in quel modo che sarebbe necessario, e nella pratica si riscontra che anche dopo ripetuti accurati asciugamenti, con panni caldi ed asciutti, rimasero delle perdite di tale natura e dell'ordine di 1 Watt a 37,5 kV, perdita piccola se si vuole, ma notevole rispetto la perdita dei buoni isolatori, che alla tensione detta è non di rado inferiore anche a 2 Watt, come già accennato.

Queste perdite sono caratterizzate dalla loro rapida decrescenza appena l'isolatore è messo sotto tensione, decrescenza che è tanto più evidente se non si è provveduto a un preventivo asciugamento, e dovuta appunto alla evaporazione della umidità stessa in seguito al riscaldamento da essa provocato.

Queste perdite non hanno alcuna importanza per la vita dell'isolatore.

18. – Dalle prove risulterebbe poi che gli isolatori con pasta anche non molto *porosa* possono assorbire umidità in modo sensibile agli apparecchi, e forse la persistenza delle perdite per umidità superficiale di cui sopra abbiamo detto, può, almeno in parte e in taluni casi, attribuirsi a questo fatto.

Parrebbe però che anche questa perdita per assorbimento di umidità nella pasta, quando è contenuta in limiti ristretti, e per quanto costituisca un difetto vero e proprio, non abbia decisiva importanza agli effetti della durata dell'isolatore, forse anche perchè essa tende ad eliminarsi automaticamente appena viene a costituire un difetto attuale, in seguito appunto al riscaldamento stesso dell'isolatore che essa provoca.

19. – Certo un preventivo riscaldamento al forno farebbe scomparire tutte le perdite di cui sopra, sieno esse dovute ad umidità superficiale che anche ad assorbimento di umidità nello spessore.

Questo riscaldamento dovrebbe essere più intenso e prolungato nel secondo caso che nel primo, e tanto più quanto maggiore è stato l'assorbimento di umidità nello spessore. E per contro il riassorbimento della umidità nella pasta è lentissimo,

---

in vari punti, assicurano che la tensione sugli apparecchi, e in generale sugli organi a portata di mano degli operatori, non superi limiti pericolosi.

e quindi nessuna particolare difficoltà si incontrerebbe nella prova dopo questo trattamento.

Ma per le perdite dovute al velo superficiale di umidità, cioè in certo senso dovute all'ambiente, ci si troverebbe di fronte ad un'altra difficoltà, e cioè provando gli isolatori dopo un adeguato tempo perchè la loro temperatura sia convenientemente discesa, si va rischio di provarli col velo di umidità, riformatosi nel frattempo, che si voleva evitare, e se si provano caldi, allora si misurano perdite superiori alle effettive.

Le prove infatti hanno dimostrato che le perdite *variano colla temperatura* dell'isolatore, e nello stesso senso, nella misura anche dell'uno e più % ogni grado centigrado di differenza, e operando come sopra detto si andrebbe rischio di misurare in buoni isolatori perdite anche doppie delle normali.

E perciò la prova con isolatori caldi non è confrontabile colla prova a temperatura normale, anzi, a rigore, le perdite devono essere riferite a una certa temperatura base, per esempio 20°, come meglio vedremo in seguito.

20. – Ora tutto questo ha dimostrato la necessità di eseguire le misure in riferimento volta per volta ad un certo isolatore, di cui si determina ogni tanto per controllo la perdita, con tutte le cure che sono necessarie, e che così lo vengono a costituire *isolatore campione*.

La pratica però ha dimostrato che è bene avere un isolatore campione per ogni tipo e fabbrica, variando l'influenza della umidità e della temperatura col variare della qualità della vernice, della porcellana, ecc.

Si possono così rettificare automaticamente le perdite degli isolatori, e selezionarli senza bisogno di ricorrere ad altre poco pratiche operazioni, applicando per correzione la differenza di perdita riscontrata nell'isolatore campione rispetto alla perdita dell'isolatore stesso determinata invece nelle *condizioni tipo*, mediante la quale operazione si tiene contemporaneamente conto della umidità superficiale e della temperatura.

Certamente così possono venire messi da parte quegli isolatori che presentano quelle perdite che prima accennammo dovute all'assorbimento della umidità nello spessore stesso dell'isolatore. Ma è giusto che sia così, perchè la porosità costituisce di per se un grave difetto della porcellana, e che appunto le normali prove colla fucsina tenderebbero di eliminare. Anzi sotto questo punto forse si potrebbe dire che la prova elettrica può bene integrare la prova alla fucsina, perchè la prova elettrica può essere facilmente estesa a tutti gli isolatori, mentre che l'altra è per sua natura limitata a pochi cocci.

21. – Altre perdite accidentali devono temersi negli isolatori provenienti dall'esercizio a causa della polvere che, anche per effetto elettrostatico come lo dimostrerebbe la prevalenza sugli elementi prossimi al filo in tensione, si deposita facilmente su essi, e talvolta in modo tale da non rendere molto facile la pulizia. Queste perdite possono essere molto notevoli e nessuna legge si può ricavare su esse. Unica norma pratica è quella di una buona lavatura con acqua dolce, ogni qualvolta un isolatore appare non sufficientemente pulito. Per gli isolatori poi provenienti da linee prossime al mare la lavatura è sempre consigliabile, e spesso necessaria, anche se l'isolatore è apparentemente pulito. Questo particolarmente dopo le burrasche di mare, poichè il vento può trascinare l'acqua salsa anche a decine di chilometri dalla spiaggia. Si sono trovati degli isolatori apparentemente puliti che presentavano perdite dell'ordine dei 10 Watt, mentre dopo lavaggio con acqua dolce le perdite si ridussero ad un paio di Watt, loro effettivo valore.

Anche queste perdite sono caratterizzate dal fatto di diminuire sensibilmente nel primo tempo di permanenza dell'isolatore sotto tensione, e ciò per l'essiccamento dello straterello di polvere o del velo di sale marino estremamente igroscopici. Così se qualche elemento sfugge alla preventiva pulizia, esso può essere subito rintracciato.

22. – Importantissime altre perdite pare debbano ricercarsi nella particolare struttura difettosa di alcune vernici, che causano una perdita superficiale per ionizzazione. Queste perdite non scompaiono se non decappando l'isolatore. Ma non interessa scendere in particolari poichè comunque indicano sempre difettosa fabbricazione. In ogni modo esse sono caratterizzate dal crescere già nei primi istanti di prova, e quindi non può farsi confusione nella pratica colle perdite prima specificate.

23. – Non si deve però confondere questo con un altro fatto, di natura non molto diversa, ma che è comune a tutti gli isolatori, perfetti e difettosi, ed è l'aumento di perdite che gli isolatori presentano dopo le prove, perdite supplementari che sono tanto maggiori e persistenti quanto maggiore è stata la tensione di prova, e più lunga la sua durata. Parrebbe che questa perdita sia causata nella porcellana da una ionizzazione interna, per quanto sia comune anche ad isolatori in vetro o altro materiale fuso. Sono perdite però sempre piccole, per quanto in certi casi sieno sensibili, e che comunque non influenzano il risultato delle prove, essendo queste per loro natura comparative. E nella pratica corrente non sono nemmeno avvertite perchè la normale misura di perdite richiede meno di un secondo per isolatore. Si deve però tenere presente perchè non sono paragonabili prove su isolatori che abbiano, per esempio, già subita la prova in vasca ed immediatamente dopo di essa, con isolatori che invece siano nuovi del tutto e sui quali non sia stata ancora fatta alcuna prova. Cioè per comparare tra loro le prove bisogna che sia passato un sufficiente periodo di riposo, che normalmente dopo la prova in vasca (75 kV per 15') può variare da uno a due giorni.

24. – Un fatto però praticamente può differenziare le perdite dipendenti dalla cattiva qualità della verniciatura, e in generale le perdite superficiali da quelle che pur essendo transitorie interessano comunque lo spessore, e si è che le prime disponendo opportunamente un *anello di guardia* possono essere eliminate mentre le seconde no.

Ma non pare affatto consigliabile adottare l'anello di guardia perchè invece è bene constatare anche le perdite superficiali, per determinarne l'entità e perchè alcune di esse, come detto costituiscono un difetto che non può essere ammesso. E del resto mediante il riferimento all'isolatore campione, di cui prima abbiamo viste le altre ragioni che già ne consigliavano l'uso, automaticamente non si tiene conto che dei veri difetti e automaticamente si riferiscono le perdite alle condizioni tipo anche per quanto riguarda le cause accidentali della loro presenza o accentuazione.

25. – Premesso questo, come dicevasi prima, sia per precisare meglio la varia natura delle perdite, e sia perchè alcune delle perdite accidentali costituiscono di per se un difetto che non può ammettersi, veniamo a parlare delle perdite propriamente dette, e cioè delle *perdite intrinseche*, che hanno luogo nello spessore stesso della porcellana.

Esse possono classificarsi in tre gruppi: *per ionizzazione*, *per conduzione*; *per isteresi*.

Di quelle per *ionizzazione* abbiamo già parlato, essendo stato necessario mettere vicine quelle per ionizzazione superficiale e quelle per ionizzazione interna. Possiamo solo chiarire come si distinguono dalle altre.

Negli *isolatori buoni* — e cioè con perdite inferiori ai 3 Watt — si nota un leggerissimo aumento di consumo col tempo di azione della tensione, aumento che non scompare rifacendo la prova subito dopo una prima, ma scompare solo assai lentamente. È escluso quindi trattarsi di effetto prodotto dal riscaldamento, in questo caso tenuissimo; è da attribuirsi ad ionizzazione interna, come già prima dicemmo.

È quindi necessario, in relazione appunto a quanto prima accennammo, che la misura delle perdite sia fatta ad isolatori riposati. Ma anche un'altra cosa c'è da premettere.

Negli *isolatori cattivi*, e cioè a forti perdite, il riscaldamento ad esse dovuto fa progressivamente aumentare il passaggio di corrente attiva, per la diminuzione della resistenza dell'isolatore colla temporanea, e quindi può aversi più o meno rapidamente la perforazione dell'isolatore.

Un altro elemento quindi è necessario precisare per definire le perdite, e particolarmente per gli isolatori a forti perdite, e cioè *il tempo di prova*. E poichè la prova serve a scegliere gli elementi buoni, così praticamente il tempo è stato limitato a 5 minuti secondi al massimo. Precisamente se già nei primi istanti di prova le perdite risultano entro un limite prestabilito, anche tenuto conto delle perdite misurate nell'isolatore campione nelle stesse condizioni, gli isolatori possono senz'altro tenersi per buoni e considerare come perdita definitiva quella misurata nei primi istanti; ma se invece presentano delle perdite fuori limite — che meglio preciseremo in seguito — bisogna aspettare qualche po' di tempo per vedere se crescono sensibilmente, il che in generale conferma la loro cattiva qualità, o invece decrescono, il che in generale fa ritenere che queste sieno classificabili tra quelle perdite accidentali che prima abbiamo viste, ed in relazione a quanto in allora dicemmo bisognerà accertarsi se o meno siano tali, e di quale natura, in modo appunto da fare la definitiva selezione.

Era necessario premettere questo perchè in seguito si intenderà senz'altro parlare esclusivamente delle perdite per conduzione e per isteresi.

26. – Come già detto gli isolatori possono considerarsi distinti in due gruppi: quelli che consumano molto e quelli che consumano poco. E la suddivisione non è una suddivisione artificiale ma naturale nel senso che vi è, si può dire, un distacco netto nei consumi. Fra le varie migliaia di isolatori provati, quelli la cui partita non diede mai luogo ad alcuna particolare osservazione, limitandosi il numero delle fulminazioni/anno ad una cifra insignificante — per esempio 1 su 10.000 — presentano tutti perdite che assai raramente raggiungono i 3 Watt. Ma per le partite i cui isolatori diedero luogo a inconvenienti e sensibili percentuali di fulminazioni/anno, si trovarono per tutti perdite notevolmente superiori, in media sui 10 Watt, e si trovarono elementi anche con 20 Watt, con 30 Watt e più, i quali ultimi nelle prove rapidamente si fulminarono.

Per studiare quindi meglio il comportamento degli isolatori, si vollero fare delle prove sistematiche su una serie a piccole perdite, fino a 4 Watt a 37,5 kV e 50 periodi, e su una serie con perdite maggiori di 4 Watt. Le prove vennero eseguite a 15, 30, 50 kV e a 25, 42, 87 periodi. Da esse si poterono ricavare le leggi medie approssimative della dipendenza delle perdite sia dalla tensione che dalla frequenza. Anzi si poterono, in certo modo, separare le perdite nelle due classi principali prima dette:

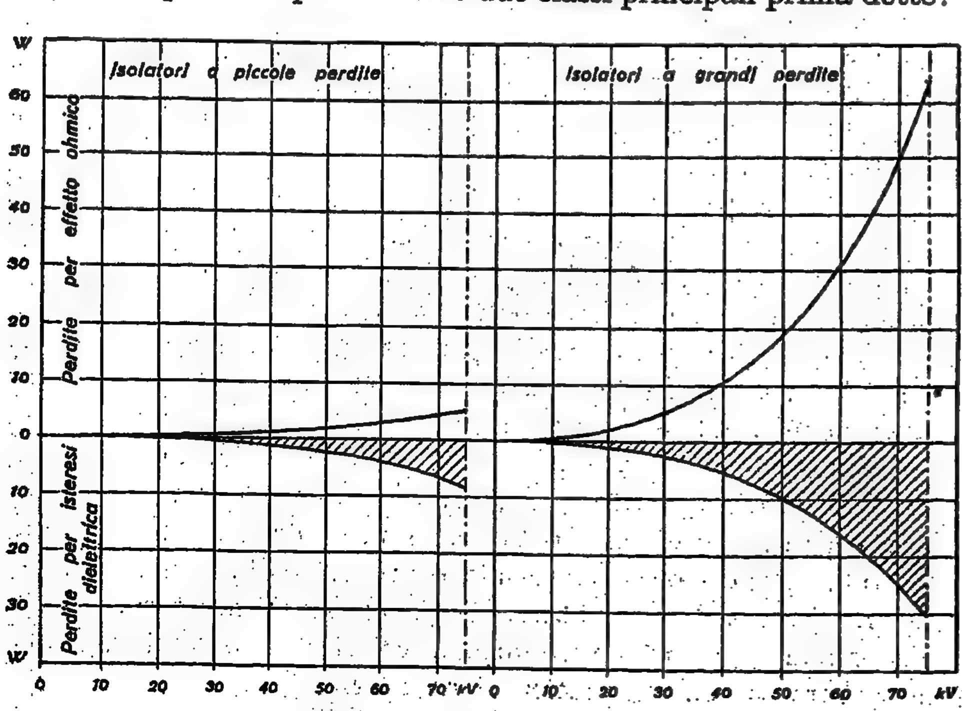


Fig. 19.

quelle per conduzione (e per ionizzazione) che dipendono dalla sola tensione e quelle per isteresi che dipendono da essa e dalla frequenza.

I diagrammi riportati (fig. 19) si riferiscono appunto alle curve medie per 50 periodi, e sono state distinte le *perdite ohmiche* — perchè dipendono principalmente dalla resistenza — da quelle per isteresi. E le leggi approssimative sono le seguenti: indicando con kV la tensione in kV e con f la frequenza, le perdite W globali sono espresse dalla relazione:

$$W = 2{,}6\ \mathrm{kV}^{1{,}75} \cdot 10^{-3} + 1{,}3\ f\ \mathrm{kV}^{2{,}75} \cdot 10^{-6}$$

per isolatori con perdite minori di 4 Watt a 37,5 kV, 50 periodi e 20° C, e da

$$W = 2{,}2\ \mathrm{kV}^{2{,}9} \cdot 10^{-4} + 4{,}2\ f\ \mathrm{kV}^{2{,}75} \cdot 10^{-6}$$

per isolatori con perdite maggiori di 4 Watt a 37,5 kV, 50 periodi, 20° C.

E per quanto già debba implicitamente intendersi, è utile rimarcare che le perdite ohmiche e per isteresi qui specificate non hanno nulla a che fare con quelle classificate come accidentali, perchè appunto sia opportuni asciugamenti e preventivi riscaldamenti (anche per oltre due giorni in forno a 80°) che opportuni intervalli di riposo tra una prova e l'altra ne avevano assicurato l'esclusione, come era necessario.

27. – Da dette espressioni e dai diagrammi si vede come le perdite per isteresi per i buoni isolatori siano molto piccole in confronto di quelle degli isolatori cattivi. Ma principalmente si vede il diverso comportamento della variazione delle perdite ohmiche colla tensione. E per quanto le leggi ricavate, riferentisi ad un numero limitato di elementi, non possano essere che approssimative, pure risulta evidente la forte variazione delle perdite ohmiche negli isolatori cattivi, variando esse circa colla terza potenza della tensione.

Questo conduce ad ovvie conclusioni pratiche nei riguardi della durata degli isolatori in funzione della tensione applicata, e quindi anche della posizione che essi occupano nelle catene in esercizio. Così si spiega come nelle catene montate con isolatori cattivi sia maggiore la percentuale di elementi perforati agli estremi delle catene che non nel mezzo di esse, come appunto si ebbe a riscontrare nelle prove su catene formate da isolatori non rispondenti, per le quali anche la prevalenza di fulminati verso il filo era in perfetta relazione con quanto sopra detto.

L'esperienza certo è troppo breve per una conclusione definitiva. Si sono però misurati molti isolatori da vari anni in esercizio, trovando perdite dell'ordine di 1,5 Watt e anche meno, e nelle buone forniture elementi con perdite superiori ai 3 Watt se ne trovarono in numero assolutamente trascurabile. Non pare quindi che il tempo, anche per le zone più tormentate da bufere, o da calori, o da neve, abbia influenza. Cioè se un isolatore *nasce* buono, tale si conserva per tutta la sua vita.

E questo è pienamente confermato dal fatto che la sensibile percentuale di isolatori con anormali perdite fu riscontrata solo in determinata partita, per la quale al fabbricante era stata fornita certa materia prima non rispondente.

E questa localizzazione precisa può condurre ad un'altra applicazione non meno importante della misura delle perdite, nella fabbricazione stessa per determinare la riuscita effettiva di ogni elemento, mancando un più sicuro modo di controllo sia per quanto riguarda la composizione della pasta che la esecuzione della cottura, ancora valutate in base a prove troppo empiriche, ma principalmente fatte su un numero ristrettissimo di elementi, non potendosi certo distruggerli tutti per vedere se erano ben riusciti, specialmente per quanto riguarda la porosità. E pare anche che l'anormale comportamento elettrico nei riguardi delle perdite esuli del tutto dal controllo ceramico normale, e forse richiederebbe dei particolari controlli chimici che prima d'ora, in mancanza appunto del controllo delle perdite su grandissima scala, non sono apparsi necessari.

28. – Ma è da dire che anche la prova in vasca sotto 75 kV, a cui normalmente si dà decisiva importanza, non diviene che una prova accessoria. Essa infatti si può considerare alla stessa stregua della prova di isolamento di una macchina, di un trasformatore, prova necessaria più che utile, ma la quale non dimostra altro che il manufatto *ha* o *non ha* sostenuto per un certo tempo una certa tensione.

La misura di perdite invece si riferisce a tutta la vita del manufatto. Dice se può o non può dare affidamento di rimanere a lungo inalterato in servizio. Cioè la prima in certo senso è una prova del passato, mentre l'altra è una prova che riguarda il futuro. Si sarebbe così condotti a ritenere quasi nociva più che superflua una prova in vasca a 75 kV per una lunga durata, come talvolta si tenderebbe di fare. È certamente assai diverso il cimento a 75 kV per 1/2 ora, per esempio, che un cimento anche a tensione modesta ma continuo, e ciò perchè il primo è un cimento prevalentemente elettrico, per non dire quasi una specie di cimento meccanico, mentre che il secondo forse è prevalentemente un cimento termico, il quale è causa indiretta della perforazione, derivante per esempio da fessuramenti, o forse anche dovuto al fatto che il materiale sempre più riscaldandosi, magari localmente, sempre più conduce fino alla perforazione. Si sarebbe così quasi condotti a dare alla prova a 75 kV solo il mandato di verificare se un isolatore è o non è perforato, al quale scopo basta un istante. Una durata di pochi minuti, al massimo 10, pare che siano praticamente sufficienti.

Ma tutto questo a patto che su ogni elemento venga eseguita la prova di perdita, la quale può essere brevissima, anche pochi secondi, cinque per esempio, poichè quelli che hanno perdite inferiori, per esempio, ai 3 *Watt.* si può essere sicuri che non le presenteranno gran che superiori anche dopo molto tempo, come appunto si ebbe a riscontrare nelle moltissime misurazioni fatte anche su isolatori da molti anni in servizio.

29. – Per quanto però si presuma che un isolatore nato bene dia pochissime noie nell'esercizio, pure sono indispensabili delle *revisioni.* Non si potrà certo pensare a misurare periodicamente le perdite di tutti gli isolatori montati sulle linee. Bisognerà perciò accontentarsi dei sistemi più banali, tra i quali si è trovato ancora più pratico, anche rispetto a macchine elettrostatiche e a rocchetti di Rumkorff, quello della prova di isolamento.

Le prove di *isolamento* però, come implicitamente detto prima, hanno due ordini di incertezza: l'una dovuta alla non corrispondenza perfetta tra le risultanze di essa e le effettive perdite, e perciò è necessario tenere come sopetti gli isolatori con resistività anche 10 volte quella corrispondente teoricamente a buoni isolatori, e l'altra dovuta alla umidità, per la quale talvolta è impossibile fare le prove.

Per quanto riguarda l'umidità, abbiamo già esurientemente parlato prima. Ma per quanto riguarda l'altro fatto, se esaminiamo le espressioni trovate della variazione delle perdite colla tensione e colla frequenza, troviamo una spiegazione dell'apparente anomalia tra le perdite ohmiche che si possono dedurre da misure di isolamento, anche fatte col megger, o simili apparecchi ad elevata tensione. Infatti non solo la tensione di misura è sempre molto bassa, ma anche la perdita ohmica, come l'abbiamo definita, non è che una porzione non molto grande della totale.

Altre serie comparative di prove hanno poi dimostrato che il prodotto dell'isolamento per le perdite, invece di mantenersi costante come lo sarebbe se le perdite ohmiche variassero col quadrato della tensione e fosse costante il rapporto tra queste e le perdite per isteresi, varia invece entro limiti vastissimi, da 1 a 10, anche nelle identiche condizioni di umidità. Certamente contribuirà a questo anche il vario comportarsi della ionizzazione, che abbiamo conglobata come effetto ohmico. Ma resta sempre che con questo la prova di isolamento non diviene che una prova informativa.

E anche per questo si vede che in ogni caso nella pratica si dovrà ricorrere e riferirsi all'isolatore tipo, e rispetto a questo ritenere per *sospetti* e levare dall'esercizio quegli isolatori che presentano un isolamento base — riferito cioè alle condizioni di tipo — inferiore ai 1500 megaohm. Si è usato il megger, ma si sono anche studiati e già allestiti apparecchi semplici e di poco costo che lo sostituiscono vantaggiosamente.

Queste prove non devono servire ad altro che a levare dalle linee gli isolatori sospetti, i quali certamente non devono essere buttati via. Essi invece vengono provati nei riguardi delle perdite, previa una prima selezione a 50 kV per separare i perforati. Così la più scrupolosa selezione periodica degli isolatori in esercizio può essere fatta in modo relativamente molto semplice e spedito, e senza complicare tutto il servizio.

L'esperienza fatta è breve, ma si trovò il sistema perfettamente corrispondente alle svariate esigenze industriali di un esercizio così delicato come quello delle grandi linee elettriche, e rapidamente si poterono verificare lunghe linee con migliaia di isolatori. Aggiungiamo che si è anche allestito un *banco normale di prova* completamente *smontabile,* così che con un camion può essere portato dove si vuole, prossimo alle linee in revisione e alimentabile direttamente dalle linee a 50 kV, derivando la tensione di alimentazione da una fase, per mezzo di speciali dispositivi di sicurezza, del resto facili a pensarsi.

V. Conclusione. Norme per la fornitura ed il collaudo.

30. – Poichè la questione delle perdite degli isolatori, dalle quali abbiamo visto dipendere la loro vita probabile, e cioè da loro direttamente dipendere la regolarità di esercizio delle linee elettriche, è una questione eminentemente di esercizio, era necessario esaminarla sotto i punti di vista che principalmente interessano l'esercizio, il quale evidentemente si deve limitare a garantirsi buone forniture e a controllare buona conservazione dei manufatti nel tempo. Perciò abbiamo trascurato ogni considerazione sulla causa intrinseca del fatto, e ci siamo invece principalmente soffermati sulla misura delle perdite, sia di precisione che correnti, perchè appunto ad esse è legato sia un buon collaudo che un efficace controllo di esercizio, ed abbiamo visto come sia che per l'uno che per l'altro fine si possano adottare sistemi che veramente corrispondono allo scopo industriale, per il quale è richiesta economia di spese e di tempo, nonchè grande semplicità. Ma è da tenere presente che la determinazione della cifra di perdita, appunto perchè essa determina la vita probabile di un isolatore, è una operazione di così grande importanza che sarebbe stata necessaria anche se si fosse dovuto ricorrere ai normali metodi di misura, certamente più complicati e costosi.

Abbiamo poi varie volte accennato come per i buoni isolatori non si siano mai riscontrate perdite superiori ai 3 Watt, ma anzi sensibilmente inferiori. E perciò i 3 Watt sarà la perdita che si potrà fissare nel contratti di fornitura, e alla consegna questa sarà riscontrata con opportuna prova.

E questa prova, come detto, per essere normale dovrà essere fatta a 37,5 kV, 42 periodi, 20° C, e con isolatori perfettamente asciutti.

Si può usare anche nel collaudo il sistema dell'isolatore campione, cioè preventivamente controllato nelle condizioni tipiche normali di collaudo, e così si può tenere conto contemporaneamente dell'umidità e della temperatura.

Con quanto sopra detto possono essere definite le norme sia per la fornitura che del collaudo. E nelle garanzie si può anche aggiungere qualche clausola riguardante la conservazione delle caratteristiche, per esempio, che per tutta la durata delle solite garanzie le perdite non devono superare i 4 Watt.

Dapprima accennammo che lo studio sistematico data da poco tempo; dopo questa relazione su quanto di più interessante finora si è potuto constatare, ci ripromettiamo di ritornare sull'argomento per informare degli ulteriori studi e degli ulteriori insegnamenti che la pratica ci riservasse.

Maggio-Settembre IX.

Ing. Giacomo Fracanzani.

Gli impianti elettrici della Città del Vaticano

La prima idea di creare in Vaticano una centrale elettrica autonoma sorse verso il 1897 dalla possibilità di sfruttare la caduta dell'acqua Paola di proprietà dei SS. Palazzi Apostolici.

Detta acqua, nella quantità di once 1050, pari a 243 litri/sec, è derivata dall'antico acquedotto Paolo, in località denominata S. Antonino, poco oltre la Madonna del Riposo, e mediante una forma in muratura che segue la Via Aurelia, è introdotta in Vaticano presso l'antica Porta Pertusa; la detta forma prosegue nell'interno dei Giardini Vaticani sin presso la Grotta di Lourdes, ove, sino all'anno 1928, avveniva la ripartizione dell'acqua in due porzioni di 470 e 580 once, spettanti rispettivamente alla Rev.da Fabbrica di S. Pietro ed ai SS. Palazzi Apostolici; quest'ultima, sempre in cunicolo in muratura, giungeva sin presso la fontana detta dell'Aquilone, ove, mediante condutture, l'acqua era avviata alle mole situate presso l'attuale vaccheria, che sfruttavano appunto la caduta di circa 15 metri. Alle dette mole prima del 1870 erano annessi dei forni per uso dell'Esercito Pontificio, che avevano creata la denominazione della località sovrastante l'antica Zecca. Fu appunto nei fabbricati delle antiche mole che verso il 1897 fu cominciata ad impiantare la prima centrale elettrica; questa constava di:

a) una turbina idraulica Riva, a sbocco libero, che utilizzava la caduta $H = 15$ m e la portata $Q = 90$ litri/sec, accoppiata ad una dinamo del Tecnomasio Italiano a 110 V che forniva una potenza di circa 7 kW;

b) un motore Otto a gas-luce, della potenza di 20÷25 HP, accoppiato ad una dinamo a quattro poli del Tecnomasio Italiano, della capacità di 120 A a 110 V;

c) una batteria di accumulatori Hensemberger della capacità di circa 240 A-ora.

La distribuzione dell'energia era fatta mediante treccie di rame scoperto, calcolate con tale margine di sicurezza che fino a poco tempo addietro, nonostante i successivi cospicui aumenti di consumo, hanno potuto servire alla bisogna, e solo ora, dopo l'ultimo grandioso ampliamento, se ne è iniziata la sostituzione.

La centrale elettrica, così come fu dapprima costituita, dava una disponibilità per 600÷700 lampade, che furono impiegate per la illuminazione dell'appartamento Pontificio, di quello dell'Em.mo Segretario di Stato e di Mons. Maggiordomo, delle loggie, dei cortili, delle scale ed alcuni dormitori della Guardia Svizzera e della Gendarmeria, sostituendo in detti ambienti la preesistente illuminazione a gas.

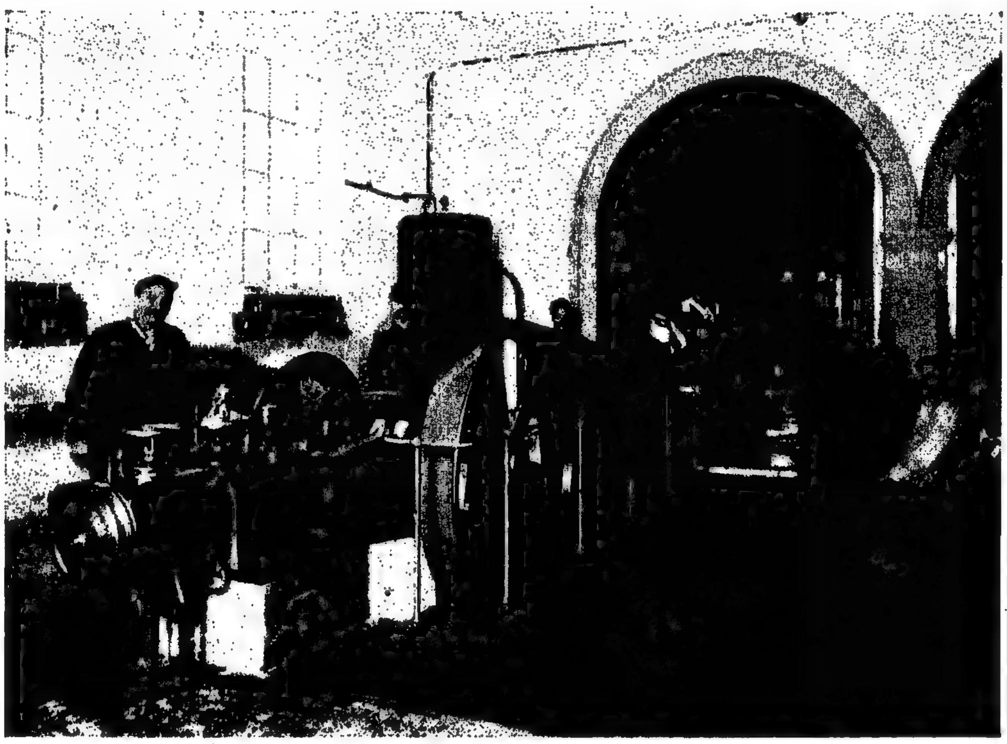


Fig. 1. - La motrice a vapore nella primitiva Centrale ai Forni.

La inaugurazione fu fatta, in forma solenne, la vigilia della Epifania del 1899 dal Pontefice Leone XIII, di fausta memoria.

In seguito, verso il 1902, essendosi riscontrata una notevole economia e la praticità del nuovo mezzo di illuminazione nei confronti di quelli precedentemente in uso, si pensò di aumentare la capacità della centrale. Questa, pur restando nel primitivo locale, fu dotata di una caldaia e motrice a vapore Tosi, di 25÷30 HP, accoppiata ad una dinamo quadripolare, fornita dal Tecnomasio Italiano (fig. 1).

Nel 1904-1905, desiderandosi generalizzare l'uso della illuminazione elettrica, alle generatrici esistenti fu aggiunto un motore a gas povero Langen Wolf di 25÷30 HP accoppiato ad una dinamo del Tecnomasio Italiano.



Fig. 2. - I motori a gas-luce nella Centrale alla Zecca.

Tutto il primo impianto ed i successivi aumenti di potenza sopra ricordati, furono eseguiti senza alcun aggravio per il bilancio della S. Sede, essendo state destinate a tale uso le somme ricavate dalla alienazione dei materiali metallici provenienti dalle armi, carreggi e materiali vari, appartenenti al disciolto Esercito Pontificio.

Durante il Pontificato del S. Padre Pio X, essendosi la R. Zecca trasferita in nuova sede, lasciando liberi i locali già appartenenti alla Zecca Pontificia, ed occupati nel 1870, questi

furono riacquistati dalla S. Sede per sistemarvi la Centrale elettrica; i detti locali sono quelli che ancora oggi, ampliati e sopraelevati, ospitano la Centrale.

Con il trasporto si vennero a guadagnare circa 12 metri di caduta la quale aumentò a 27 m. L'acqua mediante una conduttura in cemento del diametro di 50 cm, dal bottino esistente sopra la fontana dell'Aquilone fu derivata sino nei nuovi locali. La vecchia turbina fu sostituita con una nuova a reazione, tipo Francis della Ditta Riva, con le seguenti caratteristiche:

caduta m 27;
portata 90 litri/sec;
potenza HP 24;
velocità giri 1200 al minuto.

accoppiata a dinamo Bergmann della potenza di 16 kW.

L'acqua di scarico della turbina, mediante un cunicolo in muratura, venne convogliata alla fontana del Casino di Pio IV, donde mediante condutture va a far mostra alla fontana del lato Nord della Piazza di S. Pietro.

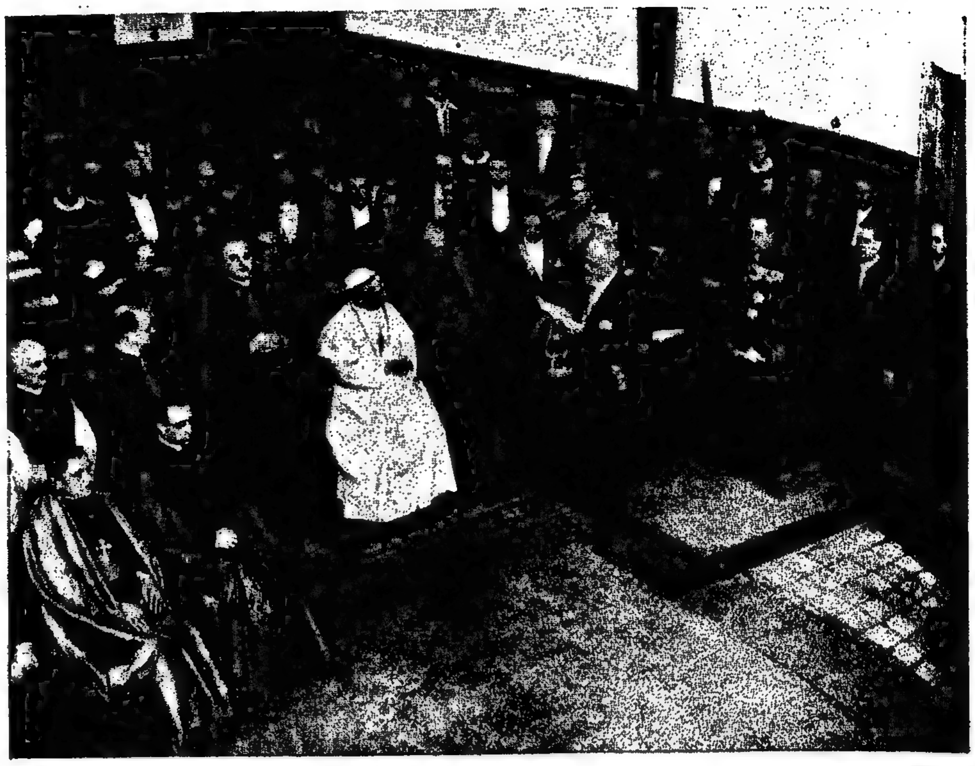


Fig. 4. - All'Augusta Presenza del S. Padre Pio XI venne inaugurata solennemente, il 12 febbraio di quest'anno, la nuova Centrale della Città del Vaticano.

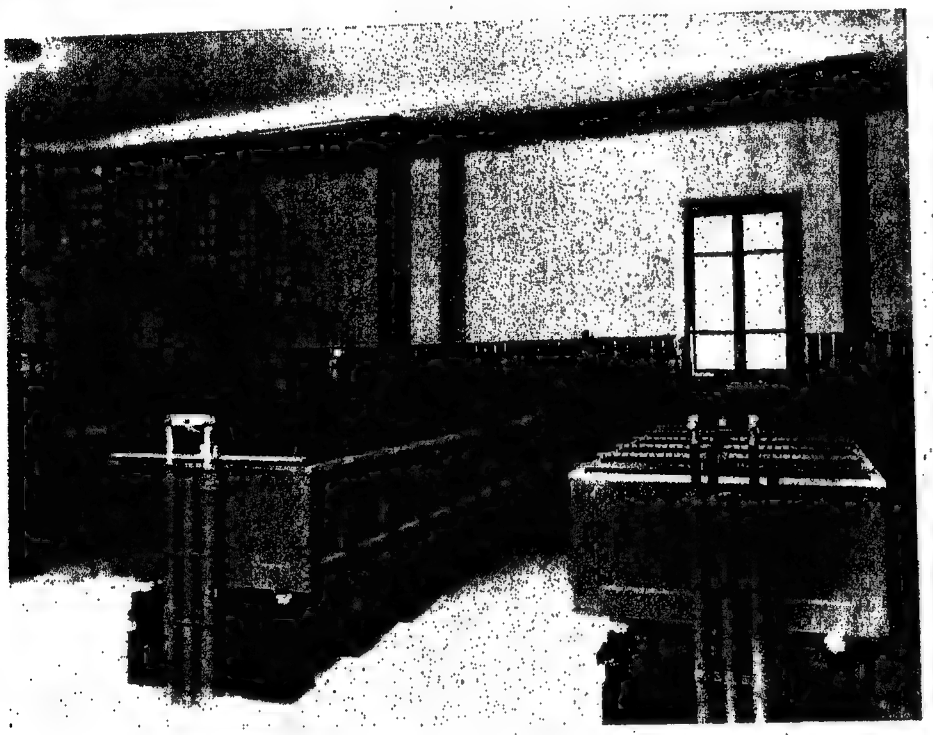


Fig. 3. - Batteria di 67 accumulatori della capacità di 445 A-ora.

Nella nuova sede furono anche trasportati la motrice a vapore, il motore a gas-luce e quello a gas povero, che con l'occasione fu ridotto a gas luce, guadagnando notevolmente in potenza (fig. 2).

La vecchia batteria fu sostituita con una nuova della Società Generale Italiana Accumulatori Elettrici, composta di 67 elementi, della capacità complessiva di 445 Ampère-ora (fig. 3).

Tutto il trasporto venne organizzato ed eseguito senza alcuna interruzione nell'esercizio. La inaugurazione fu eseguita nei primi giorni dell'anno 1913.

Col notevole aumento di capacità raggiunto, fu introdotta la illuminazione elettrica in molti appartamenti di Prelati e Dignitari, e si potè inoltre provvedere al funzionamento di un ascensore e di un montacarichi nell'appartamento Pontificio, ed alla elettrificazione del movimento delle torri e degli altri apparecchi della Specola.

Il S. Padre Benedetto XV volle estendere la concessione della illuminazione elettrica gratuita a tutti i dipendenti abitanti nel Vaticano, venendo così ad intaccare la riserva che in seguito alla sistemazione del 1913 si era costituita.

Si rese perciò necessario ai primi albori del Pontificato del S. Padre Pio XI, felicemente regnante, provvedere di urgenza la Centrale di nuove sorgenti di energia; in un primo tempo si impiantò un motore a scoppio a benzina Fiat tipo 64 C. A. della potenza di 30 HP, accoppiato ad una vecchia dinamo quadripolare del Tecnomasio Italiano.

Subito dopo si pensò di sfruttare anche la caduta dell'acqua di pertinenza della Rev.da Fabbrica di S. Pietro; questa, dalla botte di divisione presso la Grotta di Lourdes fu convogliata con quella dei SS. Palazzi Apostolici, sino alla fontana dell'Aquilone, ove venne creato un bottino di divisione; l'acqua dei Palazzi Apostolici mediante la conduttura in cemento già esistente continuò a far funzionare la vecchia turbina: quella della Rev.da Fabbrica di S. Pietro, mediante una nuova conduttura in cemento del diametro di m 0,50, fu convogliata nella sala macchine, ove andò ad azionare una turbina fornita dalla Ditta Riva, del tipo Francis a



Fig. 5. - Il S. Padre Pio XI mette in moto le nuove macchine generatrici di energia elettrica nella Centrale della Città del Vaticano (12 febbraio 1931).



Fig. 6. - Veduta della Centrale.

S. Marta, donde partono tre condutture che, come in precedenza, adducono l'acqua alla fontana verso il lato Sud della Piazza di S. Pietro.

La sistemazione e l'avviamento di questa seconda turbina avvennero entro l'anno 1928. A tale epoca si potè constatare come il numero delle lampade esistenti fosse salito ad oltre 4000 dalle seicento installate al primo impianto della illuminazione elettrica in Vaticano.

Essendo nel frattempo avvenuta la sistemazione del nuovo magazzino della Biblioteca nei locali già occupati dalle scuderie del Cortile di Belvedere, il S. Padre volle che alla Biblioteca stessa fosse fornita l'energia per l'illuminazione di tutti i locali e per gli altri servizi (ascensori, ventilazione, riscaldamento, ecc.). Si rendeva perciò necessario aumen-

reazione, ad asse orizzontale per i seguenti dati di funzionamento:

caduta m 27;
portata 100 litri/sec;
potenza HP 27;
velocità giri 1200 al minuto.

Questa fu accoppiata ad una dinamo a corrente continua della Ditta Marelli, eccitata in derivazione, capace di sviluppare kW 17,5; l'acqua di scarico della turbina, mediante una condututtura in ghisa della lunghezza di m 240 e del diametro interno di m 0,40, lungo la Via delle Fondamenta venne convogliata ad una botticella forzata, situata in Piazza

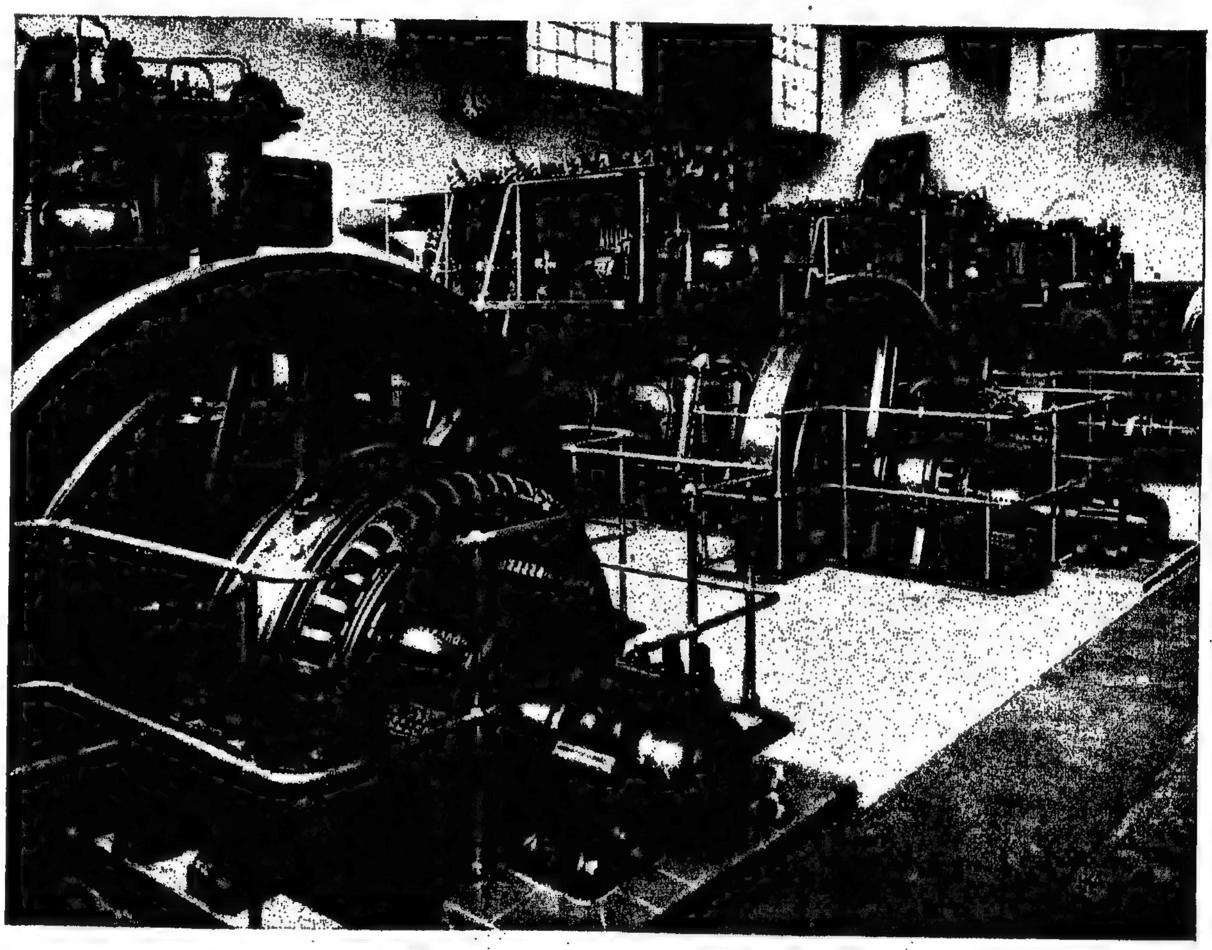


Fig. 8. - I quattro motori Diesel da 200 HP accoppiati a dinamo di 135 kW a 120 V.

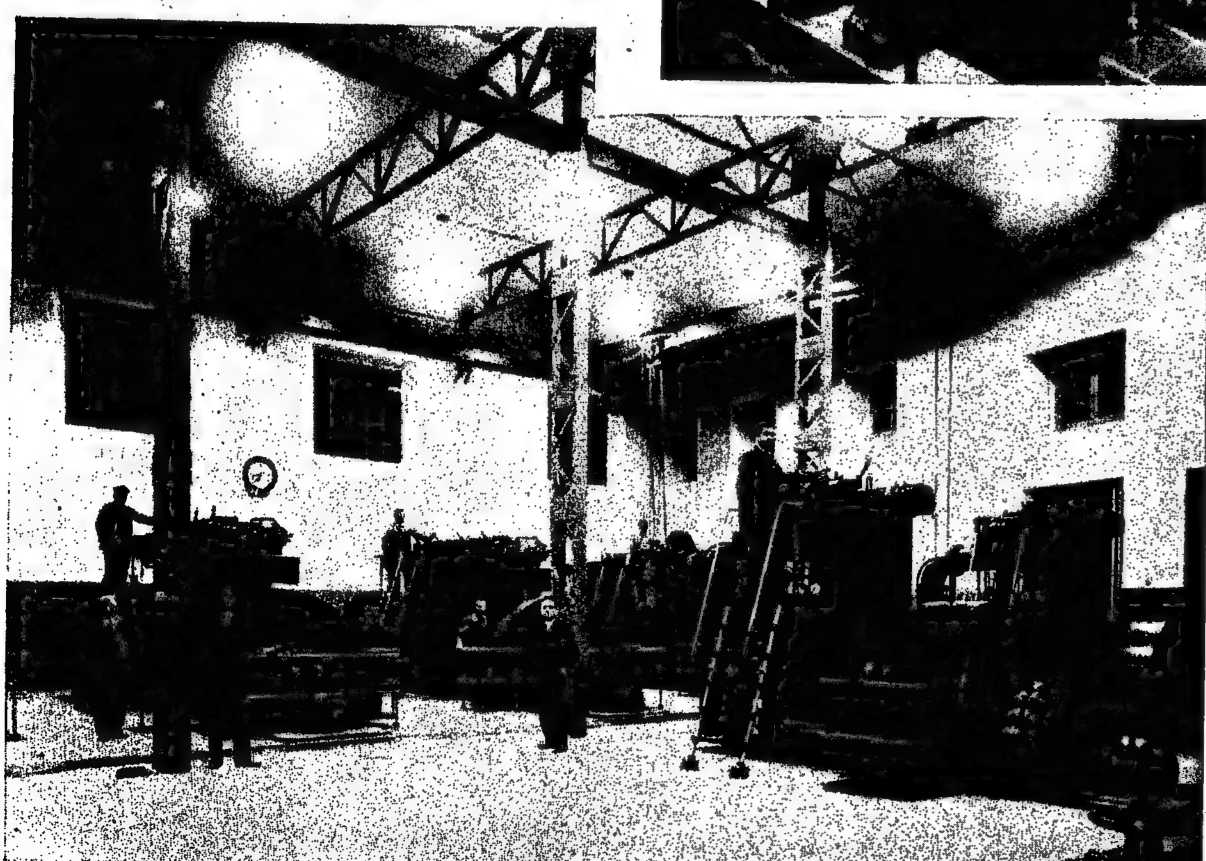


Fig. 7. - Sala macchine della nuova Centrale.

tare ancora la potenza della Centrale e poichè il rendimento dei due motori a gas luce, per il lungo uso, era enormemente diminuito, si pensò di sostituirli con due motori ad olio pesante i quali, oltre al notevole aumento di potenza, avrebbero procurato una diminuzione non indifferente nelle spese di esercizio.

Vennero perciò istallati due motori Diesel Tosi, monocilindrici, a quattro tempi, della potenza di 70 HP effettivi, accoppiati a dinamo Marelli a corrente continua, eccitate in derivazione e munite di poli ausiliari, capaci di 320 A ciascuna alla tensione di 125 V.

Ad impianto avvenuto si trovò opportuno togliere d'opera il vecchio motore Fiat di riserva che presentava un notevolis-

simo consumo di carburante, e d'altra parte si rendeva inutile, dopo la installazione dei due gruppi Diesel.

Avvenuta la Conciliazione con il Regno d'Italia, il S. Padre ordinò che tutto lo Stato della Città del Vaticano dovesse essere servito dalla Centrale elettrica; si rese così necessario un ulteriore fortissimo aumento di potenza, anche in vista dei nuovi servizi che si sarebbero dovuti impiantare nello Stato, Si arrivò così alla sistemazione attuale della Centrale che venne inaugurata solennemente (figg. 4-5) il 12 febbraio corrente anno con la Augusta Presenza del S. Padre.

I primitivi locali furono notevolmente ampliati mediante nuove costruzioni e lo sventramento di vecchie; la sala macchine ha ora una superficie di m^2 400; oltre le due vecchie turbine ed i due gruppi Diesel da 70 HP comprende quattro nuovi gruppi costituiti da motori Diesel Tosi da 200 HP ciascuno, a 4 cilindri, 4 tempi, con avviamento ad aria compressa; ad ogni motore è accoppiata una dinamo a corrente continua per la potenza di 135 kW, alla tensione di 120 V (figg. 7 e 8). Il raffreddamento dei motori è fatto col sistema a ricupero mediante un grande serbatoio sotterraneo e due elettropompe; così pure sotterraneo è il deposito della nafta, che a mezzo di elettropompe è avviata ai serbatoi di esercizio.

L'impianto è corredato di una batteria di accumulatori Tudor della Società Generale Italiana Accumulatori Elettrici, della capacità di 3020 Ampère-ora per la scarica in tre ore, di 4060 Ampère-ora per la scarica in 10 ore; i singoli elementi della batteria vengono inseriti o disinseriti per la carica o per la scarica mediante un inseritore doppio automatico fornito dalla Ditta AEG di Berlino. L'impianto è completato da un gruppo survoltore per la carica degli accumulatori.

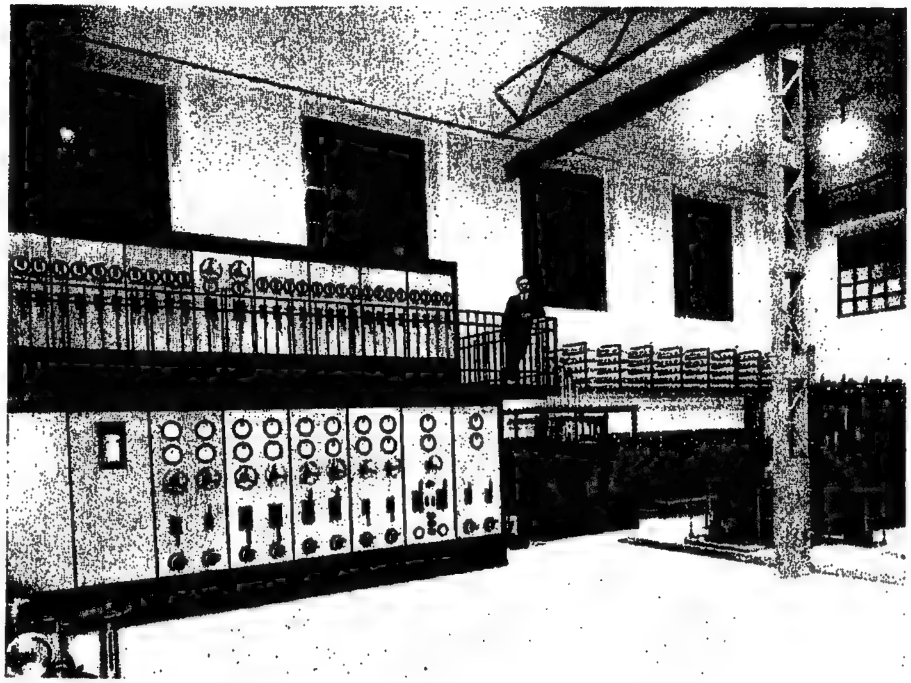


Fig. 9. - Quadro di manovra della nuova Centrale.

Il vecchio quadro di manovra in legno è stato sostituito da uno metallico fornito dalla AEG (fig. 9), sul quale oltre gli apparecchi di misura dei vari gruppi, è applicato un kilovattometro registratore per tutte le derivazioni della rete di distribuzione, ognuna munita a sua volta di apparecchi di registrazione e di misura.

Oltre i vari servizi già disimpegnati e che in seguito all'avvenuta sistemazione della Città del Vaticano hanno assunto sempre maggiore importanza, la Centrale elettrica provvede pure ad alimentare la Stazione Radio, la quale assorbe una potenza variabile tra gli 80 e i 100 kW. Contemporaneamente alla sistemazione della Centrale, si è dovuto provvedere alla creazione della nuova rete di distribuzione ed alla sistemazione di quella già esistente; quest'ultima, essendo costituita di linee aeree di sezioni ormai insufficienti alle aumentate esigenze, non può più dare le necessarie garanzie.

La nuova rete, studiata ed ora in via di esecuzione, è costituita da cavi sottopiombo armati situati per la massima parte entro cunicoli sotterranei praticabili, che accolgono anche altri servizi (rete telefonica, distribuzione dell'acqua, ecc.).

Anche la Basilica di S. Pietro, per quanto riguarda i servizi ordinari, sarà tra breve servita dalla Centrale; per le illuminazioni straordinarie, invece, che si effettuano solo in occasione delle santificazioni, sarà mantenuto il collegamento con la Società Elettricità e Gas di Roma; in tali occasioni il fabbisogno, oltre quello normale, è di circa 19 000 lampade.

ING. ETTORE CESÀRI
DIRETTORE DELL'« UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE »

L'industria elettrica all'estero

China

Caratteri dell'industria.

Sebbene i primi impianti elettrici cinesi datino un trentennio fu soltanto nel 1912 che, instaurato il governo repubblicano, lo Stato si interessò dell'industria elettrica. Incaricato della sorveglianza di questa fu il Ministero delle Comunicazioni, al quale fu anche data la veste di giudice nelle controversie fra Imprese elettriche e fra queste ed i loro clienti. Fu allora promulgata una prima legge che conteneva le norme per l'esecuzione degli impianti e degli elettrodotti. Il governo nazionalista nel 1927 vi apportò alcune modificazioni non sostanziali.

Nel 1928 fu creata la « Commissione nazionale per le costruzioni » che fra l'altro ebbe l'incarico di esaminare le questioni relative all'industria elettrica e di studiare l'impiego delle forze idrauliche. E nel 1930 fu promulgata la « legge sulle imprese elettriche ».

Secondo questa l'autorità suprema è divenuta la suddetta Commissione. Le autorità locali (provincie e comuni) devono soltanto secondarne l'azione.

La legge stabilisce il regime di concessione ventennale. Vi è un moderato controllo sui prezzi. Questi devono essere diminuiti quando l'utile distribuito superi il 25 % del capitale impiegato: ma quando questo discenda sotto l'interesse legale le tariffe possono essere aumentate. Esiste diritto di esproprio sul suolo pubblico, tanto per gli impianti che per le linee: sulle proprietà private tale diritto è limitato agli impianti, escluse le linee.

Questa legge forma parte di una serie di riforme atte a favorire in China lo sviluppo delle industrie, adottate dal Governo nel dopo-guerra.

La China è forse il paese del mondo dove l'industria elettrica è meno sviluppata: conseguenza delle abitudini frugali della gran massa della popolazione, dello stato primordiale in cui si trovano le industrie e delle vicende politiche degli ultimi anni. Alla fine del 1929 esistevano in China 724 impianti, dei quali 149 per uso proprio di stabilimenti industriali e 575 per vendita di energia, così suddivisi come pertinenza:

Appartenenti a ditte private	N.°	523
» ad Enti pubblici	»	17
» a stranieri	»	35

Fra gli stranieri sono principalmente interessati i giapponesi, gli inglesi ed i francesi. Come è noto alcuni porti cinesi sono sottoposti ad un regime internazionale, e le nazioni interessate vi hanno una propria amministrazione. Così a Tientsin esiste un'Amministrazione comunale inglese (British Municipal Council) che vi possiede un proprio impianto elettrico. Quanto al capitale investito negli impianti per distribuzione d'energia, la sola pubblicazione statistica ufficiale esistente (A statistical investigation of electric power plants in China) stabilisce per la fine del 1929 le cifre seguenti:

	(migliaia di lire italiane)
Impianti privati	525
» di Enti pubblici	159
» in mano a ditte straniere	1410
Totale investimenti	2094

Risorse naturali.

Sebbene il territorio della China sia per gran parte fisicamente disadatto alla creazione di centrali idrauliche, la immensa superficie ha un buon patrimonio assoluto di energia idrica, stimato in 20 milioni di cavalli dal Geological Survey, ma certamente superiore a tale cifra. Principalmente importanti sono le forze ricavabili dalle rapide del Yang-tse-Kiang e dai corsi d'acqua delle regioni alpestri del Sud-ovest. Quanto alla possibilità di utilizzarle in pratica, le grandi distanze e le misere condizioni economiche delle regioni che ne potrebbero profittare fanno ritenere che per ora la loro realizzazione resterà lettera morta.

La China possiede anche un buon patrimonio di combustibili fossili. Il Frech (Die Kohlenvorrate der Welt 1917) valuta a 995,6 miliardi di tonnellate i combustibili solidi, dei quali il 40 % antracitosi e il 60 % carboni poveri.

Alcune miniere che sono sfruttate da Società straniere hanno di recente subito importanti trasformazioni, con l'adozione di impianti moderni. Circa il 40 % del carbone è estratto da Società inglesi (Fushun Works, filiazione della South Manchuria Railway Co. e Kailan Works, della Chinese Engineering and Mining Co.). Si studia di utilizzare in luogo parte della produzione delle miniere dello Shan-si per produrre energia elettrica da trasportare in alcuni dei maggiori centri di consumo.

Altri giacimenti ignoti esisteranno certamente sopra così vasto territorio. Ma occorre sempre, quando si considera la ricchezza di paesi così sterminati, riferirsi all'unità di superficie per giudicarne l'importanza: e tener conto delle grandi distanze che spesso intercedono fra i luoghi ove le disponibilità si trovano e quelli ove ne sarebbe possibile l'utilizzazione.

Gli impianti esistenti e la produzione.

Le centrali esistenti sono per la maggior parte termiche, e queste ultime dei più svariati tipi e dimensioni. Vi sono grandi centrali moderne a vapore, impianti con Diesel e con motori a gas povero. L'utilizzazione delle forze idrauliche è infima: gli impianti che meritano menzione sono due o tre, il più importante (a 35 km. da Yunnan-fu) ha una potenza installata di 1600 cavalli. In complesso nel 1927 le potenze totali installate sommavano a 430 000 kW; nel 1929 erano quasi raddoppiate come dimostra il seguente specchio:

	kW
Impianti per distribuzione appartenenti a ditte private	206 138
Appartenenti ad Enti pubblici	47 840
Appartenenti a stranieri	273 262
Per uso proprio di opifici	308 126
Totale	835 366

Per le centrali destinate alla vendita d'energia si aveva quindi il 39 % della potenza in mano ai privati, il 9 % agli Enti pubblici e il 52 % agli stranieri.

I dati dei principali impianti chinesi, nel 1928, sono forniti dalla Tabella seguente:

L'impianto più importante è quello di Shanghai, costruito sulla Concessione internazionale con capitale americano (American and Foreign Power Co.). Nel 1917 produsse 78,5 milioni di kWh, divenuti, nel 1928, 458,4 milioni ed avendo poi superato nel 1930 i 600 milioni.

TABELLA I.

LE MAGGIORI CENTRALI ELETTRICHE DELLE CITTÀ CINESI

CITTÀ (1)	IMPRESA	Abitanti del territorio servito (in migliaia)	Utenti	Potenza del macchinario installato kW	Produzione annua in milioni di kWh	Tensione di distribuzione V
Canton (1924)	Kwang Tung Electric Supply Co., Ltd.	1 500	27 000	11 740	—	100/110 e 200/220
Fu-chow	Fu-chow Electric Co.	650	12 500	2 500	4	110 e 220
Hankow	Hankow Waterworks & Electric Light Co. Ltd.	—	15 540	12 300	14	220 e 440
»	Hankow Light and Power Co. (inglese)	—	—	—	—	220 e 440
»	Melchers & Co. (tedesca)	—	—	612	—	220 e 440
»	Taisho Electric Light Works (giapponese)	—	—	—	—	220 e 440
Shanghai	American & Foreign Power Co.	1 000	51 000 (2)	161 000 (2)	458	200 e 350
»	Chinese Electric Power Co.	—	—	11 200	—	
» (1928-29)	Cie. Française de Tramways et d'Eclairage Electriques	358,3	18 944	13 850 (2)	14	200/115
» Chapei (1927)	Chapei Electric & Water Works Co. Ltd.	350	9 500	25 000 (2)	26	200 e 350
Tsinanfu	Shantung Electric Light Co.	100	—	420	—	100 e 190
Tientsin	Brit. Municipal Council	40	3 124	7 500	8	220 e 380
» (1922-28)	Cie. des Tramways et d'Eclairage de Tientsin (belga)	600	9 500	8 400	—	220
»	S. A. de l'Energie Electrique (francese)	—	3 500	7 100	—	220
Peiping (Pechino) (1926)	Peking (Chinese) Electric Light & Power Co	—	—	8 990	—	220 e 440
»	The Peking Electric Co. Ltd.	—	—	600	—	220 e 440
Antung	South Manchuria Electric Co. (South Manchuria Railway Co.)	128	8 579	8 500 (2)	9 (3)	100 e 220
Tshangtshun	»	28	4 476	5 300 (2)	5 (3)	100 e 220
Dairen	»	250	28 636	28 750 (2)	35 (3)	100 e 220
Mukden	»	33,4	7 712	8 500 (4)	8 (5)	100 e 220
Mukden (1925)	Mukden Chinese Provincial Electricity Works	200	—	5 300	—	110 e 220 440

(1) I dati si riferiscono all'anno indicato a fianco e, in mancanza di indicazione, all'anno 1928.
(2) Dati in kVA.
(3) Valutazioni per il 1926.
(4) Di cui 7000 kVA della centrale di Fushun.
(5) Dati per il 1929.

Fonte: *E. T. Z.* del 6 marzo 1930.

Ad eccezione delle maggiori centrali, costruite e condotte da personale straniero, gli impianti sono assai primitivi e condotti in modo trascurato. Soltanto nelle grandi città il servizio è continuativo, in alcuni casi riducendosi perfino a solo due ore quotidiane. Molti impianti privati non hanno nemmeno interruttori: le oscillazioni di voltaggi sono enormi: si arriva a fare il servizio a 90 V su reti per 220 V.

Non si hanno notizie precise sulla produzione dell'energia; da calcoli indiretti si ritiene che nel 1928 sia stata di 2124 *milioni di kWh*, per la più parte consumati nei grandi centri dove vivono anche numerosi europei. Il solo impianto del Comune inglese di Tientsin produsse nel 1929 circa 7,5 milioni di kWh.

Trasmissione e distribuzione dell'energia.

Le grandi distanze esistenti in China fra i grandi centri e fra questi e le località dove esistono le disponibilità idrauliche ed i giacimenti di combustibili faranno sì che col tempo il paese si coprirà di una importante rete di linee ad altissima tensione.

Per ora gli impianti sono ancora tutti staccati, e ben poche sono le linee di trasporto, costituite da graduali estensioni di qualcuno degli impianti locali più importanti. Fra queste la più rimarchevole (a 44 kV) appartiene alla « South Manchuria El. Co. » (giapponese) ed è lunga 140 Km.: esistono altri tronchi a 23, 33 e 35 kV. Si sta studiando una rete di collegamento dei

principali centri, che dovrebbe essere alimentata tanto da centrali private che da centrali da costruirsi dallo Stato: essa si svolgerebbe nella zona a sud del Yang-tse-Kiang, comprendente Shanghai, Han-kow, Wu-sih, Nanchino, e altri centri importanti.

Oltre al clima ostacola la creazione di linee di considerevole lunghezza la presenza di vaste zone nelle quali la sorveglianza sarebbe difficile e dove certamente sarebbe impossibile impedire i vandalismi ed i furti.

Le tensioni di distribuzione dei principali impianti sono fornite dalla Tabella I.

Il consumo dell'energia.

Ad eccezione dei principali centri dove la presenza degli europei e degli americani ed il loro esempio ha stimolato anche i chinesi a servirsi dell'elettricità, la diffusione del suo impiego è ovunque assai scarsa.

Ho già detto quale specie di servizio si offra al pubblico in buona parte dei centri serviti. Del resto il pubblico non ha, anche in questo, che il governo che si merita: le Imprese distributrici devono per forza tenere alti i prezzi di vendita perchè nessuno paga. A Canton circa il 35 % degli incassi va così perduto: a Tsi-nan-fu ed a Pechino il 40 %. L'irregolarità del voltaggio e gli orari ridotti rendono quasi ovunque impossibile l'impiego di motori e di apparecchi di riscaldamento. Si aggiunga che spesso per ottenere la concessione bisogna regalare l'energia ai Comuni pei pubblici servizi e ad altri ancora: il furto d'energia poi sembra sia molto in uso. Il disordine del servizio rende inoltre elevate le perdite in rete.

Ne viene che finora la vendita d'energia è limitata agli impieghi di illuminazione, per ventilatori e per altre applicazioni modeste. Soltanto a Shanghai e in altri due o tre centri le caratteristiche della distribuzione sono simili alle nostre: ovunque però i diagrammi del carico sono pessimi come utilizzazione oraria.

L'industria a tipo europeo comincia a far progressi in China, e qualche stabilimento, dove il servizio è fatto con maggior regolarità, ha già cominciato a servirsi dell'energia elettrica come forza motrice. Vi sono anche, come abbiamo visto, numerosi stabilimenti con centrali autonome. Ma le condizioni sociali della China sono ancora lontane dal rendere conveniente, e perfino possibile, la meccanizzazione industriale. Basti dire che le operaie setaiuole lavorando sino ad undici ore e mezzo quotidiane si contentano d'una giornata inferiore a due lire italiane! Per molto tempo le applicazioni industriali si limiteranno quindi a quelle per le quali la lavorazione a mano sarebbe impossibile: come ad esempio per le fabbriche di cemento e la metallurgia.

A Shanghai nel 1927 il consumo di circa 400 milioni fu così approssimativamente ripartito:

	Milioni di kWh
Forza motrice e trazione	350
Illuminazione privata	40
» pubblica	3
Riscaldamento domestico	7

cifre che indicano una situazione simile a quella di molte città europee ed americane. Ma Shanghai è un centro di eccezione, e tale è anche il suo impianto, condotto con criterii americani a personale non chinese.

Si oppongono ad un forte sviluppo della trazione urbana, che pur potrebbe riescire redditizia, il carattere della popolazione e la strettezza e irregolarità delle strade: cosicchè anche questo genere d'impiego dell'energia vi è assai poco sviluppato, salvo che in pochi centri dove sono numerosi gli stranieri.

Nell'avvenire potranno forse svilupparsi alcune applicazioni agricole nelle regioni più vicine ai grandi centri: principalmente sollevamenti d'acqua per irrigazione.

Prezzi dell'energia.

Le tariffe per illuminazione erano nel 1930 le seguenti:

Canton	L. 1,90	per kWh
Wu-sih	» 1,57	» »
Chang-chow	» 1,71	» »
Shanghai	» 2,10	» »
Han-Kow	» 1,71	» »
Fu-chow	» 2,37	» »
Pechino	» 2,20	» »
Tientsin	» 1,90	» »

Ove si consideri il tenore di vita della popolazione chinese, si comprende come questi prezzi siano inaccessibili alla grande maggioranza. Le scarsissime quantità d'energia venduta per forza motrice, a prezzi intorno alla metà di quelli per luce, fanno sì che la media si avvicina assai a questi ultimi: cosicchè anche tenendo conto delle numerose cause di perdite di cui è cenno sopra, ne sorte ancora un incasso che permette alle Imprese di vivere, sebbene con utili assai modesti.

L'elettrificazione ferroviaria.

Nel programma del rinnovatore della China, Sun-Yat-Sen, figurava anche la costruzione di una grande rete ferroviaria e la completa elettrificazione delle ferrovie. Difficoltà evidenti hanno finora impedito che questa, come altre parti del programma, giungesse a maturazione. Soltanto la Società inglese che esercisce la « South Manchuria Railway » e le miniere di carbone di Fu-shun ha fin dal 1914 elettrificato 40 km. di linea impiegando corrente continua a 1200 V con linea aerea di contatto.

Finchè le condizioni politiche della China rimarranno come ora incerte, difficilmente si elettrificheranno altre linee.

Produzione e commercio di materiale elettrico.

Esistono in China fabbriche di materiale e macchinario elettrico, tutte in mano a stranieri (specialmente americani, inglesi e giapponesi). Esse producono principalmente materiale minuto, piccole macchine, trasformatori, motori e lampadine. Pel primo il mercato ha particolari esigenze di basso prezzo e di tipi: ad esempio, il pubblico non vuole lampade con attacco Edison a vite, preferendo quelle a baionetta. Ogni Società ha proprii regolamenti per gli impianti privati, assai diversi da luogo a luogo.

Il materiale impiegato è tuttavia assai diverso nei centri europeizzati e in quelli rimasti fuori dal contatto coll'occidente. Nei primi esso è il solito, di tipo americano o tedesco, negli altri esso è di prezzo infimo e di qualità corrispondente. I materiali migliori si importano principalmente dalla Germania, dalla Svizzera e dall'America. Pei conduttori isolati anche gli Inglesi entrano in concorrenza. Nonostante le cattive condizioni del mercato ferve una battaglia implacabile fra le principali nazioni esportatrici per la conquista della migliore clientela.

Il mercato migliore è Shanghai, ed è il più contrastato. È certo che l'avvenire, per una via o per un'altra, condurrà ad uno sviluppo molto importante dell'elettrificazione in China: ma è appunto la via che in questo sarà seguita che deciderà della contesa commerciale. Non è tuttavia azzardato credere che le maggiori probabilità sieno pei giapponesi e per gli anglosassoni.

Ad ogni modo il mercato chinese è attraente, e per la qualità del materiale richiesto potrebbe anche dar luogo ad esportazione italiana. L'Italia nel 1929 importò in China i materiali seguenti:

	(migliaia di lire)
Materiale elettrico diverso	1.550
Motori primi e loro parti	1.400
Macchinario per centrali	1.095

ossia un importo trascurabile. L'importazione totale fu infatti la seguente:

	(migliaia di lire)
Materiale elettrico diverso	82.800
Motori primi	21.300
Macchinario per centrali	15.700

Dalle quali cifre appare come sia ancora all'inizio la richiesta del mercato. Non va trascurata anche la circostanza che la propaganda contro la merce straniera è molto attiva e la conclusione di affari non facile a chi non conosca a fondo il carattere e i punti deboli dell'anima chinese.

Giappone

Caratteri dell'industria.

La rapidità con la quale il Giappone ha assimilato alcune forme della civiltà occidentale, e fra queste principalmente quelle attinenti alle scienze ed alle tecnologie, non ha precedenti nella storia mondiale: nè è qui il caso di rifarne la cronaca. Ho detto « alcune forme », perchè in effetto il popolo giapponese è ancora ben lontano dal vivere e dal pensare come noi. Una caratteristica di questa corsa al progresso è la libertà con la quale il giapponese, pur rimanendo in fondo tale, assorbe le novità della nostra tecnica e la rapidità con la quale le applica: fatto che ha talvolta condotto a curiosi anacronismi.

Lo sviluppo dell'industria giapponese, preso nel senso europeo, si è iniziata verso il 1890, quando l'industria elettrica in America e in Europa aveva già fatto più che le prime armi. Quell'intelligente popolo ci ha da allora seguiti passo passo giovandosi dell'esperienza europea ed americana e saltando a piè pari difficoltà che costarono a queste ansie, fatiche e miliardi: dimostrazione evidente che non sempre è vero che chi tardi arriva male alloggia.

Il contributo scientifico giapponese, sebbene privo di originalità e forse povero di genialità, fu tuttavia anch'esso importante negli ultimi trent'anni, ed ai tecnici giapponesi non va negato il loro merito.

Si è paragonato il Giappone all'Italia, come si è fatto anche per la Nuova Zelanda. Una lontana rassomiglianza fisica vi è, ma molto incompleta. Per ciò che riguarda la nostra industria interviene a creare una rimarchevole differenza la costituzione fisica: noi abitiamo una penisola ben legata al vecchio continente e compatta, il Giappone è spezzato in tre grandi isole ed in un arcipelago minore, isolato da ogni altra terra da larghissimi tratti di mare. Inoltre le differenze fra le diverse regioni, specialmente nelle caratteristiche che ci interessano, sono marcatissime sia dal punto di vista delle risorse utilizzabili che dall'economia e dal carattere delle popolazioni. Le città sono costrutte in modo affatto dissimile dalle nostre, ed hanno estensioni enormi al loro confronto.

Ne consegue che, pur avendo fatto tesoro della nostra esperienza, l'industria elettrica dovette svolgervisi in modo alquanto diverso.

I primi impianti sorsero, come quasi ovunque, sporadici e per iniziativa privata. Sebbene il Giappone or sono venticinque anni abbia nazionalizzato le ferrovie, solo di recente, e precisamente nel gennaio 1929, fu affacciata la proposta di creare un Ente statale che assumesse l'esercizio dell'industria elettrica, ora quasi interamente in mano ai privati. La proposta, studiata e concretata da una speciale Commissione ministeriale, non fu approvata dal Parlamento. Ciò non toglie che fra i partiti estremi non si continui una viva propaganda in tal senso, che però ha poca probabilità di successo. Nel giudicare ciò che avviene al Giappone bisogna non dimenticare che il fondo dell'anima popolare anche sotto la vernice occidentale è rimasta molto vicino a quello che era prima del 1870: e che la ricchezza e il controllo dell'industria sono ancora un privilegio delle vecchie caste, contro le quali non è tanto facile l'attacco.

Gli impianti sporadici sorsero dapprima numerosissimi: caratteristica particolare è poi il grande numero di stabilimenti che possiedono una centrale propria. Nel 1927 su 6408 stabilimenti soltanto 3644 acquistavano energia dalle Società elettriche, mentre di essi 1698 avevano proprie centrali idrauliche e 1066 termiche.

Le piccole imprese aventi per fine la vendita dell'energia vanno rapidamente sparendo, per dar luogo ad una progressiva concentrazione, fenomeno analogo a quello già in gran parte maturato da noi e presso altre nazioni.

Nonostante il basso costo della mano d'opera la costruzione degli impianti è risultata più cara che in Europa. Particolarmente care sono le reti di distribuzione per la grande estensione degli abitati. Ciò ha contribuito a creare nel Giappone considerevoli investimenti negli impianti: la « Tokyo El. Co. » è la Società finanziariamente più importante del mondo, avendo 3800 milioni di lire di capitale ed otto miliardi di lire di patrimonio.

Alla fine del 1928 esistevano 835 Società esercenti imprese elettriche. Alla fine del 1929 esse erano ridotte, per effetto della concentrazione, a 493 con un capitale azionario di 22 miliardi e mezzo di lire italiane: aggiungendovi le Società che hanno per fine la trazione tranviaria si arrivava sui 35 miliardi di lire. E l'industria delle costruzioni di materiale e macchinario elettrico aveva un capitale azionario di due miliardi e mezzo di lire italiane.

Il rapido incremento degli impianti e la conseguente considerevole richiesta annua di denaro ha reso necessario al Giappone di ricorrere ad ingenti prestiti sui mercati americani ed inglesi. Il patrimonio complessivo delle Imprese elettriche può essere valutato oggi sui 40 miliardi di lire italiane: supera quindi il nostro del 40 %. Oltre che alla maggior potenza installata contribuivano a formare tale differenza i maggiori costi delle distribuzioni ed altre circostanze locali.

Risorse naturali.

Il Giappone possiede risorse idrauliche e termiche.

Nel 1910 il Ministero delle Comunicazioni ordinò la compilazione di un catasto delle forze idrauliche, ripreso poi nel 1918. Esse furono per tal modo valutate a 4.800.000 kW calcolati sul deflusso di massima magra, e 10.500.000 kW per una tenuta di sei mesi. Le forze idrauliche giapponesi sono assai discontinue. Si sta tuttavia eseguendo lo studio dei serbatoi regolatori possibili, pei quali esistono rimarchevoli situazioni naturali.

I combustibili fossili non sono molto abbondanti, essendo stimati in 8 miliardi di tonnellate, mentre l'estrazione annua è di 30 milioni di tonnellate, dei quali circa 3 sono impiegati nelle centrali termiche.

La maggior parte di questi combustibili è costituita da carboni bituminosi di basso potere calorifico (5500 ÷ 6700 cal.).

Essi contengono grandi quantità di ceneri fusibili (fino al 30 %), e bruciano con lunga fiamma. Il loro prezzo sul mercato è poco diverso da quello del Cardiff a Genova, il che vuol dire che la caloria viene in Giappone a costare più che in Italia. Esistono anche antraciti (62 milioni tonn.) e ligniti (772 milioni tonn.).

Il petrolio si trova nel nord, e si è giunti a produrne 450 000 tonnellate per anno: ora se ne producono solo 300 000; mentre il consumo totale è di 1 200 000 tonn.

La quantità limitata e la qualità dei combustibili giapponesi escludono che essi possano costituire un elemento importante nella produzione dell'energia. Il Governo è convinto di tale fatto ed ha perciò cercato di favorire la produzione idrica.

Gli impianti idraulici. La prima centrale idroelettrica giapponese data dal 1891: da quell'epoca l'aumento ne è stato incessante.

Dal 1917 al 1928 le potenze installate aumentarono secondo le cifre indicate nella Tabella I.

Tabella I.

POTENZE INSTALLATE NEGLI IMPIANTI IDRAULICI DAL 1917 AL 1928.

ANNO	Potenza in kW del macchinario	
	in esercizio	in costruzione
1917	511 090	456 972
1918	597 124	589 011
1919	710 929	799 748
1920	825 387	1 000 104
1921	914 744	1 068 036
1922	1 070 060	1 064 971
1923	1 474 357	850 021
1924	1 813 508	1 021 963
1925	1 813 508	1 076 526
1926	1 965 970	1 426 611
1927	2 111 087	1 764 334
1928	2 299 000	?

Fonte: *World Power*, giugno 1929.

In queste cifre sono comprese tanto le centrali per vendita d'energia che quelle per uso proprio. Le prime rappresentano una piccola parte come numero, ma producono più dei due terzi del totale dell'energia. Negli ultimi anni le costruzioni di impianti idroelettrici continuarono intensamente.

Alla fine del 1927 erano state presentate a 47 prefetture 2875 domande di concessione per circa 13 milioni e mezzo di cavalli. Ne erano state accolte 1646 per 8 676 292 HP. Di queste 1036 erano state eseguite, con una potenza di 3 871 203 HP corrispondenti ai 2 111 087 kW dello specchio in ragione di circa 543 Watt di macchinario installato per HP concesso.

I corsi d'acqua sui quali è disponibile maggior quantità di energia sono il Shinano (850 000 HP), il Tenryu (680 000 HP), l'Akano (630 000 HP), il Jintzu, il Kurobe, il Yodo, il Mogami e il Sho. Le potenze indicate corrispondono al regime normale: dando alle potenze ottenibili sulla massima magra assoluta il valore 100, il massimo utilizzabile può essere rappresentato come media generale dal valore 220, il minimo normale da 213 e la media annua da 183.

Le Centrali idrauliche più importanti, tutte destinate a servizio di distribuzione d'energia sono date nella Tabella II.

Le potenze idrauliche complessivamente disponibili negli impianti per vendita di energia erano alla fine del 1928 le seguenti:

	(migliaia di kW)
Tokyo El. Light Co.	270
Ujigawa El. Co.	76
Daido El. Power Co.	147
Shinetsu El. Power Co.	57
Nippon El. Power Co.	113
Toho El. Power Co.	23
Altre minori	270
Totale	956

Numerosi allacciamenti fra le diverse reti facilitano gli scambi d'energia: le riserve termiche sono organizzate in modo da permettere il migliore sfruttamento delle risorse idrauliche.

Sono in progetto grandi serbatoi sui fiumi Yahagi e Kiso (Giappone centrale). Il primo darebbe luogo alla produzione di circa 61 000 cavalli; il secondo regolerebbe i deflussi di un bacino imbrifero di 9560 kmq fornendo 281 374 kW, dei quali 156 070 già ottenibili senza il serbatoio. Nel Giappone (escluse la Corea e l'isola di Formosa) esistono già 14 serbatoi con una capacità complessiva di 286 milioni di mc ed altri 14 per 395 milioni sono in corso d'istruttoria.

Fra gli impianti più recenti meritano cenno particolare quelli di Soyama, di Kanose e di Toyomi.

L'impianto di Soyama fa parte di un gruppo di centrali sul fiume Shogawa (della Showa Electric Co.), che a completo sviluppo avrà una potenza di 200.000 kW. L'impianto di Soyama è il secondo del gruppo ed è costituito da una diga di sbarramento in calcestruzzo, del tipo a gravità, dell'altezza di m 73,20, che crea un invaso di 33 milioni di mc. Il canale è costituito da una galleria in pressione lunga 500 m, del diametro di m 5,70, da un pozzo piezometrico di dimensioni rimarchevoli (32 m di altezza, 16 m di diametro, in cemento armato). Le tre condotte forzate misurano ciascuna 103 m di lunghezza e m 4,12 di diametro. A valle della diga principale, che è tracimante, esiste una contro-diga alta 25 m destinata ad assicurare la stabilità delle sponde. Sono installate tre unità (ad asse verticale), ciascuna di 27 000 HP. Il macchinario è americano. L'energia è utilizzata nel distretto industriale di Osaka.

Le Centrali di Kanose e di Toyomi (Toshin Electric Co.) utilizzano le acque dell'Aganogawa, che in parte sono naturalmente regolate dal lago Iwashiro e in parte provengono da una

Tabella II.

CENTRALI IDROELETTRICHE DI POTENZA SUPERIORE AI 30 000 kW ALLA FINE DEL 1928.

SOCIETÀ PROPRIETARIA	Centrale	Potenza in kW	Frequenza	Generatori kVA	Linee kV
Nippon Electric Power	Yanagawara	50 700	50 e 60	3×20.000	154
Kanto Hydro Electric Power	Saku	50 400	50	3×28 000	154
Nippon Electric Power	Kanidera	45 400	60	2×30 000	154
Daido Electric Power	Ohi	42 900	60	4×13 750	154
Daido Electric Power	Yomikaki	40 700	60	3×13 000	154
Toshin Electric	Aganogawa I	40 400	50	6× 9 400	154
Shinyetsu Electric Power	Nakatsugawa I	38 950	50	3×14 440	154
Tokyo Electric Light	Yatsuzawa	35 000	50	6× 7 700	66
Tokyo Electric Light	Inawashiro	37 500	50	6× 7 700	115
Ujigawa Electric	Uji	32 000	60	6× 7 500	55
Kinugawa Hydro-Electric Power	Shimotaki	31 200	25	5× 8 700	66
Azusagawa Electric Power	Kasumizawa	31 100	50	3×14 500	154

Fonte: *World Power*, giugno 1929.

regione a carattere alpino, con vasti ghiacciai. Anche queste due sono del tipo centrale-diga, con salti modesti e grandi portate. La prima utilizza un salto di 22 m su sei unità di 12 500 HP, ad asse verticale; la seconda un salto di 25 m su sei unità da 14 000 HP, pure verticali. La prima ha turbine svizzere ed alternatori americani: la seconda è montata interamente con macchinario giapponese. Servono la zona di Tokyo.

Le centrali termiche.

Ad eccezione dei distretti occidentali, poveri di forze idrauliche, e del distretto di Kyushu che possiede un importante giacimento di carbone, le centrali termiche giapponesi hanno per fine l'integrazione delle centrali idrauliche, che, come si è visto, per grandissima parte dispongono di portate assai discontinue.

La tabella III e la cartina danno un'idea dell'importanza delle centrali termiche nelle varie Regioni del Giappone.

Le centrali termiche si classificano, in ragione delle potenze installate, nel modo indicato nella Tabella IV.

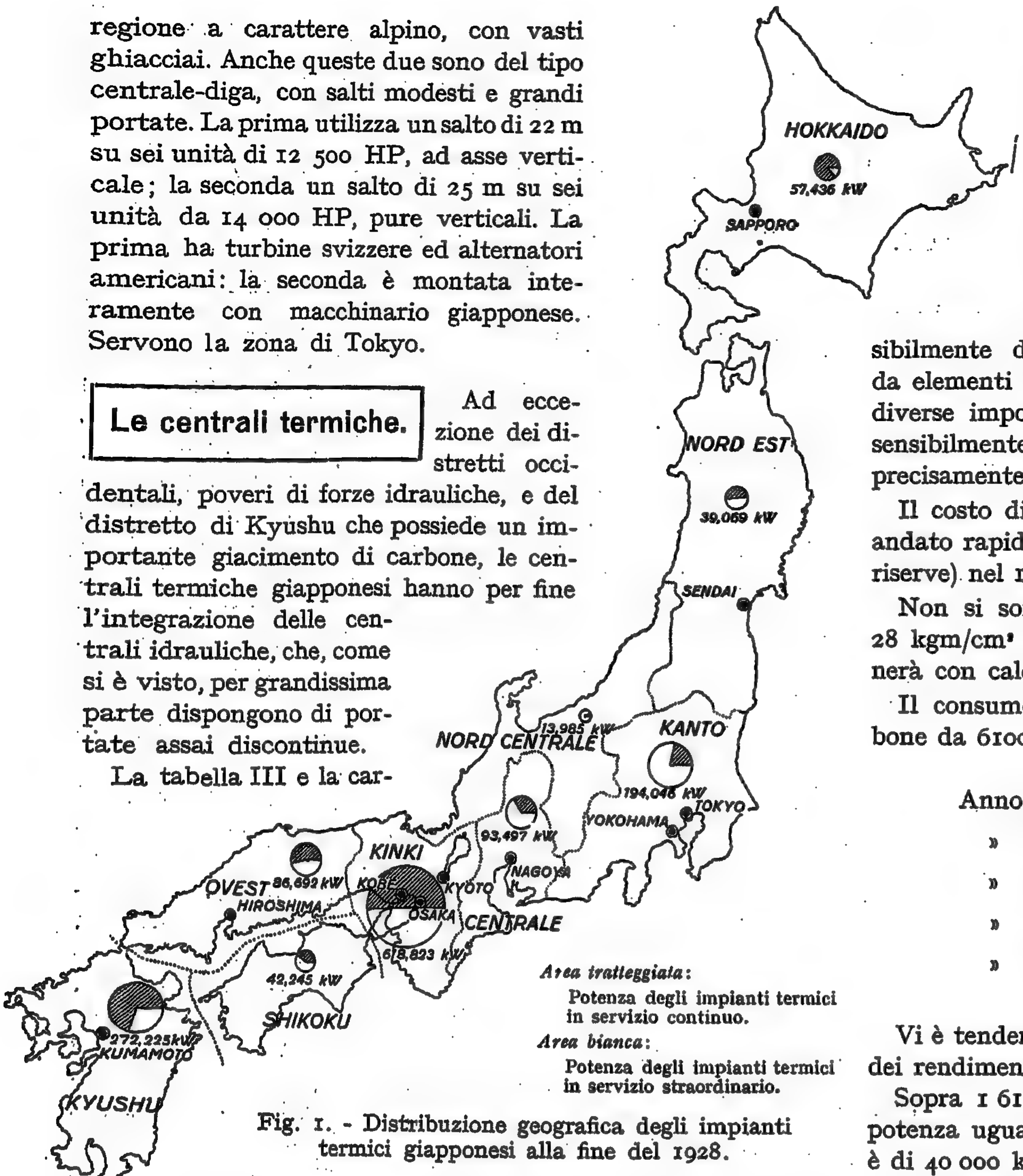


Fig. 1. - Distribuzione geografica degli impianti termici giapponesi alla fine del 1928.

Il 62 % circa della potenza totale è raggruppato nelle grandi centrali, e prevalentemente in quelle destinate alla vendita dell'energia.

Poichè le magre più forti si verificano nell'inverno, i mesi fra novembre e gennaio sono quelli nei quali le centrali lavorano in maggior numero e coi maggiori carichi. La punta massima complessiva nel 1927 raggiunse 681 000 kW, corrispondente al 76 % della potenza installata a quell'epoca. Naturalmente tale punta varia sensibilmente da un anno all'altro dipendendo principalmente da elementi stagionali. In questi ultimi anni la costruzione di diverse importanti centrali termiche moderne ha aumentato sensibilmente il margine di disponibilità della potenza termica, precisamente come in Italia.

Il costo di costruzione delle centrali termiche giapponesi è andato rapidamente scendendo da L. 1700 per kW (escluse le riserve) nel 1923 a L. 1180 per kW nel 1930.

Non si sono adottate pressioni e temperature superiori a 28 kgm/cm² e 400°: una sola centrale, in costruzione, funzionerà con caldaie a 46 kg/cm² e 460°.

Il consumo di combustibile fu in media il seguente (carbone da 6100 cal.):

Anno 1918	kg/kWh	2,100
» 1919	»	1,850
» 1923	»	1,700
» 1924	»	1,250
» 1928	»	1,030

Vi è tendenza ad economizzare sui costi di impianto a scapito dei rendimenti, data la bassa utilizzazione oraria delle centrali.

Sopra 1 613 040 kW installati, 495 000 sono con gruppi di potenza uguale o superiore a 20 000 kW: la più grossa unità è di 40 000 kW.

Le caldaie sono in gran parte (più di due terzi della superficie) del tipo Babcock e Wilcox. Il carbone polverizzato è poco in uso (5 % della superficie totale riscaldata), ma il suo impiego va estendendosi nelle grandi centrali nuove.

Esistono anche centrali con motori Diesel (42 000 kW nel 1930), ma per la maggior parte di piccolissima importanza. Date le speciali condizioni di alcune provincie si è trovato preferibile il Diesel in alcuni centri di poco consumo distanti dalle grandi reti, pei quali non sarebbe stato conveniente l'allacciamento. In centrali modeste (5000 kW) si è trovata conveniente l'adozione mista di Diesel e di turbine a vapore.

Le grandi unità delle centrali termiche vengono largamente impiegate anche pel rifasamento delle reti.

Sull'esempio dell'Italia, che con gli impianti di Larderello ha dato il primo esempio al mondo di utilizzazione del calore tellurico, sono avanzati gli studi per impianti consimili nel Giappone, sul territorio del quale non mancano occasioni analoghe, sebbene non identiche dal punto di vista geologico.

Tabella III.

POTENZA IN kW DEGLI IMPIANTI TERMICI SUDDIVISI PER REGIONE ALLA FINE DEL 1928.

Regioni	Ad uso generale e per trazione		Ad uso industriale		Totale	
	Servizio normale	Servizio straordinario	Servizio normale	Servizio straordinario	Servizio normale	Servizio straordinario
Kanto	6 655	146 952	34 675	5 764	41 330	152 716
Centrale	29 181	53 426	1 750	9 140	30 931	62 566
Kinki	250 756	278 531	62 378	27 158	313 134	305 689
Nord Centrale	755	12 830	400	—	1 155	12 830
Chugoku o Ovest	38 336	38 776	7 700	1 880	46 036	40 656
Nord Est...........	2 403	12 879	17 907	5 880	20 310	18 759
Shikoku	8 030	21 015	8 800	4 400	16 830	25 415
Kyushu	73 104	46 306	126 113	26.702	199 217	73 008
Hokkaido	6 301	5 770	43 045	2 320	49 346	8 090
Totale	415 520	616 485	302 768	83 244	718 289	699 729

Fonte: *Relazione N.* 116 della *W. P. C.* - Berlino, 1930, degli Ingg. Leitaro Goto e Kenji Kato.

TABELLA IV.

POTENZA E NUMERO DELLE CENTRALI TERMICHE RAGGRUPPATE IN BASE ALLA POTENZA INSTALLATA.

POTENZA INSTALLATA	Impianti ad uso generale e per trazione		Impianti ad uso industriale		Totale			
							Per cento	
	Totale kW	N°	Totale kW	N°	Totale kW	N°	kW	N°
Inferiore ai 1000 kW	17 400	134	19 943	82	37 343	216	2,62	52,29
1000 ÷ 9999 kW ..	216 855	68	287 069	93	503 924	161	35,42	38,99
Superiore ai 10 000 kW	797 750	31	84 000	5	881 750	36	61,96	8,72
TOTALE	1 032 005	233	391 012	180	1 423 017	413	100,—	100,—

Fonte: *World Power*, giugno 1929.

La produzione e il consumo dell'energia. La produzione di energia elettrica dal 1915 al 1928 delle centrali commerciali, compresa quella destinata alla trazione è precisata nella tabella V.

TABELLA V.

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA NEL GIAPPONE.

ANNI	Produzione in kWh	Incremento percentuale
1915	1 683 300 000	—
1916	2 059 900 000	22,0
1917	2 551 900 000	23,8
1918	3 004 300 000	17,7
1919	3 455 500 000	15,0
1920	—	—
1921	4 934 700 000	12,1
1922	5 137 900 000	18,1
1923	6 144 800 000	19,6
1924	7 330 700 000	19,3
1925	8 172 500 000	11.5
1926	9 312 600 000	14,0
1927	10 558 800 000	13,4
1928	12 036 000 000	14,0

Fonti: *World Power*, giugno 1929 – Circolare N. 28 del 15 dicembre 1930 dell'UNIPEDE.

La produzione termica non raggiunge il 12 % della complessiva sebbene la potenza termica installata rappresenti un terzo del totale.

Le utenze per illuminazione aumentarono dal 1917 al 1927 da 4 243 430 a 10 547 235, con una potenza complessiva (somma delle potenze contrattuali) salita da 173 000 kW a 736 169 kW. Nel 1927 si calcolava fossero installati quasi 33 milioni di lampade, in ragione di 269 lampade per 100 utenze e di quasi mille candele per 100 abitanti. Le sei città principali, che sono Tokyo, Osaka, Kyoto, Nagoya, Kobe, Yokohama avevano da sole più di sette milioni di lampade installate, quasi il 21 % del totale.

Pure alla fine del 1927 erano allacciati 281 000 motori con una potenza complessiva superiore al milione di cavalli. A questi erano da aggiungere altri 58 000 motori, con una potenza totale di un milione e un terzo di cavalli, alimentati da centrali private e di enti locali per pubblici servizi. L'aumento delle potenze allacciate, comprese le applicazioni domestiche e le industrie elettrochimiche, era salita a 3,2 volte rispetto al 1918.

La trasmissione dell'energia. I primi impianti di linee elettriche al Giappone datano dagli ultimi anni del secolo scorso. Nel 1900 si erano raggiunte tensioni di 11 kV e nel 1908 funzionavano le prime linee a 60 kV. I giapponesi furono fra i primi ad adottare le alte tensioni; già allo scoppio della guerra esisteva una linea (Inawashiro-Tokyo) lunga 226 km, alla tensione di 115 kV. Più tardi si crearono linee a 140 kV: oggi esistono più di 2200 km di linee a tensione superiore a 100 kV, con un massimo di 154 kV che probabilmente diventerà la tensione-tipo pei grandi trasporti, sebbene esista un progetto di grande rete nazionale a 220 kV.

Le reti di distribuzione urbane sono a 3300 V per l'alta, a 100 Volt per il servizio luce ed a 200 V pel servizio industriale.

Anche al Giappone, come in Italia, non è in uso una frequenza unica. La zona di Tokyo è servita a 50 periodi, quella industriale di Osaka a 60 periodi. Anche al Giappone come da noi il fatto non arreca disturbo, provvedendosi alle compensazioni marginali fra le varie zone mediante centrali montate con macchinario atto a funzionare ad entrambe le frequenze.

Tariffe e prezzi. È ancora in largo uso al Giappone la tariffa a forfait specialmente per illuminazione, pel qual servizio costituisce quasi la regola. Prezzi medi sono i seguenti: lampade da 10 candele, Lit. 6,80 al mese, da 16 candele Lit. 8,20 al mese, piccoli motori Lit. 82, per HP/mese. A contatore si vende in media l'energia a Lit. 1,80 per kWh se impiegata per luce ed a Lit. 0,69 per kWh per piccole forze, giungendosi sino a Lit. 0,27 per le grandi industrie. A Tokyo sono in uso tariffe scalari che vanno per la luce da Lit. 1,52 a Lit. 0,57, per la forza motrice da Lit. 0,57 a Lit. 0,27 e per cucina e riscaldamento da Lit. 0,38 a Lit. 0,48.

La trazione ferroviaria. Il Governo giapponese ha dedicato particolare cura all'elettrificazione ferroviaria, per le stesse ragioni nostre: la configurazione topografica dei due paesi e di conseguenza le loro reti ferroviarie presentano notevoli somiglianze.

Fino dal 1908 funziona a trazione elettrica parte della rete suburbana di Tokyo (circa 29 km a doppio binario), estesa nel 1909 e nel 1922, cosicchè oggi comprende circa 105 km, tutti a doppio binario. Altre linee elettrificate sono le seguenti a binario semplice:

Kumagya-Kagemori	57	km di linea
Yokogawa-Karnizawa	11	»
Yoshino-Yoshinoguchi	12	»

nonchè la Tokyo-Ofuna-Kozu-Atami-Yokozuka, che è la più importante, con 163 km di linea a doppio binario.

Altre importanti sono allo studio. Tutte funzionano a corrente continua, a 1200 o 1500 Volt, alimentazione aerea: solo la Yo

kogawa-Karnizawa, che è a dentiera, funziona con terza rotaia a 650 Volts.

Nel 1929 il consumo d'energia per la trazione ferroviaria raggiunse i 190 milioni di kWh.

Produzione e commercio di materiali e macchinari elettrici.

Le qualità particolari del popolo giapponese si sono presto manifestate nella produzione industriale: ed anche il ramo che ci interessa ha preso notevole sviluppo, incoraggiato fin dai primordi della guerra mondiale dalle necessità contingenti e dal protezionismo statale. Mentre nei primi tempi il macchinario veniva interamente importato dall'Europa e dagli Stati Uniti, oggi tale importazione è ridotta a casi eccezionali.

Meritano particolare menzione gli stabilimenti meccanici della « Dengyo-Sha » costruttrice di turbine idrauliche, specialmente di potenze elevate: la « Hitachi », la « Mitsubishi Denki » e la « Shibauri » costruiscono grande macchinario elettrico e la « Mitsubishi Josen » turbine a vapore. Numerose le ditte costruttrici di macchinario e materiale minuto. Tutte queste fabbriche lavorano più o meno all'unisono con altre Americane od Europee, sopratutto per l'impiego dei brevetti, dei disegni, oltre che per la finanza.

Sviluppata è pure la produzione di cavi e fili isolati, dei quali l'uso è larghissimo: le lampade si fabbricano pure su larga scala da una trentina di stabilimenti anche per l'esportazione. I prezzi di vendita sono assai bassi per la concorrenza e pel basso costo della mano d'opera.

Non va dimenticato che i Giapponesi aspirano a creare una vasta colonia di diretto dominio in Manciuria, e che questo paese è destinato a grande avvenire. Anche in Cina l'industria giapponese trova un promettente mercato, come in altre regioni più progredite dell'Asia. Le industrie giapponesi, giovani ed organizzate modernamente sulla base della divisione del lavoro e della specializzazione, hanno davanti un grande avvenire, se le crisi finanziarie non l'atrofizzeranno nel suo sviluppo. Ormai esse costruiscono di tutto, di recente anche locomotori per la trazione ferroviaria.

L'esportazione è ancora contenuta entro limiti modesti, ma indubbiamente si farà strada.

La protezione statale si svolge oltre che su disposizioni proibitive per l'importazione, con sussidi agli impianti costruiti con macchine ed apparecchi nazionali e con procedimenti che obbligano le Imprese ad installare larghe riserve termiche che in pratica devono venire affidate all'industria nazionale.

La produzione annuale di macchinario e apparecchi in questi ultimi anni ha superato i due miliardi e mezzo di lire: largamente sviluppata è l'industria degli isolatori, avendo il Giappone un'antica ed ottima tradizione nell'industria ceramica.

Questo protezionismo si è inasprito durante la crisi attuale: fino dall'anno scorso il Governo ha ordinato il bando alle forniture straniere, salvo per pochissimi articoli.

Nel 1929 l'importazione del materiale e macchinario elettrico era già in declino: alla testa erano gli Stati Uniti con circa 38 milioni di lire italiane, poi veniva la Germania con circa 14 milioni, l'Inghilterra con 11 milioni, la Svizzera con meno di 4 milioni, le altre nazioni con somme irrisorie, Italia compresa.

Nell'anno 1930 il movimento fu il seguente:

	Importazioni	*Esportazion*
	(in milioni di lire)	
Conduttori isolati (esclusi i telegrafici e telefonici)	2,750	38,—
Apparecchi di misura	5,800	—
Turbine a vapore	10,—	—
Turbine idrauliche	,340	—
Dinamo e motori	33,400	28 500
Trasformatori	0,330	—
Lampade elettriche	—	51,—

ING. ETTORE CESÀRI.

FATTI E TESTIMONIANZE

L'ENERGIA ELETTRICA IN ITALIA.

S. E. l'On. Araldo di Crollalanza, Ministro dei Lavori Pubblici, ha scritto per la Gazzetta del Popolo *un articolo, che merita d'essere riprodotto per l'autorità dello scrittore e per i giudizi che esprime:*

Nel Congresso delle Scienze, testè chiusosi a Milano, fra gli altri importanti argomenti trattati, ha avuto particolare risalto ed ampia discussione il problema della produzione e del consumo dell'energia elettrica.

Prescindendo dagli aspetti particolarmente scientifici ed economici che la discussione ha posto sul tappeto, e che certamente troveranno l'esame più attento da parte degli organi competenti, il Convegno di Milano ha avuto il merito di porre in risalto i progressi veramente superbi che l'industria elettrica ha raggiunto nell'ultimo decennio in Italia.

Tali progressi trovano poi la loro precisazione, con larghezza di informazioni e di dati statistici, in recenti pubblicazioni del Ministero dei Lavori Pubblici su «La produzione di energia elettrica in Italia nell'anno 1930» e su «Le dighe di ritenuta in Italia. Notizie generali e cenni sulle opere in corso al 1º aprile 1931».

Dall'esame della larga messe di notizie e di dati, che oggi si hanno a disposizione, si riesce ad ottenere un quadro quanto mai preciso ed organico, per valutare il rapido cammino percorso dal nostro Paese nello sviluppo, nel potenziamento e nel coordinamento dell'industria elettrica, e si trae, per il nostro domani, motivo di certezza di indipendenza economica, in uno dei settori più importanti e delicati della vita della Nazione.

Eseguendo poi un giro di visite, anche rapido, alle centrali idroelettriche ed alle dighe di ritenuta, che cincischiano la nostra salda corona alpina, con lo sfruttamento graduale ma organico dei ghiacciai e delle risorse idriche delle vallate; nonchè a quelle varie ed importanti dell'Appennino, della Calabria, della Sardegna; completando, infine, il giro con la visita alle grandi centrali termiche di riserva ed avendo cura, nello stesso tempo, di rendersi conto dello sviluppo raggiunto dalla rete degli elettrodotti che, come un grande sistema nervoso, disciplinano, da un capo all'altro del Paese, la distribuzione dell'energia elettrica, si ha l'orgoglio di vedere l'Italia, per arditezza di costruzione e per grandiosità di concezione, all'avanguardia, anche in questo campo di attività tecnica ed economica.

Gli impianti, infatti, dell'Orco dell'Azienda Elettrica Municipale di Torino — cito solo i più importanti: — quelli del Moncenisio e della Valtournanche della «Sip»; del Toggia e dello Spluga della Edison; di Roasco, Grossotto e Fraele dell'Azienda Elettrica Municipale di Milano; di Cogolo, del Careser e di Mezzocorona della Società Tridentina; di Temù, di Sonico e di Cedegolo della Società dell'Adamello; di Vobarno della Elettrica Bresciana; del Ponale del Consorzio Rovereto-Riva; di Cardano della Società Idroelettrica dell'Isarco; dei Laghi di S. Croce della Società Adriatica; del Pescara e dei laghi Silani della Meridionale di Elettricità; del Tirso in Sardegna; ed in fine le grandi centrali termiche di riserva della Edison e dell'Adriatica a Genova ed a Porto Marghera sono testimonianze eloquenti e superbe di un vero nostro primato, per ingegnosità di costruzione, per potenza di installazioni, per modernità di impianti — quasi tutti costruiti in Italia — nel campo dell'industria elettrica.

È da notare che alla larghezza di vedute costruttive e di razionale sfruttamento delle risorse idriche delle Società industriali, ha fatto, in questi ultimi anni, degno riscontro la volontà di potenziamento e di modernizzazione degli impianti, da parte delle grandi aziende municipalizzate, come quelle di Milano e di Torino e dei Comuni di Rovereto e Riva.

Dalla piccola centrale di S. Redegonda a Milano, che nel 1882 rappresentava per altro il primo servizio di distribuzione in Europa dell'energia ai privati, dagli impianti del 1892 a 5000 V di Tivoli, che in quell'epoca si caratterizzavano per arditezza, ai salti di 1000 metri di alcune odierne centrali alpine, al grande invaso di mc 400 000 000 del lago artificiale del Tirso, agli elettrodotti di 220 000 V della «Sip», alla centrale termica di Concenter della Edison, quanto cammino ascensionale ha percorso il nostro Paese nel campo dell'industria elettrica !....

Il ritmo di tale attività ha raggiunto nell'ultimo decennio uno sviluppo veramente grandioso, contribuendo — nello stesso tempo — al razionale sfruttamento di quelle risorse idriche, di cui è largamente fornito il nostro Paese; risorse che se disciplinate e valorizzate si trasformano in progresso industriale, in ricchezza agricola, in miglioramento della bilancia commerciale; se lasciate invece allo stato naturale costituiscono rovina per la montagna e spesso minaccia per le campagne sottostanti.

È merito delle Società produttrici e delle grandi Aziende municipalizzate, è merito dei nostri tecnici, se oggi l'industria elettrica, che assorbe già circa 25 miliardi di investimenti, prevalentemente attinti al risparmio nazionale, può considerarsi una delle più potenti espressioni della nostra vita economica.

Al primo aprile del corrente anno i cavalli nominali prodotti in Italia risultavano 3 273 000 divisi in 780 grandi impianti e cav. 250 000 in piccoli impianti, con un totale di cav. 3 523 000.

Nel 1930 la produzione totale degli impianti, considerati dalle statistiche ufficiali dell'UNFIEL, fu di 10 miliardi di kWh in cifra tonda, di cui 9,88 prodotti dalle centrali idroelettriche. Tenuto conto però della parte sfuggita alla statistica si può ritenere, con molta attendibilità, che la produzione effettiva si avvicinò agli 11 miliardi di kWh.

La produzione idroelettrica, che rappresenta la quasi totalità della produzione italiana, nel 1930, di fronte all'anno precedente, ha presentato un incremento solo del 4,1 %. La modestia di tale incremento è da ricercarsi nella crisi economica che ha colpito tutto il mondo.

L'incremento della potenza installata, che tende ad aumentare più rapidamente della potenza concessa e di quella media utilizzata, fu del 10,9 %.

A tutt'oggi risultano in costruzione altri impianti idroelettrici per cav. 1 784 657 capaci di produrre altri 5 miliardi di kWh annui.

I cavalli già concessi sono 6 milioni e 200 mila.

Sempre al primo aprile di questo anno risultavano ultimate 102 dighe nell'Italia Settentrionale, 34 in quella Centrale e 19 nella Meridionale; complessivamente 155 dighe, di cui 70 di grandi dimensioni, per un totale d'invaso di circa un miliardo e 300 milioni di mc, nonchè 33 in costruzione per circa altri 400 milioni di metri cubi da invasare.

Gli impianti termoelettrici concessi o in corso di istruttoria ammontavano a complessivi kW 272 242.

Le linee elettriche autorizzate sono 1650 per circa 34 mila km.

Per lo sviluppo dell'industria elettrica in Italia, tenuto conto degli alti interessi nazionali che ad essa si ricollegano, lo Stato ha contribuito notevolmente nella costruzione degli impianti.

In base agli impegni già assunti, l'annualità totale di sovvenzione attualmente in pagamento a carico del bilancio dei LL. PP. per serbatoi, impianti idroelettrici o termoelettrici e linee elettriche ammonta alla notevole cifra di lire 92 000 000.

Queste notizie e questi dati statistici sono di una eloquenza che ci dispensa da ulteriori illustrazioni.

Per conchiudere diremo che l'Italia oggi, con il potenziamento dell'industria idroelettrica, mentre ha accelerato il processo di utilizzazione delle proprie ricchezze idriche, agevolando la razionale disciplina idraulica; mentre ha ridotto le crescenti esigenze di importazione di carbone, con notevole vantaggio della nostra bilancia commerciale, ha — nello stesso tempo — assicurato l'indipendenza di funzionamento dei propri servizi pubblici, per ogni evenienza della vita della Nazione.

ARALDO DI CROLLALANZA.

DIRITTO E GIURISPRUDENZA

Fornitura di energia elettrica - Consumo minimo garantito - Validità della clausola di preventiva liquidazione del danno.

MASSIMA

È valida ed efficace la clausola contenuta in un contratto per fornitura di energia elettrica, in forza della quale l'utente, avendo garantito un consumo minimo della energia da fornirsi, si obbliga, per il caso di risoluzione del contratto per di lui colpa, a corrispondere alla ditta fornitrice le ulteriori rate scadende sino ad esaurimento del contratto, a titolo di risarcimento del danno (1).

Corte d'Appello di Milano, 1° maggio 1931. Pres. Fabani. Est. Cianciola, in causa CAPPELLETTI (Avv. Pirovano) c. Soc. LOMBARDA ENERGIA ELETTRICA (Avv. Alberti).

DIRITTO

La Società attrice è scesa in giudizio contro il Cappelletti facendo valere il contratto per forniture elettriche con lui stipulato il 4 dicembre 1928 per la durata di un anno, e tacitamente rinnovato per il 1930 a seguito di mancata tempestiva disdetta; ed ha domandato il pagamento di L. 10.619,50 rappresentate per le prime L. 3054 dalle tre rate scadute e non pagate per i mesi di febbraio, marzo e aprile 1930 e per le residuali L. 7.374 dall'importo delle rate successive dal maggio al dicembre 1930 a titolo di danni.

Il Cappelletti, che svolge la sua difesa per la prima volta in questo grado di appello, nulla oppone in ordine alle prime L. 3.054 ed ammette di averne usufruito; nè contesta nemmeno l'ammontare, che del resto corrisponde alle pattuizioni intervenute e che è pure comprovato dalle scritturazioni dei libri di commercio della società attrice, regolarmente tenuti a sensi di legge, giusta attestazione che nell'estratto prodotto in giudizio ne fa il notaio Vitali.

Il Cappelletti invece nega di dovere somma alcuna per le forniture successive, dal maggio al dicembre 1930, inquantochè avendo egli cessato dall'esercire lo stabilimento di tessitura in Cardano al Campo, cui l'energia elettrica era destinata, non ebbe in nessun modo ad usufruirne in quei mesi, e sostiene in linea principale che il caso di forza maggiore che lo costrinse a chiudere lo stabilimento debba operare a di lui favore esonerandolo dall'adempimento dell'obbligazione che aveva contratto, e correlativamente eccepisce sotto altro aspetto che la Società Lombarda non possa domandare il pagamento di una fornitura che non ha eseguito, e che pertanto la domanda attrice manchi di una giusta causale.

Osserva però la Corte che in primo luogo il Cappelletti non ha provato nè chiesto di provare che la chiusura dello stabilimento fu dovuta ad un caso di *vis major*, ed è troppo poco parlare in genere della crisi economica che imperversa per poterne dedurre che essa sia stata l'unica decisiva ragione per la quale il Cappelletti dovè cessare dall'esercire la sua industria, perchè possono, come è ovvio, essere entrati in gioco altri elementi che, imputabili all'industriale (quali ad esempio la sua incapacità tecnica o quanto meno la impreparazione ad esercire lo stabilimento), debbano valere ad escludere il *casus* perchè rientrerebbero nella cerchia di quelli che, essendo determinati da colpa, non valgono, come è risaputo, ad esonerare l'obbligato.

Comunque, e per quanto attiene più specificatamente alla eccezione di mancanza di giusta causale, le argomentazioni che l'appellante ha sollevato su tal punto, escono completamente fuori dal quadro della causa, perchè la società attrice non chiede le lire 7.574 quale corrispettivo dell'energia che non ha fornito, ma le domanda a titolo di danni, appoggiandosi ad una esplicita pattuizione intervenuta fra le parti. Recita difatti il n. 5 delle condizioni generali di detto contratto che: « il canone mensile minimo pattuito resterà invariato anche se l'utente dovesse comunque o per qualsiasi ragione usare un quantitativo di energia inferiore a quello acquistato o non potesse per eventuali prescrizioni dell'autorità, che limitassero la durata del lavoro in certe industrie, o per qualsiasi altra ragione, indipendente dal fatto proprio, usufruire potenza per tutto il tempo per il quale la Società Lombarda si è obbligata a tenerla a disposizione dell'utente ».

Siffatta clausola aderisce alle reali necessità di un tale genere di industria. Le società o ditte che distribuiscono l'energia elettrica devono sapere, quanto meno di anno in anno, quanta forza andranno a collocare presso i diversi utenti, per potere proporzionare la produzione o l'acquisto che esse ne facciano da altra centrale; ed il collocamento deve essere effettivo, perchè altrimenti, se gli utenti di volta in volta durante l'anno cessassero dal consumare l'energia e volessero svincolarsi dal contratto di abbonamento, alle società rimarrebbe una parte di forza, che difficilmente entro l'anno potrebbero collocare presso altri.

Inoltre nel costo dell'energia elettrica i coefficienti maggiori sono rappresentati dalle quote di ammortizzamento ed interessi dei forti capitali che debbono essere impiegati in relazione ai bisogni dell'industria, che richiede macchinari ed impianti costosissimi, nonchè dalle spese di esercizio assai ingenti, data la necessità di una mano d'opera specializzata. Questi sono oneri fissi che gravano sui bilanci di tali società in una misura maggiore di ogni altra azienda industriale; e l'utente che durante l'anno voglia interrompere la fornitura, è giusto ed equo che debba concorrere per la sua parte nella rifusione di tali spese per il periodo ulteriore del suo abbonamento, perchè la società ha attrezzato i suoi impianti e la sua rete di distribuzione in modo da produrre e distribuire anche quel tanto di energia cui l'utente si era abbonato, nè può durante l'anno ridurre proporzionalmente i propri impianti e le proprie spese. Come è ovvio che il beneficio che le società ricavano in questi casi per la mancata utilizzazione dell'energia da parte di un utente è del tutto minimo (nella specie il Cappelletti era abbonato a soli 7 chilowatt), mentre permangono in tutta la loro rilevante entità le spese fisse, di cui le società non avrebbero come coprirsi se non potessero più vantare alcuna ragione creditoria verso l'utente.

Pertanto, come altre volte questa Corte ha riconosciuto, non può seriamente contestarsi la validità della su riferita clausola di contratto. Non può essere negato alle parti di pattuire che l'utente è obbligato ad indennizzare la società nel caso che interrompa durante l'anno il consumo dell'energia, o che goda in una misura minore del *minimum* garantito; e non può essere negato nemmeno di liquidare in anticipo il *quantum* dell'indennizzo, facendolo coincidere con la precisa somma che l'utente avrebbe dovuto pagare in caso di consumo. E l'obbligazione che in questi sensi si è assunto il Cappelletti non può ritenersi senza causa, perchè i rilievi innanzi fatti stanno a provare che la Società Lombarda in concreto riporterebbe dei danni, se mese per mese non avesse a percepire la quota di abbonamento.

Nè in causa si fa d'altro questione, perchè ad esempio il Cappelletti non deduce nemmeno che la società attrice abbia potuto utilizzare l'energia da lui non consumata, collocandola presso terzi, sotto il quale profilo si sarebbe potuto ascrivere alla Lombarda un indebito arricchimento, e contestare così la domanda di pagamento; e non deduce poi che sia stata la società fornitrice a toglierli la possibilità di usufruire dell'energia, tagliando i fili della corrente (ciò che del resto essa avrebbe potuto pur sempre fare in base al patto 10 ed alla morosità del cliente protrattasi per oltre 15 giorni) perchè lo stesso Cappelletti ammette di avere troncato il suo esercizio e chiuso il suo stabilimento prima che la Lombarda gli interrompesse la fornitura.

Conseguentemente, dovendo i contratti legalmente formati aver valore di legge fra i contraenti (art. 1123) è la legge del contratto, che in niun altro modo viene impugnata, quella che deve avere impero nella proposta questione. Ad essa deve sottostare il Cappelletti che liberamente l'ha voluta ed accettata, e le sue postume denegazioni debbono essere disattese dalla Corte, la quale non può attendere, per decidere la eccezione della nullità della clausola, se non ai motivi strettamente giuridici, quali sono stati innanzi richiamati.

NOTA

(1) Si veda la nota in calce alla sentenza 17-29 luglio 1931 della Corte d'Appello di Torino, pubblicata più avanti, in questo stesso fascicolo.

Fornitura di energia elettrica - Fallimento dell'utente in corso di contratto - Risoluzione della fornitura - Risarcibilità dei danni relativi.

MASSIMA

Il contratto di fornitura di energia elettrica, che venga risolto a richiesta del curatore in seguito al fallimento dell'utente, dà alla ditta fornitrice il diritto di ottenere dalla massa il risarcimento dei danni, in moneta fallimentare; e ciò in special modo quando tale risarcimento sia previsto da un patto espresso contrattuale (1).

Corte d'Appello di Torino, 20 marzo 1931. Pres. Casoli P. P., Est. Garoglio, in causa Soc. An. Piemonte Centrale Elettricità (Avv. Cattaneo) c. Fall. Cecchetti (Avv. Allora).

Diritto

(*Omissis*).

La società appellante si duole che il Tribunale le abbia negato il diritto di proporre il suo credito pel risarcimento del danno derivante dalla anticipata risoluzione dei contratti, non tenendo conto del preciso patto della clausola 22 di ciascuna polizza, che dispone testualmente:

« Qualora l'utente per qualsiasi motivo, non escluso quello del fallimento, addivenisse alla liquidazione e conseguente chiusura definitiva del suo stabilimento o dei locali suddetti, potrà risolvere la convenzione anche prima della sua scadenza contrattuale dandone tre mesi di preavviso a mezzo di lettera raccomandata, restando frattanto direttamente responsabile verso la società, sia del pagamento dell'energia, noli e tasse arretrati, sia di qualunque danno che venisse arrecato alle condutture ed agli apparecchi di proprietà della società stessa.

« Oltre a ciò, per la risoluzione anticipata del contratto, egli dovrà pagare alla società, con il canone dell'ultimo mese, una indennità uguale al 25% dei canoni che avrebbe dovuto pagare fino alla scadenza dell'abbonamento ».

La sentenza del Tribunale ritenne di non poter tener calcolo di tale clausola, perchè « la dichiarazione di fallimento, per quanto riflette i diritti di obbligazione, pone il terzo contraente direttamente di fronte alla massa dei creditori, giacchè il fallito, se non è un incapace, non può però disporre di obbligazioni che si ripercuotono sul suo patrimonio; è il curatore quale rappresentante dei creditori, arbitro di continuare nel contratto o di pretenderne lo scioglimento. Se il curatore si appiglia a questa seconda soluzione, il terzo contraente non può pretendere alcun indennizzo giacchè la limitazione all'esecuzione ulteriore del contratto è conseguenza diretta di quello stato di fallimento del quale egli non può respingere gli effetti ».

Il fallimento, conchiude il Tribunale, non può essere fonte di danno risarcibile alla massa, essendo già un mezzo per garantire tutti i creditori in eguale misura ed è manifesto che questa uguaglianza sarebbe lesa se un creditore potesse invocare il fallimento come un titolo per aumentare il suo credito.

La Corte in merito alla dibattuta questione ritiene che gli argomenti addotti dalla società appellante, sorretti da autorevoli scrittori e sentenze, siano più conformi a giustizia, e allo spirito della legge fallimentare in assenza di una specifica disposizione in materia.

Si tratta nella specie della risoluzione di un contratto bilaterale a prestazioni continuative nel quale con espressa clausola convenzionale si sono regolate, anche pel caso di fallimento, le conseguenze della risoluzione della convenzione prima della sua scadenza contrattuale. Unico dunque è il contratto nonostante la modalità delle prestazioni successive, colla conseguenza che le obbligazioni da esso derivanti fossero impegnative pel debitore del canone fino al totale adempimento.

Lo stato di fallimento che ha per iscopo la liquidazione dell'azienda, e non di regola la sua prosecuzione, fa sì che la massa, e per essa il curatore che agisce nel suo interesse, non sia tenuto e non possa essere costretto all'esecuzione dei contratti stipulati dal fallito.

Ma la facoltà accordata al curatore di sottrarsi alla esecuzione specifica dell'obbligazione validamente contratta non può giustificare anche lo esonero dal risarcimento del danno.

Il diritto alla rifusione, osserva la cassazione torinese (sent. 16 luglio 1920, Rizzi c. Ponzoni in *Mon. Trib.* 1921, p. 106), è acquisito sin dal momento della stipulazione del contratto, pel caso che l'obbligazione non sia esattamente adempiuta; nè il fallimento è compreso nei modi con cui si estinguono le obbligazioni. Il danno dovrà bensì essere risarcito in misura di fallimento, ma la massa non può trarre profitto dal nuovo stato di cose, e rigettare da sè quella che è la naturale conseguenza dell'inadempienza col pretesto che, essendo il risarcimento del danno l'equipollente della prestazione, non possa essere tenuta a darlo come non può essere tenuta all'esecuzione effettiva del contratto.

Lo stesso curatore riconosce che il fallimento non è equiparabile alla solutio reale ed effettiva dell'obbligazione; che il fallito non cessa personalmente di essere vincolato; che l'obbligatorietà del contratto può ancora manifestarsi in seguito allorchè torni ad avere beni disponibili.

Ma di fronte alla massa, egli dice, produce innegabilmente l'effetto di sciogliere i vincoli contratti dal fallito e liberare il curatore dell'obbligo di continuarne gli impegni.

E sia pure. Ma la facoltà di scelta riservata al curatore non gli dà certamente il diritto di modificare l'essenza dei contratti medesimi regolarmente intervenuti, e perfezionati, e di danneggiare così un creditore a vantaggio degli altri creditori.

La clausola che prevede e regola il risarcimento del danno in caso di anticipata risoluzione del contratto è legittima perchè in piena armonia colle norme degli articoli 1165, 1218, 1225 c.c., e deve quindi essere rispettata dal curatore.

Questi obbietta che è indispensabile per la retta interpretazione della tesi distinguere i danni già verificatisi per inesecuzione del contratto bilaterale anteriormente alla dichiarazione di fallimento da quelli successivi e che i primi soltanto nel caso di concorso fallimentare debbono essere risarciti.

Invoca al riguardo l'autorità del Bonelli, e di recenti sentenze della Corte Suprema (28 aprile 1928, Fall. Bosi c. Martini e Rossi, *Foro it.*, 1928, I, 583, 17 dic. 1928 Fall. Altieri c. Comune di Mottola, *Sett. Cass.*, 1929, 106, 107), che escluderebbero l'ammissibilità d'un credito concorsuale per danni da inadempimento di un rapporto bilaterale, ove detto credito non sia nato anteriormente all'apertura del concorso.

Ma la clausola che regola la anticipata risoluzione del contratto è appunto il presupposto giuridico che fa sorgere il diritto di credito dei danni contemporaneamente alla formazione del rapporto obbligatorio cui accede, per quanto l'esercizio di questo diritto sia subordinato all'avverarsi di una condizione risolutiva del rapporto (« per qualsiasi motivo, non escluso il fallimento » dicono le polizze), i cui effetti però retroagiscono al momento iniziale in cui il rapporto si è formato e cioè anteriormente all'apertura del fallimento.

Perciò se il contratto di fornitura di energia a prestazioni periodiche e continuate in esame fu risolto per la parte residua dall'atto d'opzione del curatore che non preferì continuare l'esercizio dell'officina, *ipso jure* si è realizzata con effetto retroattivo la ragione creditoria già virtualmente esistente prima dello stato di fallimento, e come equipollente contrattuale della residua prestazione insoluta ne prende il posto nel concorso fallimentare, per essere soddisfatta sia pure in moneta di fallimento al pari di ogni altro credito chirografario.

Non si può dubitare (commenta il Ramella ricordato dall'appellante) della validità della clausola che in caso di fallimento dà diritto alla parte adempiente di ripetere un certo indennizzo; diretta non già a derogare alle imperative disposizioni in materia, chè allora offenderebbe l'ordine pubblico, ma a considerare la circostanza del fallimento quale una condizione risolutiva all'effetto che ne segua la cessazione d'ogni rapporto giuridico; nè, per quanto l'effetto a tale causa si verifichi all'istante in cui il fallito viene spossessato del suo patrimonio, si rende applicabile la sanzione degli articoli 707 e segg., perchè la clausola è contenuta nel contratto stesso stipulato quando il commerciante era in *bonis*, libero quindi di trattare come meglio reputava.

Conclude l'attore, che se in applicazione delle norme di diritto comune si ritenne la massa fallimentare tenuta al risarcimento dei danni per la risoluzione anticipata di contratti bilaterali a prestazioni continuate in dipendenza del fallimento data l'indole commutativa di tali contratti, la quale esige

che essi conservino la loro forza obbligatoria e le azioni di risarcimento che ne pigliano il posto per entrambi i contraenti, a maggior ragione ciò deve avvenire quando una specifica clausola abbia contemplato e regolato l'anticipata risoluzione del contratto anche in caso di fallimento.

Ritiene quindi la corte che si deva accogliere la tesi propugnata dalla appellante, in armonia colle norme del diritto comune; coll'insegnamento di autorevole dottrina e giurisprudenza e riformare in tal senso la sentenza del Tribunale.

P. Q. M., ecc.

NOTA

(1) Si veda la nota in calce alla sentenza della Corte Torinese, pubblicata in seguito a questa.

Fornitura di energia elettrica - Patto del minimo consumo garantito - Fallimento dell'utente - Inefficacia del patto.

MASSIMA

La clausola contenuta in un contratto di fornitura di energia elettrica, per la quale l'utente si obbliga a corrispondere un canone minimo annuo anche mancando in tutto o in parte il consumo, presuppone, per la sua applicabilità, la somministrazione della energia.

Cessa quindi di avere effetto ove la somministrazione sia venuta meno per l'intervenuto fallimento dell'utente.

La massa fallimentare non è tenuta a riconoscere il credito del fornitore per i canoni futuri contrattualmente previsti; nè tale credito può ammettersi a titolo di risarcimento di danni per la risoluzione della fornitura, causata dal fallimento, in quanto la inadempienza successiva al fallimento stesso non può produrre conseguenze giuridiche per la massa (1).

Appello Torino, Sezione III, 17-29 luglio 1931. Pres. Burzio, Est. Fontana, in causa Soc. An. Ovesticino (Avv.ti Curti e Albini) c. Fallimento Piccinini (Avv. Varese).

DIRITTO

(*Omissis*).

B) La questione principale della causa origina dalla richiesta della somma di L. 212.258,20 in base agli articoli 6 e 7 del contratto impegnativo per anni 9 dal 1° luglio 1922.

Scrive in proposito l'appellante:

« La Società appellante ha pure proposto al passivo del fallimento anche il suo credito derivante dall'impegno contrattuale per il quale l'Utente del grosso stabilimento di raffineria di riso Piccinini, chiedendo nel giugno 1922 la fornitura dell'energia elettrica a lui necessaria, si obbligava a corrispondere alla Società che per sua parte si assumeva l'impegno della fornitura per nove anni consecutivi, il canone minimo fisso di 50 HP, diventati poi per accordo di HP 70, per l'aumentato consumo normale, al prezzo di L. 550 per HP., quand'anche non si utilizzasse in tutto od in parte. Trattasi (soggiunge l'appellante) di un minimo fisso per tutta la durata del contratto affinchè la Società potesse mettersi in grado di consegnare l'energia voluta e contrattata; stabilito da tutte le società produttrici di energia elettrica per rendere possibili le gravi spese degli impianti di produzione. » (Per poco sembra che l'impianto debba essere fatto per lo stabilimento Piccinini). Segue a dire l'appellante: « Se il Piccinini nel 1925 ha mancato alla sua obbligazione rendendosi dissestato e inadempiente, la conseguente dichiarazione del suo fallimento non costituisce nè caso fortuito nè forza maggiore perchè è dipesa dal di lui fatto quanto meno commercialmente colposo. Di conseguenza egli e per lui la massa fallimentare risponde del danno prodotto che nel contratto è stato previsto e concretato in una somma determinata ».

Osserva la Corte che non appare fondata la tesi dell'appellante pur dovendosi riconoscere che uno dei motivi addotti dal Tribunale per respingere la domanda, quello relativo alla indeterminatezza del preteso minimo, non è esatto in linea di fatto non ostante che la base minima di HP 50 sia stata consensualmente (così almeno afferma l'appellante) portata successivamente ad HP 70 su cui l'appellante ha calcolato la somma richiesta e pur prescindendo dai motivi di ordine generico accennati dal Tribunale circa la illegalità della clausola, in quanto qui trattasi di vedere se la Società possa accampare la pretesa *de quo* in caso di fallimento sui beni ormai separati e nei confronti della massa, al quale proposito vuolsi subito notare che la clausola in esame non costituisce neppure una clausola contrattuale penale come meglio si dirà.

Non è il caso quindi di indugiarsi sull'esame della ipotesi del curatore che anche qualora esistesse in impugnata ipotesi il patto penitenziale, questo non avrebbe alcun valore come mancante di causa, come sproporzionato nel rapporto tra causa ed effetto, come essenzialmente leonino ed urtante contro l'equità, al quale riguardo solo non è inopportuno notare che il montare del minimo fissato e che si vorrebbe doversi pagare a vuoto e senza controprestazione supera ben anco le liquidazioni effettive dei prezzi in base al consumo effettivo e che la fornitura di energia elettrica si effettua in regime di monopolio naturale su accordi generalmente prestabiliti fra le Società in base a contratto tipo e con previsto adeguamento comune dei prezzi, pur in corso di contratto.

Lo stato fallimentare impedisce che si possa comunque tener conto ai fini patrimoniali di effetti giuridici continuativi quando non siano debiti della massa o che possano considerarsi sopravviventi diritti in atto, dacchè il fallimento è istituto di natura pubblicistica, in cui secondo la più ricevuta dottrina predomina il carattere di esecuzione forzata collettiva, onde si chiude la attività dell'azienda *hinc et nunc*.

E così si spiegano le disposizioni dell'art. 701 e 702 codice di commercio.

Principi generali ormai pacifici invero in oggetta materia sono; la prevalenza sul diritto comune del diritto fallimentare di natura pubblicistica che si ispira al rispetto della *par condictio creditorum*: la inapplicabilità dei principi che regolano la colpa contrattuale all'inadempimento per generica insolvenza del fallito: la impossibilità di adempiere all'obbligazione, in cui è posto dalla dichiarazione di fallimento il debitore che viene spossessato dei suoi beni di cui non ha più la disponibilità. Anche rispetto al fallito è ipotizzabile il fallimento immune da colpa, ipotesi che la legge prevede, come ad es. nell'art. 819 Cod. di Comm., 9 legge sul contratto d'impiego privato. Fu autorevolmente osservato trattando delle conseguenze dell'inadempimento per effetto del fallimento nei contratti bilaterali anche continuativi, che diversamente vanno considerate dette conseguenze in rapporto al fallimento ed in rapporto alla massa.

La inadempienza successiva al fallimento (e non c'è ragione di distinguere tra contratti continuativi e non continuativi) non dà diritto al contraente col fallito di ottenere dalla massa il risarcimento dei danni (app. Milano 19 luglio 1917, Ferraro c. Fallimento La Fornitrice industriale, Cass. Torino 8 maggio 1911 pag. 713). La stessa Corte d'Appello di Milano con sentenza 14 marzo 1930 ebbe a ritenere che « il sopravvenuto fallimento in quanto porta cessazione della esecuzione del contratto continuativo (nella specie somministrazione di energia elettrica) non dà diritto alla contro-parte adempiente al risarcimento dei danni.

Lo stesso appellante ammette che il creditore può insinuarsi nel passivo del fallimento solo pei danni sorti precedentemente all'apertura della procedura concorsuale e limita a tale ipotesi di fatto il diritto del creditore, e il curatore non contesta per tale caso il diritto di insinuazione.

Ma, ammettendo anche nella specie il danno preteso e che si pretende sia già sorto e maturato prima del fallimento, esso dovrebbe essere provato, al qual riguardo si presenta inidoneo il capo di prova dedotto dalla Società, perchè le ragioni determinative di un contratto lasciano impregiudicata la sorte giuridica di questo nella procedura concorsuale, così come nel caso di fallimento di una Società utente (l'appellante però produce direttamente energia elettrica) rispetto alle più grandi Società Fornitrici. Comunque l'appellante anche se dimostrasse la circostanza dedotta nel detto capitolo, non avrebbe mai dato la prova di avere subito un danno in qualsivoglia delle sue due forme di danno emergente e lucro cessante. Chè per raggiungere tale prova, l'appellante dovrebbe provare che tutta l'energia elettrica che essa si era impegnata di fornire per tutta la parte ineseguita del noto contratto allo stabilimento Piccinini era già stata prodotta al momento del sopravvenuto fallimento dell'Utente Piccinini e che tutta tale energia andò dispersa o quanto meno dovrebbe provare che non fu possibile ad essa Ovesticino, nel periodo di tempo dall'ottobre 1925 al luglio 1931 (parte ineseguita del contratto) di smerciare ad altri utenti quella energia che essa avrebbe dovuto fornire, in detto periodo di tempo, allo stabilimento Piccinini, dovrebbe provare che, non ostante il fallimento Piccinini, seguitò a produrre energia a vuoto, notando che l'energia elettrica è oggetto di produzione continuativa.

Ad ogni modo il danno nella forma di lucro cessante nella ipotesi in questione si verifica, come mancato introito, successivamente al fallimento, e basterebbe questa considerazione per non far luogo alla ammissione del credito *de quo*. Il credito dell'ultimo trimestre 1925 ammesso dal Tribunale e già scaduto, non rappresenta, come si disse, quota alcuna di danni.

Veramente la Società Ovesticino si fa a sostenere che il

diritto suo sorge ad ogni modo dal tenore della clausola che conferisce ad essa un diritto contrattuale certo e maturato (così dice) e quindi acquisito, il che è in contraddizione con la prova dedotta per provare l'*an* ed il *quantum* in ordine al danno. Anzitutto non sembra possibile nei confronti della massa prescindere dalla dimostrazione della effettività del danno nei sensi sopra esposti. Come già si è osservato qui non ricorre l'ipotesi di una clausola contrattuale penale o penitenziale che possa costituire titolo autonomo a far valere la pretesa di danni quasi transatti in antecedenza; il che sarebbe incompatibile se si pensi che per un esercizio di un mese, la Società potrebbe pretendere anche un milione a titolo di penale, a prescindere dalla speciale causa della inadempienza, nella specie.

Nella specie poi non vi fu esercizio provvisorio e continuazione dell'attività dell'azienda, chè la appellante, di fronte alla inadempienza della società Piccinini, succeduta al Piccinini stipulante, ben tosto procedette al taglio dei fili adduttori dell'energia in base all'art. 12 del contratto ove tale sanzione è prevista ed autorizzata in termini, aggiungendosi (è vero) genericamente in detto articolo « salva ogni altra sua azione e ragione » ma senza espresso richiamo dell'art. 6. Mancò quindi al curatore la alternativa possibilità di giovarsi del contratto.

Senonchè il vero si è che il contratto nella sua lettera e nel suo spirito prevede e presuppone la ipotesi di una continuità di esecuzione. Il senso logico ed onesto del contratto è che il minimo che può eventualmente costituire un sovraprezzo, si paghi in quanto si consumi l'energia. Presupposto è il consumo effettivo. Dire se ed in quanto l'utente consuma, egli paga il corrispettivo formato com'è detto negli articoli 6 e 7 del contratto: in altri termini paga in via di corrispettivo e di controprestazione sul presupposto che la prestazione dell'altra parte si effettui, chè altrimenti la controprestazione non sarebbe più tale; cioè sarebbe assolutamente *sine causa*. E che così sia lo si induce dal tenore dell'art. 6 ove la fissazione di un canone minimo si giustifica in quanto di ciò (si dice) si è tenuto debito conto nella pattuizione del prezzo.

Evidentemente s'intende e vuolsi giustificare il pattuito minimo come coperto e bilanciato dalla prestazione effettiva della energia elettrica. Inoltre è da osservare che se all'art. 15 è fissa la durata del contratto a nove anni, l'articolo stabilisce sì il minimo da pagarsi in corso di esecuzione e quindi in relazione alla somministrazione della energia, ma nè esso nè altro articolo dispongono che in caso di cessazione del contratto tale minimo debba pagarsi continuamente sino al termine del contratto stesso anche se non ha luogo la somministrazione di forza elettrica.

Dunque non sussiste una clausola nel senso preteso. Nella specie come si disse, il Tribunale ammise il credito del 4º trimestre 1925 a titolo di danni, ed in parte qua la Società accettò la sentenza.

Concludendo, la società appellante conformemente alle sue richieste è abbondantemente soddisfatta in via di corrispettivo per tutta la fornitura effettivamente eseguita. Il fallimento ha impedito la prosecuzione della fornitura; per il che vien meno ogni base giuridica alla pretesa che ciò non ostante permanga il diritto nella Società di fronte alla massa di ripetere tutto il montare di una somministrazione di forza elettrica in base a convenzionali HP 70 calcolata per sei anni, somministrazione non effettuata ne effettuabile, perchè presumibilmente la somministrazione, ove fosse continuato l'esercizio, sarebbe stata sempre minore.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) La Corte Torinese, con questa sentenza, innova radicalmente la sua precedente giurisprudenza.

Il riconoscimento della validità della clausola di minimo consumo nei contratti per fornitura di energia elettrica, era ormai quasi generalmente ammesso dei nostri Tribunali e dalle nostre Corti; ed in ispecie dalla Corte Torinese, la quale non solo aveva riconosciuto, anche nei confronti dell'utente fallito, il credito derivante da tale pattuizione, ma aveva sempre sancito (si veda la sentenza 26 giugno-12 luglio 1929, in questa Rivista, gennaio 1930, pag. 48) anche il diritto al risarcimento dei danni a carico della massa per la risoluzione del contratto di fornitura derivata dal fallimento.

La questione fu più volte trattata su questa Rivista, commentando varii giudicati in tal senso.

Si veda da ultimo la nota alla sentenza 20-27 marzo 1931 della Corte Bolognese (nel fascicolo di maggio, pag. 432) e la nota alla sentenza 14 febbraio-4 marzo 1931 del Tribunale di Genova (nel fascicolo di aprile, pag. 340), nonchè le sentenze e relative note ivi richiamate.

Tale principio del resto è riconosciuto in una pur recente sentenza 20 marzo 1931 della stessa Corte Torinese, pubblicata più sopra in questo stesso fascicolo. Si veda pure, in proposito, sempre in questo fascicolo, la sentenza 1º maggio 1931 della Corte d'Appello di Milano.

Che il fallimento non risolva di per sè i contratti di fornitura a tratto continuativo, solo sospendendone la esecuzione, ma lasciandone immutata la giuridica efficacia, fu su queste colonne sostenuto e dimostrato più volte, nelle note cui si è più sopra rimandato il lettore.

E conseguentemente va prevalendo nella patria giurisprudenza il concetto che la obbligazione per il pagamento di un minimo indipendente dal consumo, assunta dall'utente in epoca non sospetta, costituisca obbligazione che, per essere già esistente nel patrimonio del debitore all'atto del fallimento, è opponibile anche verso la massa, e da questa esigibile, per quanto, al pari di ogni altro credito, in moneta fallimentare.

La Corte Torinese ha creduto di prospettare la questione sotto un altro aspetto. Non solo cioè ha ritenuto che il fallimento abbia efficacia risolutiva dei contratti in corso(contro la tesi prevalente) ma si è anche preoccupata di interpretare nella lettera e nello spirito la clausola del contratto, affermando che detta clausola presuppone per la sua applicabilità la continuazione della fornitura.

Senonchè nelle stesse premesse di fatto della sentenza si rileva che il patto in discussione riguardava l'obbligo di un pagamento della fornitura, « quand'anche non si utilizzasse *in tutto* o in parte ».

La mancata utilizzazione *in tutto* significa appunto la sospensione della fornitura; per il che il patto appare stipulato non già subordinatamente alla continuazione della fornitura ma proprio in vista ed in previsione del caso di sua sospensione.

Il criterio adottato dalla sentenza annotata potrebbe apparire giustificato qualora si trattasse di sospensione di fornitura derivante da fatto del fornitore o da mutuo consenso; ma il patto esaminato nel caso concreto, parlando di mancata *utilizzazione* presuppone una sospensione derivata dal fatto dell'utente, dalla inadempienza sua.

Ed un simile patto, anche quando lo si consideri come clausola penale, come predeterminazione del danno in caso di inadempienza dell'utente, non può certo dirsi senza causa. La causa si ravviserà non più nel corrispettivo della energia fornita, bensì nell'inadempimento dell'obbligo di ritiro della energia già acquistata e non utilizzata.

Non vi può quindi essere dubbio che tale patto sarebbe valido e vincolativo (come fu sempre ritenuto) nei confronti dell'utente.

Per negargli validità nei confronti della massa falllimentare non può quindi bastare l'esame e la interpretazione del patto in sè; è necessario ritornare alla solita distinzione fra gli obblighi del fallito e gli obblighi della massa.

Ed a questo proposito (pur rimandando alle ampie trattazioni che della questione già furon fatte su queste colonne) non è inopportuno un altro rilievo. La Corte Torinese ha negato il credito verso la massa, asserendo trattarsi di credito sorto dopo il fallimento.

Pare a noi invece che la obbligazione relativa, assunta dal fallito prima della sua decozione, preesista al fallimento, anche se sia il fallimento a renderla esigibile. Gli obblighi assunti dal fallito, anche se non ancora scaduti al momento del fallimento, esistono pur tuttavia nel suo patrimonio, assunto dalla massa; ed i crediti relativi sono anche a questa opponibili. Si veda, in proposito, la ricordata sentenza della Corte Torinese, che precede quella annotata.

AVV. A. PATRUCCO.

Fornitura di energia elettrica - Soprapprezzo per l'energia prodotta termicamente - Collegio arbitrale - Competenza.

MASSIMA

Il Collegio arbitrale di cui ai Decreti Legge 22 luglio 1923, n. 1633 e 4 marzo 1926, n. 681, per la fissazione dei prezzi della energia elettrica, costituisce una vera e propria giurisdizione speciale; conseguentemente il detto collegio ha veste a giudicare anche della propria competenza e delle questioni pregiudiziali circa la proponibilità delle domande ad esso sottoposte.

E ciò non soltanto in tema di revisione dei prezzi nei contratti per fornitura di energia elettrica, ma anche in tema di imposizione del soprapprezzo per la energia prodotta termicamente, trattandosi di materia sottoposta, al pari della precedente, alla detta giurisdizione speciale.

Corte d'Appello di Milano, 17 marzo 1931. Pres. Pezzini, Est. Bonicelli in causa Società Italiana Edison di Elettricità (Avv. Maino) c. Garbagliati e altri (Avv. A. Patellani).

Diritto

I) La Cassazione con tre sentenze tutte a Sezioni riunite (17 novembre 1927, Soc. Elettrica di Parma contro Soc. Cartiere del Maglio, in *Giurispr. Ital.*, 1928, I, 1, 13; 22 novembre 1928, Soc. La Volsca contro Soc. Laziale di Elettricità, in *Foro Ital.*, 1929, 1, 239: 27 luglio 1929, Comune di Tivoli e Consorzii utenti contro Società Elettrica e Gas di Roma, in *Foro Ital.*, 1929, 1, 805) ebbe a ritenere che i collegi arbitrali di cui ai R. D. L. 22 luglio 1923, n. 1633 e 4 marzo 1926, n. 681 costituiscono una giurisdizione speciale; la quale ha competenza piena ed assoluta di giudicare non solo sulle questioni che le parti siano concordi nel ritenere rientranti nella competenza di essi Collegi arbitrali, ma ancora sulla questione d'indole pregiudiziale sollevata da una delle parti, la quale si sia fatta a preliminarmente eccepire l'incompetenza del Collegio arbitrale a giudicare della vertenza che l'altra parte intenda sottoporgli.

Per avere perciò la Cassazione riconosciuto nel Collegio arbitrale di cui ai succitati decreti la podestà legittima di pronunziarsi, come un giudice normale ordinario, anche intorno alla propria competenza, di giudicare cioè anche ed anzitutto se la vertenza, che una parte intenda sottoporgli e l'altra no, rientri oppur no nella sfera della propria competenza, di giudicare non solo sul *quantum* ma ancora sull'*an debeatur*, la soluzione della presente causa si sostanzia nell'indagine se tale insegnamento della Cassazione torni pur qui invocabile.

Lo ha negato la Società Edison sostenendo che la Cassazione:

1) ebbe bensì a dare la surriferita interpretazione ai summenzionati decreti, ma però solo nel tema della revisione del prezzo dell'energia elettrica, e non anche nell'altro, che forma obbietto della presente causa, del sovraprezzo per l'energia elettrica generata per via termica;

2) che il carattere di giurisdizione speciale con conseguente amplissima, esclusiva competenza dei summenzionati collegi arbitrali a giudicare anche della propria competenza, dell'*an debeatur*, oltrechè del *quantum debeatur*, è stato affermato dalla Corte Suprema, non in via di logica astratta, bensì in base all'esame concreto delle norme di diritto positivo sulla costituzione e sul compito di detti Collegi arbitrali.

S'affretta la Corte a riconoscere la piena perfetta esattezza di tali due osservazioni, ma pur non dissimulandosi la gravità e l'importanza della, per quanto ne consta, nuova questione sottopostale, pensa dopo matura riflessione che l'insegnamento della Cassazione possa e debba venir trasportato anche sul tema che ne occupa, cioè nel tema del sovraprezzo per l'energia elettrica termica.

E ciò per ricorrere tanto la *eadem legis ratio*, quanto la *eadem legis dispositio*.

II) Al proposito necessita osservare che dopo la fine della guerra il legislatore intervenne in favore dei distributori e venditori di energia elettrica con un duplice ordine di provvedimenti.

Il primo, anche in ordine di tempo, consistette nell'autorizzazione loro data (decreto luogotenenziale 27 febbraio 1919 n. 250, art. 1) di «esigere dagli utenti fino a tre mesi dopo la pace» per l'energia termica «un compenso supplementare o sovraprezzo» e ciò quale «indennizzo del maggior costo del combustibile in confronto del costo base» di L. 0,12 comprensivo del maggior onere a carico del distributore (art. 2).

Il secondo ordine — di indole più generale e vasta — di provprevimenti consistette (R. D. 31 ottobre 1919 n. 2264) nell'autorizzazione data ai distributori e venditori di energia elettrica «di aumentare il prezzo della fornitura dell'energia comunque prodotta nella misura del 25 % dell'importo globale delle bollette o fatture (tassa esclusa) che fossero state fissate «in base a tariffe o prezzi non superiori a quelli corrispondentemente applicati per le stesse forniture o per forniture analoghe prima del 24 maggio 1915»: ed a tale uopo venne fatta ai venditori e distributori d'energia elettrica la facoltà di richieder «la revisione dei prezzi contrattuali» in corso (art. 6).

Sia nel primo decreto 27 febbraio 1919 sia nel secondo decreto 31 ottobre 1919 venne stabilito che sorgendo controversie tra utenti e distributori le medesime dovevano essere giudicate da commissioni, ma però diversamente costituite: chè anzi il secondo decreto 31 ottobre 1919 tanto contempla a parte e tenne distinta (art. 12 che prorogò il termine fino al 31 dicembre 1920) l'autorizzazione ad esigere un compenso supplementare e sovraprezzo per l'energia termica, dall'autorizzazione a chiedere in genere la revisione dei prezzi contrattuali onde poter procedere al loro aumento, da avere tenuto ancora in vista la diversa procedura stabilita dal decreto 27 febbraio 1929 in caso di controversie.

Le cose però mutarono profondamente col decreto 22 luglio 1923, n. 1633.

Anch'esso infatti ebbe a contemplare a parte ed a tenere distinte l'autorizzazione in via generale data ai distributori e venditori di energia elettrica di chiedere la revisione dei prezzi, onde poter procedere al loro aumento, da quella loro data in via specifica e particolare di esigere «un compenso supplementare o sovraprezzo» per l'energia termica; ma però tanto per le divergenze che potevano insorgere per la prima autorizzazione quanto per quelle che potevano insorgere per la seconda ebbe ad adottare la stessa identica procedura demandando la risoluzione di entrambe le controversie ad un unico, anzi allo stesso Collegio arbitrale.

Ed altrettanto fece il successivo decreto 4 marzo 1926, n. 681.

III) In presenza di tale constatazione non sembra alla Corte possibile fare distinzione tra questioni e questioni, a seconda che esse siano insorte in conseguenza della prima autorizzazione piuttosto che della seconda; distinguere tra competenza e competenza del Collegio arbitrale, per riconoscerla ad esempio piena, assoluta, esclusiva (comprensiva anche della potestà di giudicare sul rientrare o meno una determinata questione nella sfera della sua giurisdizione) quando il Collegio arbitrale sia chiamato a giudicare della richiesta di aumento o revisione del prezzo dell'energia in base a cause di indole generale, e per negarla invece quando esso trovisi chiamato a giudicare della richiesta dell'applicazione d'un sovraprezzo per la causa specifica dell'essere stata l'energia elettrica prodotta termicamente.

Per poter introdurre tale distinzione, per poter fare una tale differenziazione tra giudizi che intuitivamente attengono e si rivolgono (qualunque poi sia il nome loro dato, revisione di prezzo piuttosto che compenso supplementare o sovraprezzo) in un aumento di prezzo, pare alla Corte chè sarebbe necessario — la materia essendo sempre identica ed identiche pure le ragioni che indussero il legislatore a preferire alla magistratura ordinaria un Collegio arbitrale — di trovarsi in presenza di eguale distinzione nella legge tra giudizio e giudizio, tra collegio e collegio arbitrale.

Ma tale del resto irrazionale (per trattarsi in entrambi i casi di questioni di indole eminentemente tecnica) distinzione, se venne mantenuta fino al decreto 22 luglio 1923, non lo fu affatto sia in esso che nei decreti successivi.

Tanto vero che essi ebbero anzi cura di sottoporre tutte le questioni insorgende dalla richiesta da parte dei venditori e distributori di energia elettrica di aumento dei prezzi alla stessa identica procedura, allo stesso identico Collegio arbitrale, qualunque poi fosse la ragione dai venditori e distributori addotta a giustificazione del chiesto aumento.

Perfettamente esatto poi che la Cassazione nelle succitate sentenze, per ritenere che il Collegio arbitrale di cui ai summenzionati decreti 22 luglio 1923 e 4 marzo 1926 costituisce una giurisdizione speciale avente competenza piena, assoluta ed esclusiva, ebbe a fondarsi anche sull'art. 7 del decreto 4 marzo 1926; che tale articolo fa meglio d'ogni altro palese avere il legislatore voluto deferire al Collegio arbitrale la risoluzione oltrechè delle questioni di revisione del prezzo anche di quella pregiudiziale di sua rivedibilità; ma pare alla Corte non meno esatto che nell'art. 11 del decreto 4 marzo 1926 trovasi pure sempre quanto è necessario e sufficiente per dovere ritenere che non diversa è stata l'intenzione del legislatore per quello che si riferisce alla questione dell'aumento del prezzo chiesto dai venditori e distributori di energia elettrica a titolo di compenso supplementare o sovraprezzo per essere stata la medesima generata in via termica.

Invero in tale art. 11 trovasi esplicitamente richiamato oltre l'art. 5 il precedente art. 2.

Ma questo articolo che prevede le tre ipotesi:

a) che l'interessato non risponda nel termine indicato;
b) che risponda negativamente;
c) che pure aderendo alla domanda non si addivenga all'accordo entro un mese dalla data della richiesta;

venne dalla Cassazione nella prima delle citate sentenze interpretato nel senso che quando si verifica una di tali ipotesi (nel caso nostro la seconda, pur presa in esame dalla Cassazione) è al Collegio arbitrale deferita la *potestas judicandi* sulla legittimità o meno del rifiuto, onde la conseguenza che il Collegio arbitrale è competente altresì a decidere la questione « se il contratto sia tra quelli » cui tornino applicabili i decreti in materia.

Che se nell'art. 11 non trovasi anche fatto esplicito richiamo al suddetto art. 7 non è men vero che al medesimo concetto esso trovasi però pur sempre informato, come è reso manifesto dai seguenti suoi alinea secondo e terzo.

« In difetto di accordo è deferito al Ministro, sentita la terza sezione del Consiglio Superiore dei lavori pubblici, od ai Collegi arbitrali, a seconda dei casi, il pronunziarsi, sia sulla questione se l'aumento (cioè il « sovraprezzo per il maggior costo del combustibile » alinea primo) sia da autorizzarsi avuto riguardo alla epoca, alle modalità ed alla natura del contratto, sia ancora sulla misura dell'aumento stesso.

« Nella risoluzione delle dette ultime questioni si terrà conto specialmente oltrechè dei criteri di massima stabiliti nell'art. 6, della necessità di produzione dell'energia per via termica, delle cause che l'hanno determinata e della possibilità di migliorare gli impianti a questo fine usati. In ogni modo per la determinazione del sovraprezzo non si potrà computare una quantità di combustibile che ecceda quello normalmente consumato in centrali analoghe recentemente costruite ed esercite secondo i più moderni criteri della tecnica ».

Alinea che, ad avviso della Corte, non solo

a) depongono che quella dell'art. 7 non costituendo una disposizione di indole specifica peculiare ai giudizi riflettenti l'aumento dei prezzi facultizzato col decreto iniziale 31 ottobre 1919, va perciò stesso ritenuta applicabile anche all'aumento dei prezzi denominato « compenso supplementare o sovra prezzo » facultizzato col decreto iniziale 27 febbraio 1919, ma ancora;

b) testimoniano come le questioni cui può dare luogo la richiesta di un aumento di prezzo per l'energia elettrica generata termicamente richiedano per la loro soluzione forse ancora maggior dovizia di quelle cognizioni tecniche sulle quali la Cassazione ravvisò altra ragione per ritenere costituire il Collegio arbitrale di cui al decreto 4 marzo 1926 una « giurisdizione speciale ».

IV) Ma dal valoroso patrono della società Edison s'è obbiettato ancora:

Altro è l'aumento del prezzo, chiamato compenso supplementare o sovraprezzo, pel titolo specifico, particolare della produzione termica dell'energia elettrica autorizzato dal decreto 27 febbraio 1919 e successivi fino al decreto 4 marzo 1926, e l'aumento del prezzo, chiamato « richiesta di una revisione » per cause d'indole più vasta e generale autorizzato dal decreto 31 ottobre 1919 e successivi fino al decreto 4 marzo 1926, ed altra cosa è la soppressione del compenso supplementare o sovraprezzo portato dal R. D. L. 26 gennaio 1928, n. 386 convertito in legge il 22 novembre 1928, n. 2773.

« La situazione è completamente rovesciata rispetto al decreto 26 gennaio 1928. Esso non accorda una facoltà ma la sopprime a fare tempo da una data precisa. Inoltre la questione dell'applicabilità delle sue norme è una controversia di puro diritto risolubile in base a dati esclusivamente cronologici; manca quindi qualsiasi motivo per sottrarla alla competenza ordinaria, deferendola ad un Collegio evidentemente preordinato alla decisione di controversie di carattere tecnico ».

Sembra però alla Corte che tutte e singole tali acute osservazioni si spuntino contro il testo positivo di legge.

Invero il succitato R. D. L. 26 gennaio 1928, n. 386 dopo avere nel suo proemio detto « ritenuta l'assoluta necessità ed urgenza di abolire l'applicazione del sovraprezzo termico previsto dall'art. 11 del R. D. L. 4 marzo 1926 in corrispondenza alle condizioni del mercato del combustibile ed alla rivalutazione della moneta » ed all'art. 1 sancito « con effetto dal 1° gennaio 1928 è soppressa la facoltà consentita dall'art. 11 del R. D. L. 4 marzo 1926 n. 681 ai venditori di energia elettrica di esigere dai propri clienti un sovraprezzo per l'energia elettrica generata per via termica » così ebbe a testualmente stabilire nell'art. 2:

« Qualora sorgessero contestazioni tra le parti nell'applicazione del presente decreto, le controversie saranno deferite al Ministro per i lavori pubblici, sentito il Consiglio Superiore dei lavori pubblici quando siano interessate le Amministrazioni statali.

« Negli altri casi saranno deferite ai Collegi arbitrali contemplati dall'art. 4 dello stesso R. D. L. 4 marzo 1926 n. 681 ».

Art. 2, che, ad avviso della Corte, rende manifesto come il legislatore volle, invece e proprio, deferire al Collegio arbitrale da esso istituito per la risoluzione delle controversie sorte in seguito all'autorizzazione da esso data a favore dei venditori e distributori di energia elettrica di esigere un sovraprezzo, anche le controversie che fossero per nascere per la causa opposta e contraria, dalla soppressione di tale autorizzazione da esso accordata a favore degli utenti di energia elettrica: come il legislatore abbia reputato che l'organo meglio adatto a conoscere delle controversie cui avrebbe dato luogo la soppressione della facoltà nei venditori di energia elettrica di esigere un sovraprezzo per l'energia generata in via termica fosse quello stesso che esso legislatore aveva istituito per risolvere le controversie opposte e contrarie, quelle cioè cui aveva dato luogo la concessione di tale facoltà.

V) Ma nella dimostrazione che la Corte crede di aver dato:

a) che nessuna differenza può ravvisarsi tra i giudizi che i Collegi arbitrali emettono in base all'art. 11 piuttosto che in base all'art. 4 e successivi del R. D. L. 4 marzo 1926;

b) che nessuna differenza nè sostanziale nè formale si riscontra fra l'art. 11 (disciplinante la istituzione del Collegio arbitrale per la risoluzione delle controversie derivanti dalla richiesta da parte dei venditori di energia elettrica della corresponsione di un compenso supplementare o sovraprezzo) e l'art. 4 e successivi (disciplinanti l'istituzione del Collegio arbitrale per la risoluzione delle controversie sulla richiesta da parte dei venditori di energia elettrica di poter procedere in genere ad un aumento dei prezzi) e vuoi perchè tre di essi (il 2, il 5 ed il 6) vennero nell'art. 11 esplicitamente richiamati, vuoi perchè delle particolari pattuizioni dei singoli contratti di cui all'art. 7 tennero conto anche il secondo e terzo alinea dell'art. 11, in tale dimostrazione, dicesi, è insita, secondo l'insegnamento della Cassazione, la seguente conseguenza:

Che è al Collegio arbitrale che la Edison deve sottoporre la questione pregiudiziale sollevata avanti il magistrato ordinario; e cioè che il R. D. L. 26 gennaio 1928, n. 386 per essere applicabile soltanto ai contratti per fornitura di energia elettrica stipulati anteriormente al 27 febbraio 1919, alle ditte appellate, come quelle che hanno stipulato i loro contratti in data assai posteriore (12 marzo 1925, 31 gennaio 1927 e 5 marzo 1928) fa assoluto difetto il diritto di potere avanzare la duplice domanda da esse spiegata: di, a fare capo dal 1° gennaio 1928:

a) venire rimborsate del sovraprezzo già pagato;
b) non essere più tenute a corrisponderlo per l'ulteriore periodo di tempo in contratto stabilito.

Fornitura di energia elettrica - Credito per tasse di consumo - Privilegio inerente - Inammissibilità.

MASSIMA

Il credito del produttore di energia elettrica (o gas) verso l'utente per il rimborso delle somme da esso produttore anticipate allo Stato per imposta di consumo, non è assistito da privilegio sui beni del debitore. (1)

Tribunale di Milano, 4 aprile 1931. Pres. Aliventi, Est. Ponti. SOCIETÀ EDISON DI ELETTRICITÀ (Avv. Marchetti) c. FALLIMENTO SOCIETÀ RISTORANTE EDEN (Avv. Ferraroni).

DIRITTO

La controversia è circoscritta all'unica questione, se cioè la Soc. Gen. Edison di Elettricità abbia o non diritto di essere collocata al passivo del fallimento in via privilegiata pel suo credito di lire 2.370,18, per importo di tasse sull'energia elettrica, tasse da essa anticipate in applicazione del testo unico delle disposizioni concernenti l'imposta sul consumo del gaz e dell'energia elettrica, approvato con decreto ministeriale 8 luglio 1924, pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* 20 agosto 1924, n. 195.

L'appellante per oppugnare il motivo con cui il giudice di primo grado negava il privilegio, che cioè questo non trova fondamento in alcuna disposizione di legge, invoca il disposto dell'articolo 1957 del cod. civ. E a tale scopo include l'imposta sul consumo dell'energia elettrica tra i tributi diretti. E tenta di giustificare tale qualifica in base alle norme di accertamento e di riscossione dell'imposta che la farebbero rientrare tra i tributi distribuiti in maniera organica e preventiva per via di ruoli (art. 2, 11, 12, 14 del T. U. 8 luglio 1924, n. 195 e 33, 36, 39 dal 56 al 61 del Reg. 29 settembre 1895, n. 624). Richiama inoltre il disposto dell'art. 62 del R. D. 21 aprile 1910, n. 216

che prescrive doversi pel ricupero della tassa procedere su tutti i beni di pertinenza del debitore con le norme, con i mezzi e con i diritti stabiliti dalla legge per la riscossione delle imposte dirette.

Ma tra i criteri di distinzione delle imposte dirette e indirette quello che si desume dai caratteri esterni, formali, particolari, è evidentemente empirico. Per di più anche chi usa tale criterio di distinzione non si accontenta dell'applicazione all'accertamento e alla riscossione dell'imposta di qualcuna delle norme solitamente usate pei tributi diretti o viceversa, ma usa un criterio di distinzione un po' più complesso. Cioè si ha riguardo al grado di rapporto che vi è tra lo Stato e il contribuente ed al momento della riscossione. Se il rapporto tra cittadino e Fisco è immediato, permanente, ben determinato e per tributi riscossi in termini e periodi fissi, col sussidio di ruoli nominativi, intestazione di persone e simili, allora si ritiene l'imposta diretta. Se invece questo legame e contatto viene meno e l'imposta è conseguita dal Fisco sui cittadini in rapporti accidentali, indeterminati, in occasione di uno scambio o di un consumo o in base a semplici tariffe, allora dicono l'imposta indiretta. Cosicchè, anche usando il criterio empirico di distinzione, l'imposta sul consumo della luce elettrica dovrebbe classificarsi tra le imposte indirette. E il legislatore difatti così implicitamente la qualifica includendo tale imposta tra i dazi interni di consumo, come all'art. 70 del Regolamento per la riscossione di detti dazi approvato con R. D. 25 febbraio 1924 n. 540.

Ma vi sono altri criteri di distinzione che non contraddicono al criterio empirico, ma che lo completano. E i diversi criteri si integrano a vicenda addentrandosi nell'analisi e portando così a risultati sicuri nei casi dubbi. Così si cura di definire il vero significato della distinzione considerando la natura dell'oggetto imponibile.

Cioè si ritiene diretta l'imposta quando il rapporto tra l'oggetto e la fonte di essa è immediato, ossia quando il tributo colpisce le manifestazioni immediate della capacità contributiva come persone, patrimoni, industria, professioni e simili. Si ritiene per contro l'imposta indiretta quando tale rapporto è mediato e l'imposta colpisce manifestazioni semplici della facoltà contributiva, come spese private, consumi, trasferimenti di proprietà e simili. Altro criterio di distinzione è quello che ha riguardo al momento dello accertamento dell'imponibile.

Poichè lo stato ha servizi pubblici da soddisfare, se il consumo individuale di tali servizi è noto e perfettamente misurabile si ha la tassa.

Se non è individualizzabile nè determinabile per quantità di consumo, si prende come misura indiziaria il reddito di ogni cittadino e si ha l'imposta diretta (imposta generale sul reddito, ricchezza mobile, di famiglia ecc.) Per le quantità indiziarie di reddito che possono essere sfuggite all'accertamento e che sono costrette ad ogni modo a mostrarsi per poter passare da un patrimonio a un altro e per essere adibite al consumo, il fisco completa il proprio sistema tributario colle imposte indirette, colpendo così i trasferimenti di proprietà e i consumi individuali dei beni.

Ebbene, tanto adottando l'uno che l'altro dei detti criteri di distinzione, l'imposta sul consumo dell'energia elettrica viene ad essere classificata tra le imposte indirette, perchè non colpisce una manifestazione immediata della capacità contributiva, ma il consumo individualizzabile e determinabile di un bene quale indizio di capacità contributiva.

Dimostrato così come l'imposta della quale è controversia non è un tributo diretto, resta a esaminare se, pur non essendo tale, debba ad essa applicarsi l'art. 1957 del cod. civ. in base all'art. 62 del R. D. 21 aprile 1910, n. 216.

Non pare. Tra le disposizioni della legge per la riscossione delle imposte dirette non ve n'è alcuna che affermi il diritto di privilegio dell'articolo 1957 del cod. civ. per tutti i crediti ricuperati a mezzo della procedura speciale regolata da detta legge. Si potrà dire che la facoltà di usare di una tale procedura sia un privilegio. Ma il termine privilegio è così preso in senso diverso da quello tecnico giuridico in questione. Lo scambio di più significati di una stessa parola non è che un sofisma verbale, detto di omonimia. Piuttosto l'avere il legislatore applicato le norme, i mezzi e i diritti relativi alle imposte dirette limitatamente alla procedura di riscossione sta a significare che non considera l'imposta sul consumo della energia elettrica come imposta diretta.

L'appellante non sostiene, come già è stato addotto da altri in altra sede, trattando della questione, che non possa ammettersi che in materia di tassa il privilegio sia una eccezione, perchè il principio generale sarebbe che qualsiasi tributo fruisca di un privilegio alla sua natura appropriato. Ad ogni modo basti l'osservare che i privilegi per la loro stessa natura non possono consistere che in esenzioni di individui o di enti determinati dall'osservanza delle regole generali, che infatti gli articoli del codice civile, i quali stabiliscono privilegi in materia tributaria, seguono come eccezioni al principio generale dell'art. 1949 del cod. civ., che potendosi la questione risolvere in base al disposto dell'art. 1957 cod. civ. che limita il privilegio generale ai tributi diretti non si verifica la condizione del capv. dell'art. 3 disp. preliminari per l'interpretazione estensiva o analogica e che infine il preteso principio generale che qualsiasi tributo fruisca di privilegio non è sancito da nessuna norma scritta e non può perciò contrapporsi come eccezione alla norma dell'art. 1949 del cod. civ. per trarre da essa l'espressa interpretazione analogica in violazione al disposto dell'art. 4 delle disp. preliminari.

Escluso così che si tratti di tributo diretto o che si possa alla imposta in questione applicare per disposizione di legge o per analogia il trattamento dei tributi diretti in materia di privilegio, viene meno la possibilità della surrogazione a sensi del n. 3 dell'art. 1253 del cod. civ., non potendosi pensare surrogazione in un diritto che non sussiste.

Del privilegio speciale dell'art. 1958 n. 1 non ricorre l'ipotesi perchè mancherebbe l'oggetto sul quale esercitarlo.

In base alle dette considerazioni devesi confermare la sentenza del giudice delegato.

NOTA

(1) La annotata sentenza del Tribunale di Milano costituisce una deviazione inattesa dalle vie battute dalla prevalente giurisprudenza.

Si vedano in proposito la sentenza del Tribunale di Bologna 24 giugno 1931 (in questa Rivista, fascicolo di luglio 1931, pag. 634) e la sentenza 26 novembre 1930 e 12 gennaio 1931 del Tribunale di Genova (*idem*, fascicolo di febbraio 1931, pag. 162, con nota di richiamo e commento).

Il Tribunale Milanese, con una sottile distinzione fra le imposte dirette e le imposte indirette, rilevando come la imposta di consumo sia da ascriversi alle seconde, ha negato che essa sia assistita dal privilegio di cui all'art. 1957 Cod. Civ.

La tesi, grave di conseguenze per tutte le società elettriche, merita di essere segnalata. E la sua gravità non ha bisogno di commenti. Le aziende elettriche, per il disposto dell'art. 14 del Testo Unico approvato con Decreto Ministeriale 8 luglio 1924 sono tenute direttamente al pagamento della imposta verso lo Stato, salvo il diritto di rivalsa verso il consumatore.

Niun dubbio che il credito dello Stato verso le aziende sia assistito, quanto meno, dal privilegio speciale di cui all'art. 1958 n.° 1 Cod. Civ., che concerne anche i tributi indiretti.

Senonchè, si è osservato dal Tribunale, il detto privilegio colpisce soltanto « i mobili che ne formano oggetto », nella specie l'energia elettrica fornita; colpisce quindi un oggetto non praticamente afferrabile. Mancando l'oggetto del privilegio, ha conchiuso il Tribunale, viene a cadere, per impossibilità, il privilegio stesso.

La troppo rigida applicazione della lettera della Legge ha allontanato il Tribunale da quelle conclusioni cui la giurisprudenza più recente era pervenuta, guidatavi non solo dalla equità, ma anche e sopratutto da quella elaborazione del diritto che è necessaria per adeguarlo alle esigenze dei tempi nuovi.

Non occorre soffermarsi sulle ragioni di equità, che sono intuitive. Il produttore della energia, che è direttamente tenuto al pagamento della imposta verso il fisco, non solo non può sottrarvisi, ma compie, a vantaggio dello Stato, una vera e propria funzione di esattore, anticipando il pagamento di una imposta, che, colpendo il consumo, non dovrebbe gravare su di lui, ma solo sul consumatore. Il diritto di rivalsa che gli compete deve quindi parificarsi al diritto che lo Stato esercita verso di lui per il pagamento della imposta; chè, se diversamente fosse, sommamente antigiuridica e dannosa sarebbe la posizione in cui egli si troverebbe. Ora basti il notare che, nei confronti del produttore dell'energia, il privilegio dello Stato, anche se lo si consideri confinato nei sensi dell'art. 1958 n.° 1 Cod. Civ., e cioè limitato alla energia prodotta, ha pur sempre una vastissima portata, dato che la energia prodotta costituisce la massima parte del patrimonio del fornitore, quella più prontamente realizzabile, quella che costituisce l'oggetto stesso del suo commercio. Ben diversa invece la situazione del fornitore nei

confronti dell'utente, in quanto la energia a quest'ultimo fornita, consumandosi all'atto stesso della fornitura, non può essere praticamente oggetto di garanzia reale di sorta.

Ad ovviare a questo inconveniente, ha provveduto la elaborazione giurisprudenziale, la quale ha dovuto anzitutto tener calcolo delle esigenze di una specialità di rapporti giuridici che non poteva essere contemplata nè prevista all'epoca della pubblicazione del Codice Civile vigente, quando non esisteva ancora la imposta di cui si contende, e neppure la industria su cui la stessa grava.

È la stessa elaborazione giurisprudenziale che è giunta, anche vigente il vecchio codice penale (che non contemplava il furto della energia elettrica, e definiva il furto come impossessamento di cosa mobile) a colpire anche questa forma di furto, benchè fosse discutibile la possibilità del materiale impossessamento dell'energia.

E la giurisprudenza è giunta a tali conclusioni guidatavi anche dalla analogia, e da specifiche disposizioni di legge in proposito.

Il R. Decreto Legge 28 luglio 1930, n.º 1011, in tema di tassa scambio (che colpisce anche — art. 60 — la energia elettrica) ha stabilito che il credito del fornitore fatturante verso l'utente per la rivalsa della imposta da lui anticipata, gode (art. 43) dello stesso privilegio competente allo Stato a norma dell'art. 109, e cioè del privilegio sulla generalità dei mobili.

Ora non può essere dubbio che la tassa di scambio, al pari ed a più forte ragione della imposta di consumo, sia una imposta indiretta, non possa ascriversi al novero delle imposte dirette, quali bene la sentenza annotata ha definite nei loro caratteri essenziali, e non sia quindi assistita dal privilegio generale di cui all'art. 1957 Cod. Civ.

La analogia, la possibilità della estensione della norma dall'uno all'altro caso, sono quindi evidenti.

Chè se la Magistratura dovesse generalmente adottare la tesi di cui alla sentenza annotata, è lecito augurare che un preciso provvedimento legislativo elimini anche in questo campo ogni dubbiezza, togliendo i produttori di energia dalla difficile situazione in cui si troverebbero per ottenere il rimborso di una imposta da essi anticipata per conto di altri.

Avv. A. Patrucco.

Apparecchi di illuminazione pubblica - Lampadine elettriche - Effrazione - Danneggiamento - Spegnimento - Rubrica del reato.

MASSIMA

In base al Cod. Pen. 1889 *deve ritenersi delitto di danneggiamento e non semplice contravvenzione la effrazione delle lampadine destinate ad illuminazione pubblica (art.* 424 *e non* 474 *Cod. Pen.* 1889) *e ciò in quanto mezzo di pubblico servizio.*

Ad identica conclusione si giunge per il Cod. Pen. 1931 *che ha precisato più nettamente la norma penale e la conseguente comminatoria* (1).

Cassazione II Sez. Pen. 13 ottobre 1930, concl P. M. conformi. ricorrente Ruggieri.

Diritto

Sul dubbio se le lampadine elettriche per la pubblica illuminazione debbano considerarsi, agli effetti del n. 4 dell'art. 424 Cod. Pen., *apparecchi destinati a pubblico servizio*, la Cassazione risponde affermativamente con questa motivazione: « Devesi considerare come apparecchio la lampadina, che costituisce un congegno meccanico in cui concorrono e funzionano elementi diversi, i quali servono ad una operazione determinata. E devesi, per dippiù, ritenere che il danno arrecato a quei congegni si risolva in danno dell'apparecchio che riceve e convoglia l'energia, poichè, per effetto del danneggiamento, vien meno la sua funzione in relazione all'uso cui è destinato. Nè, in contrario, vale trarre argomento dal disposto dell'art. 474 Cod. Pen. (1889) in cui sono tenute distinte in due ipotesi le denominazioni di « fanali » e « apparecchi ». La legge, con riferimento ivi a contravvenzioni concernenti segnali e apparecchi di pubblico servizio, ha voluto, parlando di « spegnimento », specificare i fanali fra ogni altro genere di apparecchi, mentre nel n. 4 dell'art. 424, in tema di danneggiamento, bene ha potuto comprendere in unica e generica denominazione anche gli apparecchi di illuminazione ».

NOTA

(1) Il recente insegnamento del Supremo giudice penale emanato circa la applicazione degli art. 424 ovvero 474 dell'antico Cod. penale non ha, a quanto consterebbe, altri precedenti editi. Per intendere esattamente la specie occorre ricordare che nel diritto penale precedente a quello vigente dal 1º luglio 1931, l'art. 424 relativo al reato di danneggiamento disponeva: « Chiunque distrugge, disperde o guasta o in qualsiasi modo deteriora cose mobili o immobili altrui, è punito, a querela di parte, con la reclusione o con la detenzione fino a sei mesi. La pena è della reclusione da un mese a tre anni e della multa fino a lire tremila e si provvede d'ufficio se il fatto è commesso:.... 7º .... *su apparecchi o segnali destinati a pubblico servizio* ». Il reato era quindi colpito come delitto perseguibile d'ufficio.

Il seguente art. 474, sempre nell'antico codice, e nella rubrica delle contravvenzioni disponeva che « chiunque arbitrariamente spegne i fanali della pubblica illuminazione, oppure rimuove apparecchi e segnali diversi da quelli indicati nell'art. 473 (segnali e ripari prescritti da regolamenti per impedire pericoli derivanti da opere fatte o da oggetti lasciati in luoghi di pubblico transito) *o destinati a pubblico servizio* è punito coll'ammenda fino a lire duecento ».

La norma penale dell'antico codice era evidente: lo spegnimento arbitrario dei fanali della pubblica illuminazione e la rimozione di apparecchi *destinati a pubblico servizio* era contravvenzione.

L'effrazione, la distruzione il guasto, il deterioramento degli apparecchi e segnali *destinati a pubblico servizio* era un delitto.

Sopravviene il nuovo codice Rocco e prevede il caso in questi articoli: 433, (delitti di comune pericolo mediante violenza), 635 (reato di danneggiamento), 675 (contravvenzione di spegnimento o rimozione).

L'art. 433 è generico: « Chiunque attenta alla sicurezza delle officine, delle opere, degli apparecchi e degli altri mezzi destinati alla produzione e alla trasmissione di energia elettrica e di gas, per la illuminazione (genericamente, quindi pubblica e privata) e per le industrie è punito, qualora dal fatto derivi pericolo alla pubblica incolumità, colla reclusione da uno a cinque anni..... Se dal fatto derivi un disastro la pena è della reclusione da tre a cinque anni ».

L'art. 635 è pure generico nella prima parte e specifico nella seconda e riguarda, come già si è detto, il danneggiamento: « chiunque distrugge, disperde, deteriora o rende in tutto o in parte inservibili cose mobili o immobili altrui è punito, a querela della parte offesa, colla reclusione fino ad un anno e colla multa fino a lire tremila. La pena è della reclusione dai sei mesi a tre anni e si procede d'ufficio se il fatto è commesso.... 3º su edifici pubblici e destinati ad uso pubblico o su altre delle cose indicate nel n. 7º dell'art. 625 ». E il richiamo dell'art. 625, n. 7 si riferisce alle « cose esistenti in uffici e stabilimenti pubblici.... *o destinate a pubblico servizio o pubblica utilità* ».

Siamo quindi, fin qui, nel campo dei delitti.

L'art. 673 prevede invece la contravvenzione e dispone che « chiunque.... spegne i fanali collocati come segnali.... e chi rimuove apparecchi o segnali destinati *a un servizio pubblico ovvero di pubblica necessità* ovvero spegne i fanali della pubblica illuminazione.... è punito coll'arresto fino a tre mesi o coll'ammenda fino a lire cinquemila ».

Siamo dunque sempre alla regola precedente: chi spegne o rimuove cade in contravvenzione, chi danneggia o rende inservibili o rimuove i fanali della pubblica illuminazione è colpevole di delitto.

***

La seconda affermazione è suscettibile di dubbio, in quanto venga applicata agli apparecchi, comprese le lampadine, destinate alla pubblica illuminazione. La risposta dipende dal riconoscere se tali apparecchi (in quanto destinati alla pubblica illuminazione) sono da riconoscersi compresi fra le *cose destinate a pubblico servizio o pubblica utilità*. La Cassazione, sotto il regime del vecchio codice, ha risposto affermativamente, senza di che non avrebbe potuto applicare al caso la pena dell'antico art. 424 (danneggiamento); è evidente che nell'identità della dizione (*cose destinate a pubblico servizio*), la soluzione deve essere identica. Oggi, del resto, si aggiunge un argomento che sembra confermativo. La legge comunale e provinciale T. U. 1915 all'art. 198 N.º 13 definiva come spese comunali obbligatorie quelle per provvedere alla pubblica illuminazione «colà ove è stabilita». Il T. U. della finanza locale approvato con D. R. 14 Sett. 1931, N. 1175, dichiara che « sono obbligatorie per i Comuni le spese concernenti gli oggetti *e i servizi* appresso indicati: *Polizia locale, sanità ed igiene*.... Illuminazione nei Comuni dove sia già stabilita, e, in ogni caso, nei Comuni, frazioni o borgate con popolazione agglomerata superiore ai mille abitanti » (art. N. 5 c N.º 6).

Dal che deriva che l'illuminazione è un « servizio » comunale da comprendersi fra quelli di « polizia locale, sanità e igiene » e la relativa spesa è obbligatoria per i Comuni previsti. Non sembra quindi possibile il dubbio se gli apparecchi di illuminazione appartengano alle « cose destinate a pubblico servizio » garantite da una speciale tutela del nuovo codice. Chi spegne o rimuove semplicemente è colpevole di sola contravvenzione (arresto fino a tre mesi o ammenda fino a lire cinquemila), chi danneggia, deteriora o rende inservibili in tutto o in parte è colpevole del delitto di danneggiamento (reclusione da sei mesi a tre anni e fino a dieci anni se derivi disastro).

***

A ciò induce il confronto fra l'art. 635 e 673 del nuovo codice. Ma occorre richiamare che il codice stesso all'art. 433 dichiara genericamente punibile colla reclusione *fino a cinque anni* chi « attenta » alla sicurezza delle officine, delle opere e degli apparecchi e degli altri mezzi destinati alla produzione e alla trasmissione di energia elettrica per la illuminazione e per le industrie e, in tal caso la pena giunge fino a cinque anni di reclusione col minimo di un anno.

Siamo nel caso del semplice tentativo e la pena è maggiore di quella prevista dagli art. 635 e 673 che riguarda reati consumati; la spegazione è però evidente ove si pensi che mentre nei due casi previsti da detti articoli 635 e 673 si tratta solo di danneggiare apparecchi o spegnere fanali, nel caso dell'art. 673 è in giuoco un più alto interesse sociale, quale è quello della sicurezza e nel caso che « dal fatto derivi pericolo alla pubblica incolumità » ovvero per l'aggravante che « dal fatto derivi un disastro », eventi questi le cui modalità esulano, normalmente, dai casi di semplice spegnimento dei fanali o anche di danneggiamento di apparecchi di illuminazione. Naturalmente, concorrendo il pericolo o il disastro, non si applicano gli art. 635 e 673, ma l'art. 433.

E con ciò l'annotazione alla riportata sentenza sarebbe esaurita se la lettura dell'art. 433 non lasciasse adito all'esame di un ulteriore quesito ed è quello se gli impianti di produzione e di trasmissione di energia elettrica siano da comprendersi o non fra quelli di « pubblico servizio o di pubblica utilità » ai fini di *tutte* le norme di diritto penale. Tale quesito venne già accennato nelle brevi note dell'articolo « *L'industria elettrica e il nuovo codice penale* » (1) e merita ben più ampio esame.

A. Gilardoni.

(1) In *L'Energia Elettrica*, pag. 693, fascicolo Agosto 1931.

PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazioni di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali etc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

195 — *Concessioni idroelettriche - Condizioni particolari nel l'interesse della difesa militare.*

Fra le condizioni particolari inserite nel disciplinare di una concessione idroelettrica possono essere inserite le seguenti testuali: 1º l'Amministrazione militare avrà facoltà in qualunque tempo, qualora lo richiegga opportuno, per necessità di offesa o di difesa di fare sospendere l'esercizio della concessione e anche di far demolire o rimuovere tutta o parte dell'opera eseguita, dandone comunicazione all'Autorità civile competente che ha fatto luogo alla concessione e al concessionario con semplice lettera raccomandata. 3º È fatto divieto al concessionario di introdurre varianti alla rete stradale e alle condizioni di viabilità della regione e di turbare comunque la regolarità dei corsi d'acqua della regione con opere estranee non contemplate nel progetto. 5º È assolutamente vietato al concessionario di introdurre varianti di qualsiasi natura nei progetti primitivi di cui si fa la concessione.

D. R. 18 novembre 1929. Concessionaria Soc. Manifatture di Cuorgnè. Derivazione dal Torrente Ribordone in Comune di Ribordone (Torino). (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 2884-5).

196 — *Concessioni idroelettriche per forza motrice - Riserva per usi potabili e igienici.*

Nella concessione idroelettrica rilasciata a scopo di produzione di forza motrice e per una determinata portata del corso d'acqua, può essere introdotta una riserva di riducibilità della portata medesima, per la successiva futura utilizzazione delle acque, con e senza limitazioni di quantità, a scopi potabili e igienici, ma colla condizione che la riserva venga sciolta entro un determinato tempo, nella specie un quadriennio, prorogabile per una sola volta, sempre entro termine determinato (Art. 38 D.L. 1919).

R. D. 16 gennaio 1930. Concessionaria Soc. Volsinia di Elettricità. Derivazione dal Fiora in Comune di Santa Fiora (Grosseto). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 2511 del 29 sett. 1927. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 2888-9).

197 — *Concessioni idroelettriche - Garanzie speciali per riduzioni di portata per opere igieniche e a favore. dei Comuni interessati.*

Nel disciplinare di concessione idroelettrica può essere introdotta una clausola speciale, che imponga al concessionario di « soddisfare tutte le prescrizioni di qualsiasi natura esse siano,

sia esecutorie che manutentorie che in qualunque tempo piacesse alla autorità dettare a tutela della pubblica igiene ». Nello stesso disciplinare può essere introdotta riserva di assorbimento mediante sostituzione delle preesistenti utenze, anche se per questo non è stato ancora emesso decreto di riconoscimento, anche in via di sanatoria.

Come al Num. precedente, *ivi*, *Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 2895).

198 – *Riserve di concessioni idroelettriche - Clausole di precedenza per utenti di un determinato territorio.*

In una concessione idroelettrica può esser introdotta una condizione particolare in virtù della quale sia imposto al concessionario « di soddisfare una volta completato l'impianto e avanti di eseguire il trasporto dell'energia a distanza, a tutte le richieste esistenti a tale epoca per le quali l'energia stessa verrebbe per prima ad essere utilizzata entro i territori » di determinati comuni.

Come al Num. precedente in *Boll. Min. LL. PP.* 1930, p. 2895.

199 – *Concessioni idroelettriche - Prescrizioni di tempo per il termine e l'utilizzazione dell'acqua concessa.*

Nel capitolato speciale di concessione, alle prescrizioni circa il collaudo e relative varianti di esecuzione da autorizzarsi o meno in sede del verbale di visita, può essere aggiunta la seguente clausola: « Entro *tre mesi* dalla data del Provvedimento Ministeriale di approvazione del collaudo la Ditta dovrà, sotto pena di decadenza, utilizzare l'acqua concessa ».

Tale termine può per certe derivazioni, esser ridotto a due mesi e anche a un mese.

Come al Num. precedente, in confronto al seguente, *Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 2897 e 2915 e 3224.

200 – *Concessioni idroelettriche - Clausole particolari nell'interesse del rimboschimento e della fluitazione del legname.*

Nelle condizioni particolari di concessione idroelettrica può essere inserita quella che impone al concessionario di provvedere al rimboschimento delle zone di terreno smosse intorno alla centrale « e in qualunque altro punto sarà trovato opportuno ».

Altra clausola potrà essere inserita nel disciplinare a garanzia della continuità della fluitazione dei legnami a galla in tronchi sciolti regolarmente concessa, mediante obbligo di costruzione e buona manutenzione « in ciascuna opera di presa e verso la sponda opposta agli incili di uno scivolo in muratura a sezione rettangolare con fondo semicircolare del diametro non minore di un metro. Dovrà inoltre essere lasciata defluire nell'alveo del corso d'acqua la quantità d'acqua necessaria alla fluitazione suddetta che all'occorrenza dovrà essere favorita da apposite cacciate d'acqua ».

D. R. 4 settembre 1930. Concessionaria Società An. Forze Idrauliche Alto Cadore. Derivazione dal Piave e dal torrente Ansei in Comune di Auronzo (Belluno). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 667 e 1683 del 1º marzo e 30 maggio 1930 (*Boll. Min. LL. PP.* pp. 1930, p. 2912).

201 – *Procedura di concessione idroelettrica - Facoltà dell'Amministrazione concedente di imporre aggiunte di utilizzazione e varianti tecniche di altre domande concorrenti.*

L'Amministrazione concedente ha facoltà di imporre all'aspirante di una concessione idroelettrica, ai fini della concedibilità, l'esecuzione di varianti alle portate derivabili e l'esecuzione di un serbatoio o vasca di carico. Le varianti possono essere tratte anche dai progetti concorrenti colla domanda prescelta per la concessione, imponendo però a quest'ultimo o in tal caso, adeguato compenso, nella specie costituito dall'obbligo, imposto al concessionario, di fornitura di una determinata quantità di energia a prezzo di costo e a condizioni speciali prestabilite.

D. R. 9 giugno 1930. Concessione Soc. An. Acciaierie e Ferriere Lombarde. Derivazione dal Magra e affluenti in Prov. di Massa. Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 3333 del 15 dicembre 1928. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3186 e 3200).

202 – *Concessione idroelettrica - Cessione di diritto dal progettista o dell'iniziativa ad altra persona fisica o giuridica - Successiva pretesa di revoca della cessione - Inammissibilità.*

Ove un progettista o un iniziatore che ha firmato la domanda di concessione idroelettrica, disponga la cessione dei suoi diritti ad altra persona fisica o giuridica in pendenza degli atti di struttoria non può, prima della concessione, pretendere di revocare la cessione allegando l'inadempienza del cessionario o dei suoi amministratori, ove trattisi di persona giuridica. Infatti tale dichiarazione, se unilaterale, non può avere efficacia di fronte alla precedente cessione, e il decreto viene emanato secondo le risultanze degli accordi precedenti, « con riserva di ulteriori provvedimenti di trasferimento o di revoca qualora decisioni dell'autorità giudiziaria sui diritti inerenti alla concessione stessa stabilissero che essi spettano a persona diversa dalla persona o Ditta intestataria del titolo o decreto di concessione ovvero comunque venissero a turbare l'esecuzione delle opere di derivazione ».

Come al Num. precedente, *Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3189.

203 – *Concessioni idroelettriche - Caratteristiche della energia da produrre - Obbligo di armonia con impianti di possibile o conveniente collegabilità.*

Nel capitolato speciale di una concessione idroelettrica può essere inserita speciale clausola in virtù della quale « la Ditta concessionaria avrà l'obbligo di fissare le caratteristiche elettriche dell'energia da produrre coi propri impianti, in armonia con quelli degli impianti di possibile o di conveniente collegamento per conseguire il più razionale integrale ed economico sfruttamento della energia prodotta.

Come al Num. precedente, *Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3203.

204 – *Concessioni idroelettriche - Riserve ferroviarie - Formulazione - D. L. 2 maggio 1920, n. 597.*

La riserva di una quantità di energia destinabile ad usi di trazione ferroviaria, da prelevare su quella prodotta con gli impianti di una concessione idroelettrica può esser così formulata: « Della energia producibile cogli impianti oggetto della concessione sarà riservato un quantitativo annuo di x kWh da fornirsi colle caratteristiche ferroviarie a prezzo di costo, determinato coi criteri di cui al D. L. 2 maggio 1920, n. 597 e colle particolari clausole tecniche che saranno concordate colle FF. SS. Con la stessa Amministrazione saranno pure concordati i termini entro cui l'energia riservata dovrà essere chiesta e ritirata, salvo in caso di disaccordo, le decisioni del Cons. Sup. dei LL. PP. ».

Come al Num. precedente, *Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3209.

205 – *Sovvenzione governativa per impianti idroelettrici - Riserva di provvedimento e relativa condizione.*

Nel disciplinare di un decreto di concessione idroelettrica a proposito della sovvenzione governativa, può essere introdotta una clausola così formulata: « Sulla sovvenzione annua governativa ai sensi del R. D. 2 ottobre 1919 n. 1995 sarà provveduto a parte in seguito a nuova istanza della Ditta concessionaria ove nulla osti nei riguardi finanziari. »

Come al Num. precedente, *Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3209.

205 – *Concessioni idroelettriche - Limitazione di uso dell'acqua a tutela di utenze sul deflusso naturale del corso d'acqua.*

Ove in una concessione idroelettrica, che, nella specie prevede un accumulo giornaliero in vasca di carico, debbasi far salva una utenza legittima sul deflusso naturale del corso d'acqua, fra le condizioni particolari del disciplinare può essere inserita una clausola per la quale il concessionario « non potrà disporre liberamente di tutta la portata del torrente per creare l'accumulo giornaliero, ma dovrà in ogni istante lasciar defluire almeno una quantità d'acqua non inferiore alla metà della portata naturale da misurarsi sotto la vigilanza del Genio civile ».

D. R. 9 giugno 1930. Concessione Ditta Olivero. Derivazione dal Pesio in Comune di Chiusa Pesio (Cuneo). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 3161 e 2220 del 30 novembre 1928 e 30 luglio 1929. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1930, p. 3221).

206 – *Concessioni idroelettriche - Limitazione alle operazioni di spurgo o di manutenzione dei canali.*

A tutela delle utenze legittime precedenti alla concessione può fra le clausole speciali introdursi la seguente: « resta vietato di mettere all'asciutto i canali per le ordinarie operazioni di spurgo, per lavori di manutenzione, riparazione o altra ragione durante i periodi di magra. Negli altri periodi, per queste operazioni, si prenderanno le precauzioni necessarie, manovrando gli scarichi lungo il canale per evitare ritardo dell'arrivo dell'acqua nell'alveo naturale in modo da non disturbare l'esercizio degli impianti a valle.

Come al Num. precedente, p. 121, art. 8, capov.

A. G.

NOTE E RIASSUNTI

IDENTIFICAZIONE DEI GUASTI SU LINEE ELETTRICHE AEREE

E.T.Z., 13 agosto 1931. – M. WALTER - *Siemens Zeitschrift*, febbraio-marzo 1930. – H. POLECK. — *Archiv fuer Technisches Messen*, agosto 1931. – H. POLECK.

Dall'articolo di M. Walter abbiamo desunto i dati che riportiamo in appresso; siccome nel paragrafo 4° relativo ai sistemi basati su speciali procedimenti di misura, questi sono accennati solamente di sfuggita, abbiamo creduto bene far cenno allo studio di H. Poleck riportato dalle tre riviste citate.

Il ritardo di funzionamento di un relais di protezione del tipo a impedenza, reattanza o resistenza è tanto più grande quanto più lontano è il punto ove è avvenuto il guasto. E, in base al ritardo con cui sono intervenuti i vari relais di una intera rete, si può dedurre la posizione probabile del guasto in linea. Alcuni sistemi per determinare la posizione dei guasti sono basati su relais indicatori atti a dare il tempo di funzionamento di questi: altri invece misurano la tensione sotto la quale i relais hanno funzionato ed altri infine si servono di entrambe le caratteristiche.

Gli apparecchi per la determinazione del luogo ove è avvenuto un incidente alle linee possono raggrupparsi secondo il seguente schema:

1. Sistemi utilizzanti il tempo di funzionamento dei relais e le caratteristiche rispetto al tempo di questi ultimi.
2. Sistemi basati sulla misura della tensione di corto circuito.
3. Sistemi utilizzanti il tempo di funzionamento dei relais, il valore della tensione di corto circuito e le caratteristiche di tempo dei relais stessi.
4. Sistemi speciali utilizzanti correnti a frequenza differente di quella della rete, oppure corrente continua.

I primi tre tipi danno valori più approssimativi e funzionano meglio nel caso di corti circuiti tra i conduttori, tra conduttore e terra e nel caso di doppio corto circuito a terra, mentre l'ultimo sistema può funzionare anche per la semplice rottura di un conduttore non seguito da corto circuito.

1. *Sistema basato sul tempo di funzionamento dei relais.*

In caso di guasto si deve prendere nota dei tempi di funzionamento dei vari relais alle estremità del tratto che è stato colpito da incidente, e, qualora vi fossero installati più relais che dessero dei valori discordi, prendere in considerazione il maggiore di questi tempi. Va notato che, mentre alcuni relais tengono conto della durata dall'inizio del loro funzionamento fino all'istante in cui essi trasmettono il comando di apertura del circuito, altri registrano anche il maggior tempo che si impiega poi per la effettiva apertura del circuito stesso e che è dovuto al ritardo degli organi trasmettitori, degli interruttori ecc.

In base alle caratteristiche dei relais e in base al loro ritardo di funzionamento si può determinare la distanza del guasto (figura 6). È bene eseguire tale operazione partendo dalle due estremità opposte del circuito in esame in modo da poter avere un dato di verifica; qualora le distanze così calcolate fossero errate per difetto o per eccesso, si prenderà il valore medio dato dalle misure fatte alle due estremità della linea.

Questo sistema abbastanza semplice offre però l'inconveniente di dare dei risultati che possono essere affetti da errore col variare del cos φ. Differente è pure il comportamento del relais a seconda se si tratta di corto circuito fra due o fra tre fasi e a seconda se il corto circuito è metallico oppure se avviene attraverso un arco. Inoltre se i tempi sono misurati direttamente su un piccolo tamburo trascinato dal movimento stesso del relais e tale da dover essere rimesso a posto a mano dopo ogni intervento di quest'ultimo, allora è anche difficile poter studiare l'andamento dei fenomeni passeggeri (quali ad esempio quelli dovuti a successivi archi originati da perturbazioni atmosferiche) e quelli di comportamento pendolare. Questo inconveniente è allontanato impiegando invece dei relais registratori con apparecchio scrivente su un diagramma.

2. *Sistema basato sul valore della tensione di corto circuito.*

In questo caso i relais devono montarsi sulla linea in modo da poter essere rapidamente commutate le misure della tensione di corto circuito tra le singole fasi e tra le fasi e il neutro (vedi fig. 1). Sia ad esempio (fig. 2) da determinare il guasto su una

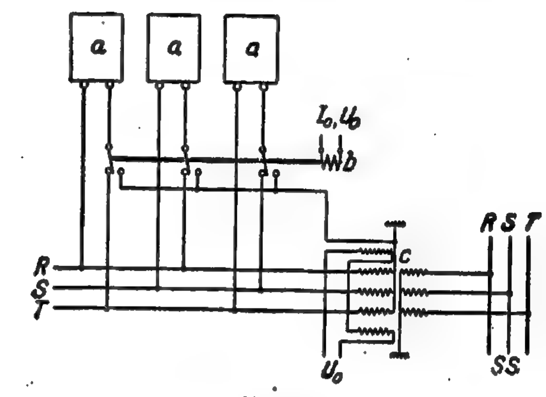


Fig. 1.

rete a doppia terna collegante le stazioni *A-D* e munita di relais nelle località *A*, *B*, *C*, *D*; il tronco guasto si trovi ad esempio tra *B* e *C*. Durante il corto circuito nel punto *K* i relais nelle stazioni *B* e *C* avranno rispettivamente registrato una tensione U_B e U_C. Se su di un diagramma di base *A-D* proporzionale

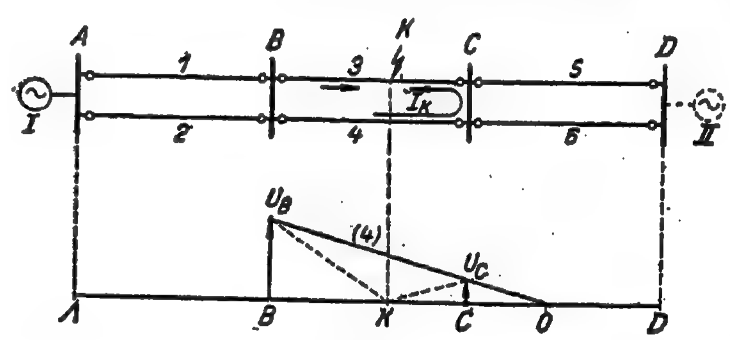


Fig. 2.

alla lunghezza *A-D* della linea (ritenuta uniforme) si portano nei punti corrispondenti a *B* e *C* i valori U_B e U_C il punto *0* di intersezione fra la U_B-U_C e la *A-D*, darà il simmetrico rispetto a *C* del punto *K*. Questo sistema vale però soltanto quando la rete è alimentata ad uno solo degli estremi. In caso contrario è bene ricorrere al seguente procedimento (vedi fig. 3).

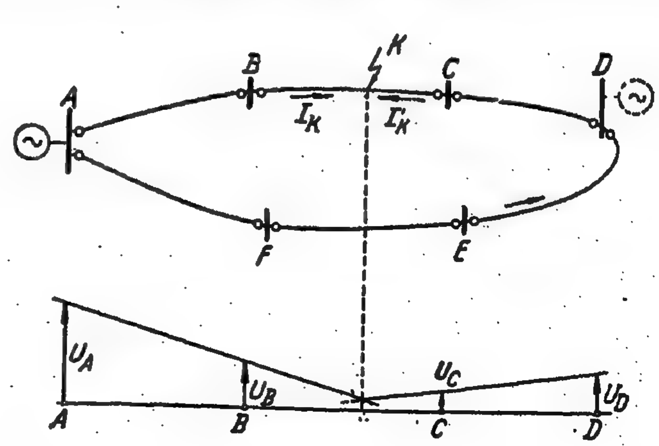


Fig. 3.

Sia ancora una linea a doppia terna tra i punti *A* e *D* dove esistano delle stazioni di alimentazione e si supponga ancora che il guasto avvenga nel tratto *B-C*. In questo caso bisogna portare su un diagramma di base *A-D* i valori U_A U_B U_C U_D corrispondenti alle tensioni lette nel medesimo istante. Questi valori vanno portati rispettivamente nei punti *A B C D* del diagramma, a distanze corrispondenti ai valori della impedenza

dei vari tronchi. Collegando allora i valori grafici di U_A con U_B e di U_C con U_D mediante due rette, si viene a determinare un loro punto di intersezione che giace sulla *A-D* in caso di corto circuito metallico e che si trova al di sopra della *A-D* quando il corto circuito non è franco, ma avviene attraverso un arco o comunque delle resistenze. Va notato in questo ultimo caso, che la caduta di tensione tra le varie stazioni *A B C D* non è più lineare, ma bensì iperbolica. L'andamento di questa iperbole, che dipende dalla resistenza induttiva, si può costruire addizionando geometricamente la resistenza ohmica con la reattanza. Praticamente è comodo sostituire alla iperbole dei segmenti rettilinei che si avvicinino il più possibile all'andamento di questa; nell'esempio citato si è addirittura sostituito per semplicità l'iperbole con due rette.

Il fatto di disporre di relais registratori della tensione, porta al vantaggio di poter precisare se si tratta di un fenomeno transitorio, pendolare o duraturo. Inoltre esso può dare delle buone indicazioni per determinare il valore della resistenza dell'arco che può essersi formato in linea. Ad esempio se (fig. 4)

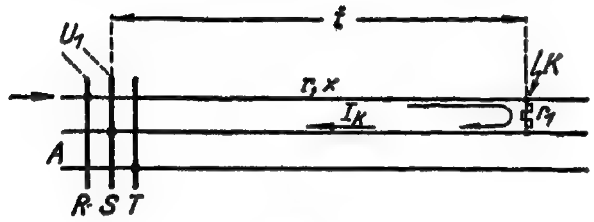


Fig. 4.

alla distanza *L* (km) è avvenuto un arco tra le due fasi *R* e *S*, nella stazione *A* verrà registrato in un istante *T* il valore della tensione U_1. Per sapere se tale arco è avvenuto attraverso una grande oppure una piccola resistenza, basta pensare che la tensione di corto circuito è $U_2 = I_k \sqrt{(2\,r)^2 + (2\,x)^2} = I_k\, 2\, z_1$ dove naturalmente I_k (corrente di corto circuito) deve essere stata determinata preventivamente. Se U_1 è circa uguale a U_2 allora trattasi di corto circuito metallico; se invece U_1 è maggiore di U_2 ciò sta a indicare che il corto circuito è avvenuto attraverso una resistenza.

3. *Sistema basato sul valore della tensione di corto circuito, del tempo di funzionamento dei relais e delle caratteristiche di questi ultimi.*

Con questo sistema, noto il tempo di funzionamento del relais e noto il valore della tensione di corto circuito nell'istante che precede immediatamente l'apertura del relais stesso, si cercherà sul diagramma, che dà il fascio delle caratteristiche di tempo di funzionamento del relais in base alla tensione (vedi fig. 5), la corrente di corto circuito *i* corrispondente.

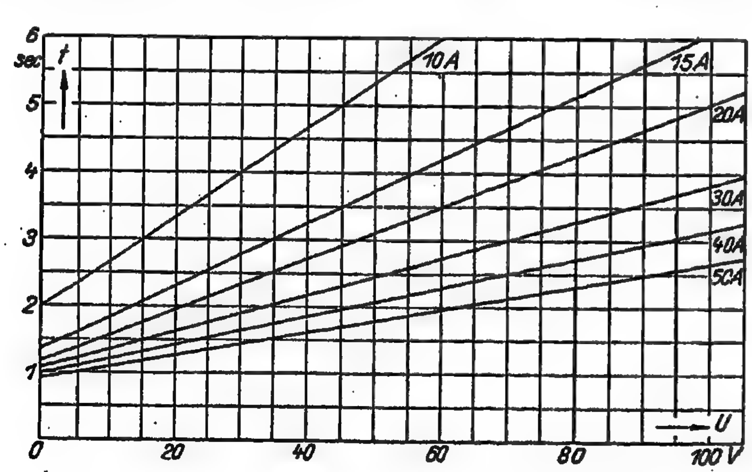


Fig. 5.

Il rapporto tra il valore *U* della tensione e la corrente *i* (misurate entrambe sulla bassa tensione dei riduttori) dà il valore della impedenza secondaria del corto circuito: $z_2^{II} = 2\,z_2 = \frac{U}{i}$. Questa impedenza secondaria può anche essere determinata dal diagramma della fig. 6 in funzione del tempo *t* e della corrente *i* ricavata dal diagramma fig. 5. In tal caso si ha anche subito la posizione del guasto in linea.

Ricordando poi che $t = f\,(U)$ quando z_2 = costante e $t = f\,(z_2)$, quando U = costante, si può calcolare un fascio di caratteristiche atte ad individuare subito la posizione del guasto. Questo sistema è meglio adottarlo partendo dai due estremi opposti della linea per poter determinare più facilmente, mediante interpolazione, la probabile ubicazione del punto ricercato.

4. *Sistema basato su speciali procedimenti di misura.*

Esiste un metodo di sufficiente precisione impiegante la corrente a 100 periodi e atto a determinare la posizione di un corto circuito tra le fasi o tra queste e la terra o anche semplicemente la interruzione pura e semplice di un conduttore, fino ad una distanza di 250 km. Con questo sistema si calcola la vaziazione della induttanza *L* e della capacità *C* della linea quando essa venga soggetta ad un corto circuito e le letture debbono essere fatte naturalmente con le linee fuori servizio. In caso di corto circuito franco tra le fasi o tra queste e la terra l'errore di apprezzamento può essere minore di 1 km.

I guasti che possono avvenire in una linea aerea ad alta tensione possono essere di due generi:

1° Disturbi transitori.

Questi sono dovuti solitamente a sovratensioni atmosferiche oppure ad archi formatisi in linea per cause transitorie e non possono essere pertanto ricercati dopo la loro scomparsa mediante apparecchi alimentati con corrente a bassa tensione.

2° Disturbi diretti e permanenti.

a) Con rottura di conduttori.
b) Senza rottura di conduttori.

In generale si tratta di corto circuito a terra. Nel caso della rottura del conduttore, un capo può essere a terra e l'altro isolato, oppure entrambi possono essere a terra. Il corto circuito a terra può anche essere complicato da un corto circuito tra le fasi.

Le grandezze caratteristiche di una linea per km sono date da:

1) resistenza ohmica;
2) induttanza;
3) conduttanza;
4) capacitanza.

Siccome la resistenza del corto circuito dovuto al guasto può essere variabilissima, ne consegue che il valore della resistenza ohmica non può essere sufficiente a dare indicazioni atte ad individuare la posizione del guasto. D'altra parte anche la conduttanza ha dei valori così variabili da non poter fondare su di essa alcun procedimento pratico per la soluzione del problema. Rimangono quindi le caratteristiche: induttanza e capacità e, meglio ancora, se si opera con una corrente di misura a frequenza costante, la reattanza e la suscettanza; queste grandezze sono abbastanza ben proporzionali alla lunghezza della linea e poco dipendenti dalle sue caratteristiche costruttive. Veramente la capacitanza varia durante un periodo annuale e la induttanza pure subisce delle variazioni dovute alle differenti conduttività del terreno; tuttavia sembra possibile poter trascurare queste alterazioni.

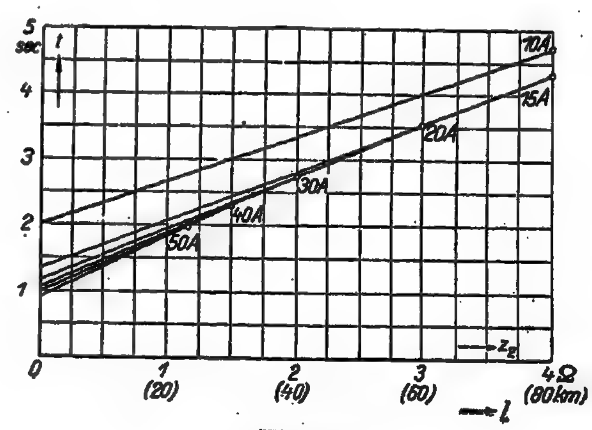


Fig. 6.

Poichè la resistenza del corto circuito può variare dal valore o fino all'infinito, è necessario prima di esporre il metodo fondato esclusivamente sulla misura della reattanza e della suscettanza della linea, di determinare l'influenza della resistenza del corto circuito su queste due grandezze. Supponiamo a questo scopo (vedi fig. 7 *a*) di avere una linea di lunghezza $l_1 + l_2 = l_{12}$ tale di avere alla distanza l_1 un corto circuito attraverso una certa resistenza ohmica con un conduttore di ritorno (qualunque esso sia).

Simboli:

1) Costanti della linea e del conduttore di ritorno:

r = resistenza ohmica (del conduttore o della terra) ohm/km,
$x = \omega\, L$ = reattanza ohm/km,
ρ = conduttanza laterale (trascurabile),
$\xi = \omega\, C$ = suscettanza ohm/km.

2) Caratteristiche della linea l_1:

$l_1 r = r_1$ = resistenza ohmica,
$l_1 x = x_1$ = reattanza della linea,
$l_1 \xi = \xi_1$ = suscettanza della linea.

3) Valori misurati all'apparecchio per la ricerca dei guasti:

R = resistenza ohmica,
X = reattanza,
P = conduttanza (lungo la linea),
Z = suscettanza.

4) Quantità accessorie:

per $r = 0$:

$z = \sqrt{\frac{x}{\xi}}$ = impedenza caratteristica della linea o resistenza d'onda,

$\zeta = \sqrt{\frac{\xi}{x}}$ = conduttanza d'onda;

W = resistenza del corto circuito ohm,
A = conduttanza del corto circuito mho.

Gli indici 1 e 2 si riferiscono al tratto $l_1 - l_2$, quello 12 all'intera tratta.

Onde potere semplificare le considerazioni su cui è fondata la teoria bisognerà fare le seguenti premesse:

1) Si ammette che l'intera linea sia solo una piccola parte della lunghezza d'onda caratteristica per la corrente di misura adottata, in modo da non richiedere una distribuzione effettiva delle costanti lungo la linea, ma di poterle accentrare dove meglio ci aggrada.

2) Si ammette che la lunghezza complessiva della linea sia tale che la resistenza r_{12} diventi trascurabile rispetto all'impedenza caratteristica della linea stessa (500÷600) ohm.

Poichè in caso di corto circuito non seguito da rottura del conduttore si ha che la reattanza è proporzionale alla lunghezza l_1 della linea (caso A) mentre in caso di interruzione non seguita da corto circuito, la suscettanza è pure proporzionale alla lunghezza del tronco l_1 (caso B), si vede come sia conveniente operare sulle resistenze quando il fenomeno ha carattere induttivo e sulle conduttanze quando esso ha carattere capacitivo.

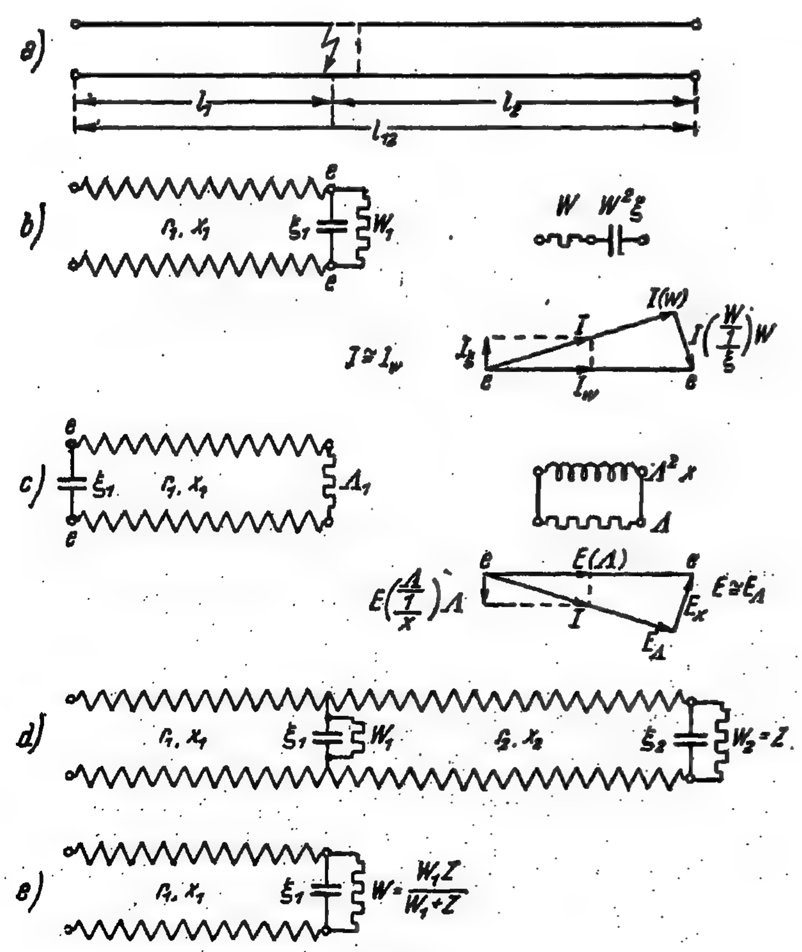


Fig. 7.

Per quanto si è detto, la capacità della linea potrà supporsi concentrata in un punto e precisamente all'estremo e quando ci si trova nel primo caso (fig. 7 b) e all'inizio e, ossia laddove si effettuano le misure, nel secondo caso (fig. 7 c).

A) *Caso di guasto seguito della rottura del conduttore.*

Ammettendo a priori di avere

ipotesi 1ª W_1 trascurabile rispetto a $\frac{1}{\xi_1}$

» 2ª A_1 » » $\frac{1}{x_1}$

si avrà per l'ipotesi 1ª

$$R_1 \cong W_1 \tag{1}$$

$$(1^0)\quad X_1 \cong x_1 - W_1^2\,\xi_1 \cong x_1\left[1 - \left(\frac{W_1}{z}\right)^2\right] \tag{2}$$

e per l'ipotesi 2ª

$$P_1 \cong A_1 \tag{3}$$

$$(2^0)\quad Z_1 \cong \xi_1 - A_1^2\,x_1 \cong \xi_1\left[1 - \left(\frac{A_1}{\zeta}\right)^2\right] \tag{4}$$

Ponendo $X_1 = Z_1 = 0$ si avrebbe delle (2) e (4)

$$W_1^1 = \sqrt{\frac{x_1}{\xi_1}} = z \qquad A_1^1 = \sqrt{\frac{\xi_1}{x_1}} = \zeta \tag{5}$$

Sostituendo nelle (1) e (2) i valori ricavati dalle (3) e (4) si ha infine

$$l_1 \cong \frac{X_1}{x}\;\frac{1}{1 - \left(\frac{R_1}{z}\right)^2} \tag{6}$$

$$l_1 \cong \frac{Z_1}{\xi}\;\frac{1}{1 - \left(\frac{P_1}{\zeta}\right)^2} \tag{7}$$

---

(1) Infatti consideriamo la impedenza del circuito fig. 1 b. Essa è data da

$$\mathfrak{Z} = z_1 + \frac{1}{y_1}$$

dove z_1 = (impedenza di l_1) $= r_1 + j\,x_1$
y_1 = ammettenza tra i punti ee. Ossia

$$y_1 = \frac{1}{W_1} + j\,\xi_1.$$

Allora

$$\mathfrak{Z} = r_1 + j\,x_1 + \frac{1}{\frac{1}{W_1} + j\,\xi_1} = r_1 + j\,x_1 + \frac{\frac{1}{W_1} - j\,\xi_1}{\frac{1}{W_1^2} + \xi_1^2}$$

Per la 1ª ipotesi ξ è piccolissimo rispetto $\frac{1}{W_1}$ dunque

$$Z \cong r_1 + j\,x_1 + W_1 - j\,W_1^2\,\xi_1$$

Allora il valore della reattanza è dato da $x_1 - W_1^2\,\xi_1$.

(2) Considerando il circuito fig. 1 c si trova che l'ammettenza totale tra i punti ee è data dalla somma di quelli dei due circuiti che da essi si dipartono in parallelo.

E precisamente l'uno, di carattere puramente capacitivo, mentre l'altro è ohmico e induttivo.

Sarà allora

$$\mathfrak{A} = j\,\xi_1 + \frac{1}{z_1}$$

Ma

$$z_1 = r_1 + \frac{1}{A_1} + j\,x_1\,;\quad \frac{1}{z_1} = \frac{1}{\left(r_1 + \frac{1}{A_1}\right) + j\,x_1} = \frac{\left(r_1 + \frac{1}{A_1}\right) - j\,x_1}{\left(r_1 + \frac{1}{A_1}\right)^2 + x_1^2}$$

Ricordando che r_1 e x_1 sono trascurabili per la 2ª ipotesi rispetto a $1/A_1$ sarà

$$\frac{1}{z_1} = A_1 - j\,x_1\,A_1^2$$

e quindi

$$\mathfrak{A} \cong A_1 + j\,\xi_1 - j\,x_1\,A_1^2$$

Ne risulta che il valore della suscettanza è

$$Z = \xi_1 - x_1\,A_1^2$$

Le equazioni (6) e (7) stanno ad indicare che la lunghezza l_1 è proporzionale al valore della reattanza X_1 e della suscettanza Z_1.

Dalle equazioni (2) e (4) si vede come tanto X_1 che la Z_1 dipendono dalla frequenza della corrente di misura.

I suddetti valori diventano però indipendenti da l_1 quando

$W_1 = z =$ impedenza caratteristica della linea,

$A_1 = \zeta =$ conduttanza d'onda.

Ciò risulta evidente dalle eguaglianze (5).

Sicchè il campo utile dell'impiego delle resistenze varierà tra

$$0 < R_1 < z \quad \text{e} \quad x_1 > X_1 > 0$$

e quello delle conduttanze tra

$$0 < P_1 < \zeta \quad \text{e} \quad \xi_1 > Z_1 > 0$$

Per avere un ordine di grandezza dell'influenza del valore di W_1 sul valore dei risutati si può osservare che per

$z = 500$ ohm e $W \cong R_1 = 100$ ohm, dalla (6) si ricava il valore di l_1 con un errore del -4%. Per $W_1 = 200$ ohm l'errore è del -16%. Gli stessi errori si hanno per

$$\zeta = \frac{1}{500} \text{ mho} \qquad A_1 = \frac{1}{2500} \text{ mho}$$

Pertanto per avere una buona identificazione del posto ove è avvenuto un guasto è necessario poter fare la contemporanea lettura delle costanti attive e reattive della linea in esame.

A titolo esemplificativo si riporta il diagramma fig. 8 le cui ascisse e ordinate valgono sia per le misure di resistenza che di conduttanza, poichè le eguaglianze 1, 2, 6 hanno forma simile a quelle delle 3, 4, 7. Le ascisse sono proporzionali ai valori reattivi e le ordinate ai quadrati di quelli attivi. In tal modo le (6) e (7) sono rappresentate da un fascio di rette uscenti dal punto S.

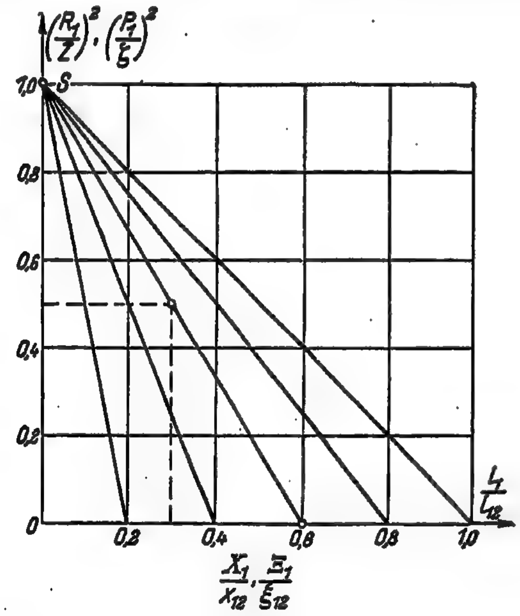


Fig. 8.

Se ad es. per un dato guasto le misure danno $R_1^2 = 0{,}5$ (per $z = 1$) e $X_1 = 0{,}3$ (per $x_{12} = 1$) si può segnare sul diagramma un punto che collegato con S a mezzo di una retta, (caratteristica della eguaglianza 6) dà sulla scala delle ascisse, (proporzionale alle lunghezze) un valore $l_1/l_{12} = 0{,}8$.

B) *Caso di guasto non seguito da rottura del conduttore.*

Bisogna sostituire allora nella (7) al valore ξ_1 quello di ξ_{12}. Però in questo caso già per un valore di

$$\zeta = \frac{1}{500} \text{ mho e } A_1 = \frac{1}{2500} \text{ mho}$$

l'approssimazione che si raggiunge è insufficiente. Infatti il valore di Z_1 per $l_1 = 0$ oppure per $l_1 = l_{12}$ varia solo del 4 %.

Si tratta quindi di studiare un processo che permetta di superare questa difficoltà.

A tale scopo, messo in corto circuito l'altro estremo del circuito attraverso una resistenza $W_2 = z$ (resistenza d'onda) (fig. 7*d*), si osserva che il tratto l_2 ha le componenti reattive delle sue caratteristiche uguali a zero per quanto si è detto precedentemente (equazione 5). Ossia $R_2 \cong W_2 \cong z$.

Quindi si ricade dal caso B in quello A già esposto. Inoltre l'approssimazione dei risultati per forti valori della resistenza W_1 è aumentata, poichè ad es. per $W_1 = 2500$ ohm, con $z = W_2 = 500$ ohm, la resistenza che influisce sulla determinazione della distanza del guasto, risulta essere

$$W \cong 420 \text{ ohm} \quad \text{e} \quad \left(\frac{W}{z}\right)^2 \cong 0{,}7$$

(fig. 7 *e*) e nella equazione 2 il valore di X_1 è ancora il 30 % di x_1.

In entrambi i casi A e B, quando si abbandonino le semplificazioni introdotte a titolo di abbreviazione nello studio precedente, si osserva che il fascio di rette del diagramma della fig. 8 diventa effettivamente un fascio di curve che non si tagliano più esattamente nel punto S. La curvatura delle caratteristiche per una corrente di 100 periodi è tuttavia solo sensibile da 50 km in poi. Onde evitare l'impiego di una scala quadratica per le misure di R_1 e P_1 si possono costruire le caratteristiche anche in forma parabolica (fig. 9 per il caso A. Per il caso B

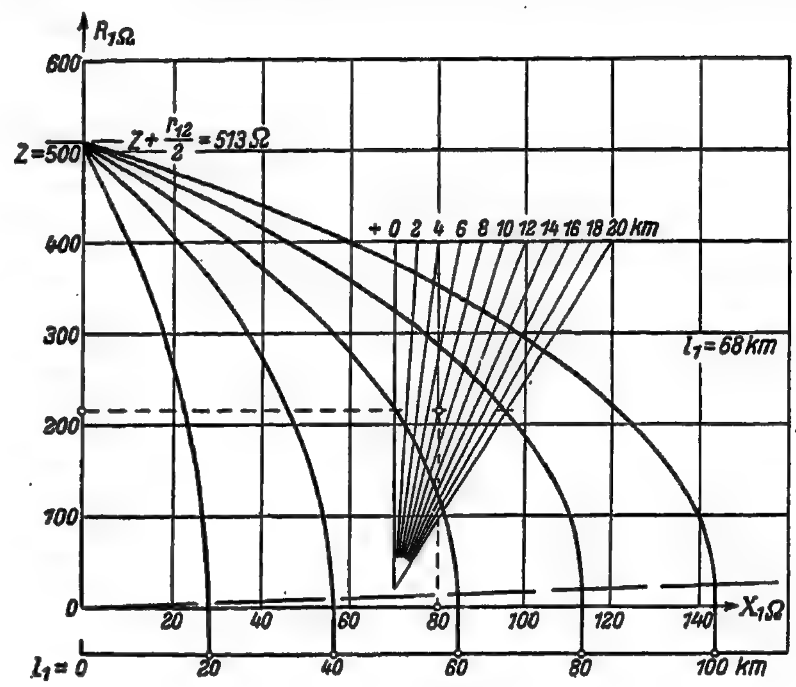


Fig. 9.

le curve si incontrerebbero tutte esattamente nel punto di intersezione della caratteristica per 100 km colla R_1). Nell'esempio segnato sul diagramma della fig. 9 si vede come per $R_1 = 210$ ohm e $X_1 = 80$ ohm il posto ove è avvenuto un guasto in linea rimarrebbe compreso fra i 40 e i 60 km. Poichè per il fascio di parabole per un intervallo sufficientemente piccolo (nel nostro caso 20 km), la distanza orizzontale tra 2 curve consecutive varia solo poco col variare di l è possibile fare l'interpolazione a mezzo di un fascio di raggi equidistanti uscenti da un punto. Tracciando questo su un foglio trasparente, e spostandolo in modo da far combinare gli estremi del fascio coll'intersezione delle curve consecutive in esame e la orizzontale passante per il punto caratteristico del guasto avvenuto, si ha l'esatta interpolazione (km 40+8 nel caso esemplificato).

Grado di approssimazione.

Ponendo $\gamma = \dfrac{W_1}{z}$ e rispettivamente $\gamma = \dfrac{A_1}{\zeta}$ nel caso del conduttore rotto,

e $$\gamma = \frac{1}{1 + \dfrac{Z}{W_1}} \text{ nel caso del conduttore intatto}$$

l'errore X_0 e Z_0 in ohm e in mho conduce ad una inesattezza di l' in km

e l'errore R_0 e P_0 in ohm e in mho conduce ad una inesattezza di l'' km

Avremo allora

$$l' = \alpha \frac{X_0}{x} \quad \text{e rispettivamente} \quad = \alpha \frac{Z_0}{\xi}$$

$$l'' = \beta \frac{R_0}{z} l_1 \qquad \text{»} \qquad = \beta \frac{P_0}{\zeta} l_1$$

L'errore complessivo sarà $l_0 = l' + l''$ km.

Ad esempio per:

$X_{max} = 400$ ohm $\quad X_0 = \pm 1$ ohm $= 0,25\%$
$R_{max} = 600$ » $\quad R_0 = \pm 1$ » $= 0,25\%$
$Z = 500$ » e $W_1 = 400$ »

si avrebbe (vedi fig. 10) *Caso A*. $\gamma = 0,8$

$$\alpha = 2,8 \quad \beta = 4,4$$

$$l' = 2,8 \frac{1}{14} = 2,0 \text{ km}$$

$$l'' = 4,4 \frac{1,5}{500} = 100 = 1,32 \text{ km}$$

e $l_0 = 3,32$

Caso B.

$l_0 = 3,32$ km per $W_1 = 2000$ ohm.

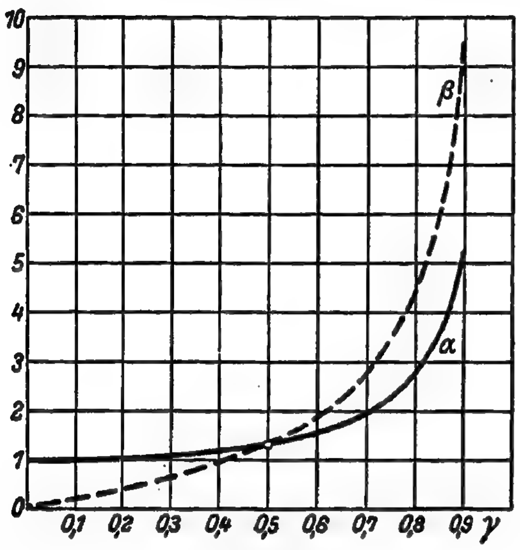


Fig. 10.

Dunque riassumendo, l'errore è ancora praticamente tollerabile per i seguenti valori:

Con rottura del conduttore:

$W_1 \cong 0 \ldots . 0,9\, z \qquad z = 500 \ldots . 600$ ohm

$A_1 \cong 0 \ldots . 0,9\, \zeta \qquad \zeta = \frac{1}{500} \ldots . \frac{1}{600}$ ohm

Senza rottura del conduttore:

$W_1 \cong 0, \ldots \ldots 10\, z.$

Requisiti tecnici dell'apparecchio di controllo dei guasti in linea.

1) Relativamente alle grandezze da misurare si richiede:

a) per la misura delle resistenze:

di poter essere in grado di misurare la resistenza ohmica da o fino al valore massimo della resistenza d'onda $\sqrt{\frac{L}{C}}$ competente alla linea in questione (circa 600 ohm);

di poter essere in grado di misurare la reattanza da o fino al valore massimo corrispondente alla maggior lunghezza di linea che si può supporre affetta da corto circuito (circa 120÷160 ohm ogni 100 km per corrente a 100 periodi, a seconda che venga impiegata una fase o la terra come circuito di ritorno):

b) per le misure della conduttanza:

bisogna essere in grado di misurare questo valore nel campo compreso fra o ed il valore massimo di $\sqrt{\frac{C}{L}}$ competente alla linea (circa 2000×10^{-6} mho);

bisogna pure essere in grado di poter misurare il valore della suscettanza dal valore o fino a quello competente al massimo sviluppo di linea che si possa supporre affetto da corto circuito ($420 \div 550 \times 10^{-6}$ mho per ogni 100 km per 100 periodi).

2) La esattezza delle misure delle componenti reattive deve essere indipendente dall'angolo di fase dell'apparecchio di misura.

3) Le misure della componenti attive e reattive devono essere possibilmente indipendenti le une dalle altre.

4) Le commutazioni atte ad eseguire le misure delle singole grandezze devono essere previste in modo da evitare una possibilità di errori materiali.

5) Le piccole variazioni della frequenza della corrente impiegata per le misure non devono influire sull'esattezza dei risultati.

6) Le correnti indotte dalla vicinanza di altre linee a quella in esame non devono sensibilmente influire sui risultati.

7) Gli apparecchi di misura devono avere possibilità di controllo.

8) Gli apparecchi di misura ed il personale addetto devono essere protetti contro eventuali scariche che si inducessero attraverso la linea ad alta tensione.

Scelta dei metodi di misura.

Dopo vari tentativi si è venuti alla conclusione che il sistema meglio rispondente alle 8 condizioni suesposte è quello a ponte, con wattmetro a zero (vedi fig. 11 *a* per la misura delle resistenze e fig. 11 *b* per la misura delle conduttanze). Nei punti *a* e *b*

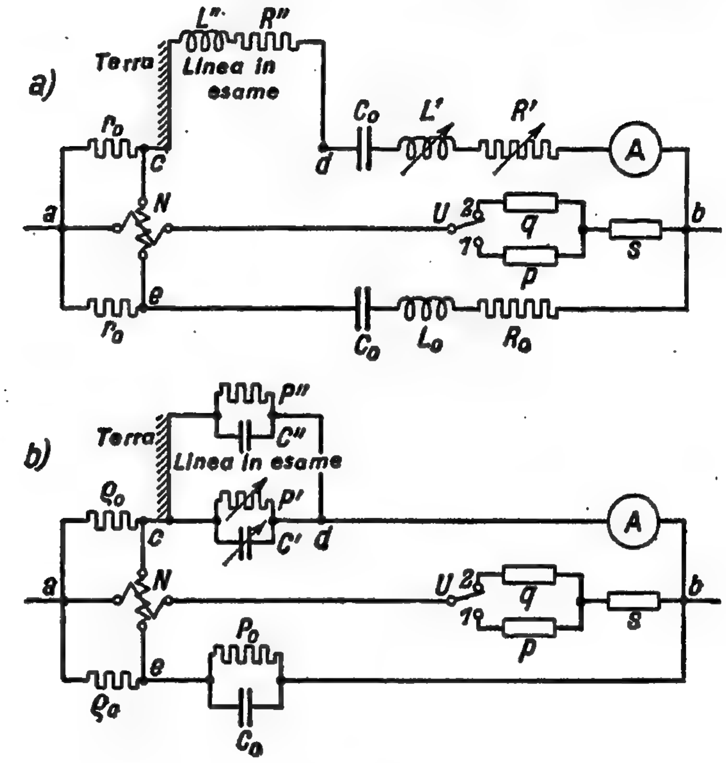


Fig. 11.

esiste una differenza di potenziale indotta da un generatore di corrente a 100 periodi, frequenza questa che non viene sensibilmente influenzata dalle correnti indotte comprese tra 16,2/3 e 50 periodi.

Per la misura della resistenza, i rami *ae* e *eb* sono provvisti delle resistenze fisse r_0 e R_0, della induttanza fissa L_0 e della capacità fissa C_0. Gli altri due rami sono rispettivamente *ac* e *cdb*, provvisti della resistenza fissa r_0 e di quella variabile R'; della induttanza variabile L' e della capacità fissa C_0. Esistono inoltre la induttanza L'' e restistenza R'' che sono rispettivamente la induttanza e la resistenza del circuito da misurare (linea).

In N esiste un wattmetro a zero avente la bobina fissa sulla diagonale *a-b* e quella mobile sulla *c-e*; il commutatore U permette di inserire in serie alla bobina fissa successivamente la resistenza p oppure il sistema q atto a sfasare la corrente di 90° rispetto alla tensione, nonchè il filtro di frequenza s.

I valori di C_0 e L_0 sono stati scelti in modo di portare il circuito in risonanza per la frequenza di 100 periodi (con che la reattanza è nulla).

Quando il wattmetro avrà l'indice a zero esisteranno allora le seguenti relazioni:

$$R' + R'' = R_0 \quad ; \quad R'' = R_0 - R'$$
$$\omega L' + \omega L'' = \omega L_0 \quad ; \quad \omega L'' = L_0 - \omega L'$$

Per raggiungere queste condizioni bisogna variare rispettivamente R' ed L' fino a soddisfare le eguaglianze scritte. Notando che la frequenza impiegata per le misure ha degli scarti piccolissimi e ricordando che le misure relative alla reattanza sono proporzionali alla frequenza, si vede come detti valori reattivi non siano praticamente influenzati dalla frequenza della corrente di misura. Il wattmetro a zero N può indicare il passaggio di corrente quando si manovri il commutatore U soltanto nel caso che esista una differenza di potenziale fra i punti c ed e, avente una componente in fase con la corrente del ponte o a 90° da questa. Onde ottenere la indipendenza delle misure delle componenti attive da quelle reattive, si metterà in un primo tempo il commutatore U nella posizione 2, indi si porterà

il wattmetro a zero, operando sulla bobina L'. Dopo di che, logicamente, tra e e c non esisterà più alcuna differenza tra le componenti reattive della tensione e sarà possibile determinare il valore di L''. Indi si porterà il commutatore nella posizione 1 e si opererà su R' fino a riportare il wattmetro a zero, con che fra i punti c ed e verrà annullata anche la differenza fra le componenti attive della tensione. Sarà allora possibile determinare il valore di R'.

Il ponte atto alla misura della conduttanza della linea (fig. 11 *b*) differisce sostanzialmente da quello prima descritto per il fatto che le grandezze P' e C' variabili sono non più in serie con quelle P'' e C'' da determinarsi, ma bensì in parallelo. Quando il wattmetro è a zero sussisteranno le relazioni seguenti:

$$P' + P'' = P_0; \quad \omega C' + \omega C'' = \omega C_0; \quad \omega C'' = \omega C_0 - \omega C'$$

In questo schema, si misura prima il valore di P'' e poi quello di C''. Corrispondentemente a quanto si è fatto nello schema fig. 11 *a* bisognerebbe realmente collegare in parallelo con la C_0 e la C' una induttanza della grandezza $L_0 = 1/\omega^2 C_0$ (condizione di risonanza della corrente) e ciò allo scopo di ottenere la indipendenza delle misure delle componenti attive e reattive. Quando si sceglie tuttavia un rapporto sufficientemente grande tra il valore della conduttanza ρ_0 e quello di $\sqrt{P_0^2 + \omega^2 C_0^2}$, e quando il valore della conduttanza dell'istrumento N è piccola rispetto a ρ_0, allora la caduta di tensione dovuta a ρ_0 dipende in grandezza e fase quasi esclusivamente dai valori delle componenti attive e reattive dovute a P_0 e ωC_0. In tal modo la condizione richiesta di indipendenza tra le misure della corrente attiva e reattiva viene automaticamente raggiunta.

La tensione impiegata per le misure tra i morsetti A e B è di 440 V e la corrente misurata attraverso l'amperometro A dà un valore di circa 0,65 A. Per economia di spazio si fanno abbastanza piccole le bobine delle resistenze variabili, ma in compenso le manopole di comando sono rapportate con una esaltazione di movimento da 4 a 1. Speciali accorgimenti sono previsti perchè durante le variazioni di L' (variazioni che richiedono l'inserzione di un numero maggiore o minore di spire) il valore della resistenza R' rimanga costante.

Non è priva di difficoltà la inserzione del wattmetro a zero poichè il suo campo deve essere commutabile a 0 ed a 90° e deve essere collegato con il filtro selettivo delle frequenze. Per questo circuito si richiedono pertanto le seguenti condizioni:

1) Il filtro deve avere praticamente una resistenza grandissima per tutte le frequenze parassite e specie per quella a 50 periodi, mentre deve essere tale da lasciar passare senza alcuna distorsione la frequenza di 100 periodi.

2° I due circuiti che devono essere successivamente inseriti col commutatore U devono avere entrambi una identica impedenza, con che le correnti nella bobina del campo dell'istrumento saranno uguali in valore numerico pur essendo sfasate di 90°.

3) Il filtro non deve portare alcun disturbo sulla corrente di misura; inoltre esso deve poter essere sostituibile con una impedenza.

La fig. 12 indica gli accorgimenti adottati a tale scopo. La commutazione atta a portare uno sfasamento di 90° è visibile nella fig. 12 *a*, sul circuito $A\ B\ C$, mentre il circuito $A\ D\ C$ dà la corrente in fase. La bobina wattmetrica è indicato schematicamente in N. I corrispondenti diagrammi di corrente e di tensione sono visibili nelle figure 12 *b* e 12 *c*.

Il circuito atto a fungere da filtro CG consta di un doppio circuito di risonanza; in esso lo sbarramento C-E è in risonanza con la corrente indotta a frequenza di massimo disturbo (50 periodi). Questo circuito ha pertanto una grandissima impedenza per una corrente di tale frequenza, mentre rappresenta un piccolo ostacolo a quella di 100 periodi (vedi fig. 12 *e* e 12 *d*). Inoltre le reattanze x_3 e y_4 sono calcolati in modo da avere un risonanza fra i punti C e G per la frequenza di misura in modo che il tratto CG rappresenti per essa semplicemente una resistenza ohmica. Le corrispondenti cadute di tensione sono indicate nella fig. 12 *e* da $E\ F$ ed $F\ G$. Il valore di $\varepsilon = \frac{x_3}{x_1}$ deve essere preso in modo da avere una conducibilità minima per le frequenze che possono dare dei disturbi (comprese tra 50 e 16 periodi). Per la contemporanea eliminazione dei disturbi provocati da queste ultime si è visto essere conveniente fare $\varepsilon = 0{,}83$. Con ciò si è praticamente constatato che per una corrente di 0,65 Amp. il valore delle tensioni che possono disturbare l'esattezza delle misure non raggiungono il 7 % della tensione applicata. L'impiego del filtro può indurre a degli errori durante eventuali oscillazioni della frequenza della corrente di misura, ma si è già osservato a questo proposito che questa varia pochissimo ed in modo tale da non causare preoccupazioni. Invece viene disturbata la indipendenza delle misure sulle componenti attive e reattive. Onde eliminare praticamente questo inconveniente si sostituisce in un primo tempo al filtro un'opportuna impedenza e si riduce a zero il wattmetro, riservandosi poi di ricontrollare il valore zero inserendo il filtro.

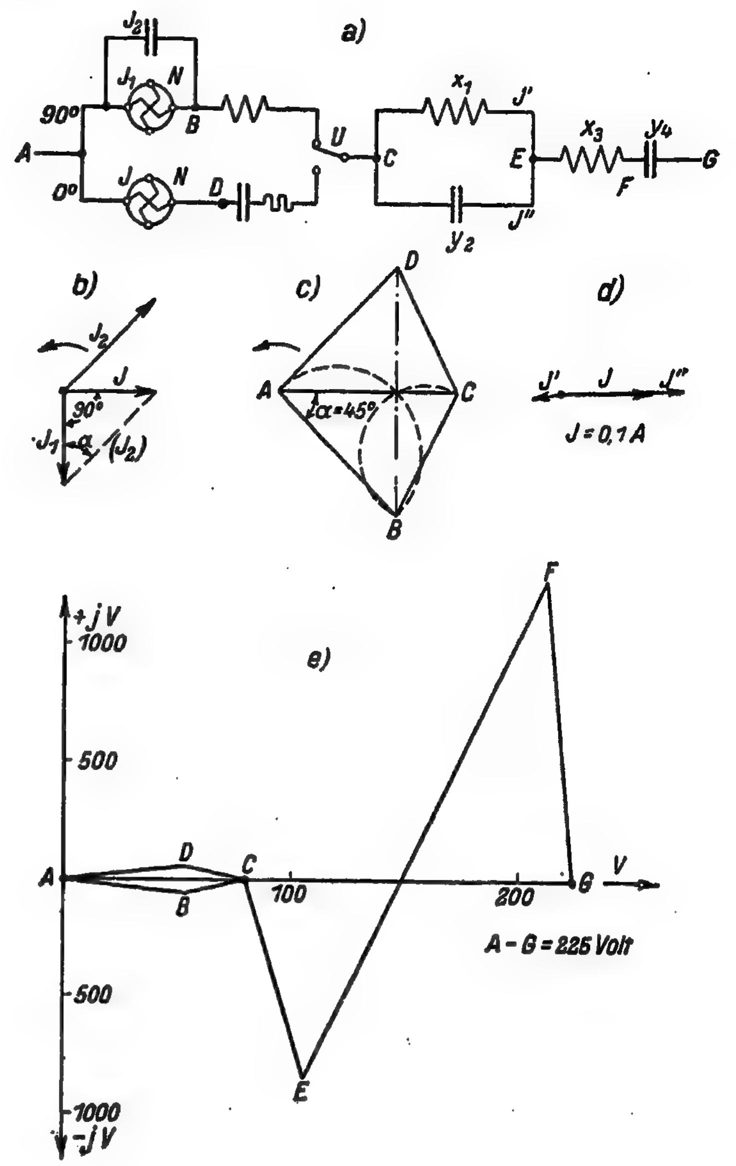


Fig. 12.

Descrizione di una stazione di prova.

Nella fig. 13 è indicata la vista di uno di questi apparecchi pratici per la ricerca dei guasti in linea. In alto a sinistra si trova l'amperometro, a destra il frequenzimetro, al di sotto di questi trovasi il wattmetro a zero.

La fila verticale delle prime tre manopole a sinistra è situata sotto una lampada rossa e serve per la misura della induttanza, mentre la fila verticale successiva verso destra è costituita di 2 manopole situate sotto una lampada azzurra e serve per la misura della resistenza ohmica. L'altra fila di due manopole a destra situata sotto una lampada verde serve per la misura della conduttanza; l'ultima fila di tre manopole situata sotto una lampada gialla serve infine a determinare il valore della suscettanza.

Il commutatore che si trova nel mezzo e direttamente al di sotto del wattmetro a zero, ha la possibilità di essere girato 90° a sinistra oppure a destra dalla sua posizione verticale di riposo. Da entrambe le parti esso ha tre posizioni di arresto. Sulla posizione «10 % inserito» la bobina mobile del wattmetro viene collegata con una resistenza di protezione dieci volte il valore normale della diagonale del ponte. Girando il commutatore a sinistra si inserisce la bobina fissa del wattmetro nella corrente sfasata di 90°, e si accendono le lampade rossa o gialla mentre girando a destra la si inserisce in quella in

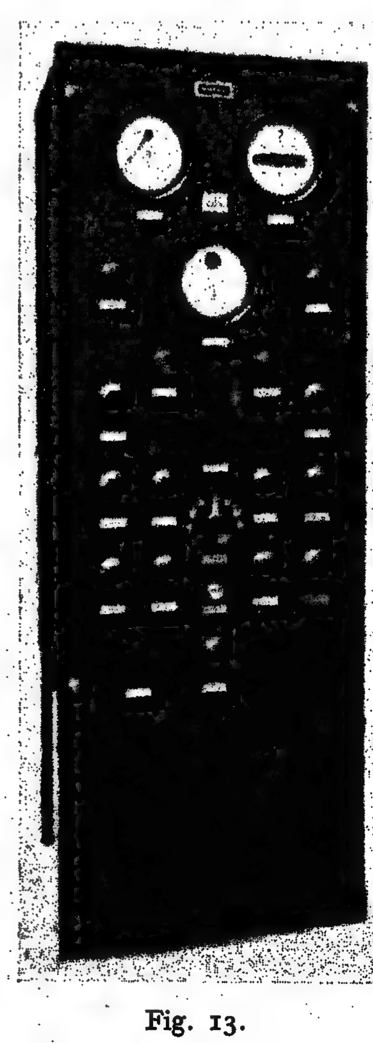


Fig. 13.

fase e si accendono le lampade azzurra o verde. In entrambi i casi il filtro è escluso e sostituito da una impedenza equivalente. Alla posizione «100 % inserito» del commutatore, sia a destra che a sinistra, la resistenza protettiva viene chiusa in corto circuito. Infine sulla posizione «filtro» viene automaticamente sostituito il filtro alla equivalente impedenza. Le resistenze di protezione hanno lo scopo di salvaguardare il più possibile il wattmetro a zero. Inoltre la molteplicità delle manopole in ciascuna fila servono per la regolazione grossolana (manopola superiore) e fine (manopole inferiori).

Al di sotto del commutatore descritto (che chiameremo *C*), ne esiste un altro *W L* che permette di passare dal circuito dello schema fig. 11 *a* a quello della fig. 11 *b* e illumina quindi le lampade rosse e gialle o azzurre e verdi, inserendo i circuiti delle manopole sottostanti. Il commutatore *G* a sinistra in basso serve infine per mettere in azione il generatore della corrente di misura a frequenza 100 periodi. Quando esso si trova nella posizione «disinserito» di mezzo, allora il generatore è fermo, ma l'apparecchio rimane collegato alla linea in esame; nel qual caso si può misurare la tensione indotta dall'esterno ad es. da linee parallele.

Quando è possibile, è bene istallarere un tale apparecchio di misura non solo ad uno, ma bensì ad entrambi gli estremi della linea in esame.

Istruzioni pratiche per il funzionamento.

1) Il generatore deve essere messo a terra girando il commutatore *G* descritto nella posizione in cui anche l'intero apparecchio rimane isolato dal complesso del sistema di misura.

2) Il commutatore *WL* atto a passare dallo schema fig. 11*a* allo schema fig. 11*b* deve essere girato a sinistra ossia sullo schema fig. 11*b* e così pure tutte le manopole sotto le lampade.

3° Si collegano l'una dopo l'altra allo strumento le fasi della linea guasta in questione operando nel seguente modo dopo ogni collegamento.

4) Il commutatore *G* del generatore della corrente di misura si porta nella posizione « disinserito ». L'amperometro dà allora il valore della corrente indotta sulla linea aerea in esame da linee vicine.

5) Si mette in azione il generatore della corrente di misura.

6) Il commutatore centrale viene portato a sinistra sulla prima posizione « 10 % inserito » e si osserva il comportamento del wattmetro a zero; se la lancetta va a sinistra allora lo si riporterà a zero girando a destra le manopole situate sotto la lampada rossa e viceversa. Le manopole superiori sono per la regolazione grossolana e quelle inferiori per quella fine.

Dopo di che si porterà il commutatore centrale nella posizione destra « 10 % inserito » e si riporterà a zero il wattmetro indicatore operando sulle manopole situate sotto la lampada azzurra.

Indi si riporta il commutatore centrale nella posizione di sinistra « 100 % inserito » e poi su quella a destra « 100 % inserito » riportando sempre il wattmetro a zero, operando prima sulle manopole sotto la lampada rossa e poi su quelle sotto la lampada azzurra.

Indi si mette il commutatore centrale nella posizione mediana « filtro » e si verifica se il wattmetro è a zero.

Infine basterà leggere i valori di rotazione delle manopole e ricavarne i rispettivi dati sulle tabelle già calcolate e relative allo strumento.

7) Qualora con le manopole situate sotto le lampade rossa e azzurra non fosse possibile mettere il wattmetro a zero, allora si inizia portando il commutatore *WL* a destra e si eseguiscono le operazioni identicamente, ma con le manopole situate sotto le lampade gialle e verdi.

8) Quando le misure danno i valori corrispondenti alla linea di intera lunghezza, allora ciò sta a indicare che la fase presa in considerazione è sana.

9) In caso contrario la fase dovrà essere messa a terra al suo estremo attraverso una predisposta resistenza uguale in valore alla impedenza caratteristica delle linee.

10) Riprese le misure, se si hanno gli stessi valori di prima, ciò sta a indicare che la fase ha una interruzione del conduttore; in caso contrario esiste un corto circuito a terra senza rottura del filo.

11) Per la verifica dello strumento si procede come segue:

a) si mettono in corto circuito a terra i morsetti di uscita dell'apparecchio; allora le manopole situate sotto le lampade rosse e azzurre devono essere sulla posizione zero affinchè il wattmetro non segni;

b) lasciando i morsetti di uscita isolati le manopole situate sotto alle lampade verdi e gialle devono essere nella posizione zero affinchè il wattmetro non segni.

12) I conduttori di collegamenti tra l'apparecchio di misura e l'oggetto della misura devono essere tali da avere praticamente la stessa resistenza d'onda come la linea in esame.

I vantaggi di questo sistema consistono oltrechè nella semplicità e facilità di manovra anche nell'essere indipendente dall'azione disturbatrice di induzioni dovute a linee vicine; pertanto questo metodo potrà essere applicato anche per la ricerca di guasti su una linea situata su palificazione a più terne.

***

Altri apparecchi per la identificazione dei guasti sono infine alimentati con corrente continua e possono essere impiegati anche colle linee in tensione.

Uno di questi sistemi modernissimi si basa sulla riflessione di un'onda migrante lungo il conduttore (fig. 14). A mezzo di un interruttore *S* si devia contemporaneamente il raggio catodico di un oscillografo e si carica il condensatore *C* attraverso la resistenza *R* finchè in *F* scocca una scintilla. Questa genera un'onda che, superata la resistenza *R*, si propagherà lungo il conduttore in esame.

Se il conduttore è sano, l'onda si rifletterà all'estremità isolata con un raddoppio di tensione e ritornerà al punto di partenza dopo un tempo proporzionale a $2\, l_E$.

Se il conduttore è rotto ad una distanza l dal posto di misura e se esso rimane isolato, si avrà l'oscillogramma come in fig. 14*a*. Se invece il punto dove esiste il guasto è a terra, si avrà un oscillogramma tipo fig. 14*b*. Infine se c'è un contatto a terra ma senza rottura del filo allora l'oscillogramma ha la forma della fig. 14*c*.

Tutta la difficoltà sta nella esatta misura del tempo. Si può notare che l'apparecchio di misura può essere collegato alla linea in esame attraverso condensatori tali da permettere l'esecuzione delle ricerche anche con linee in tensione.

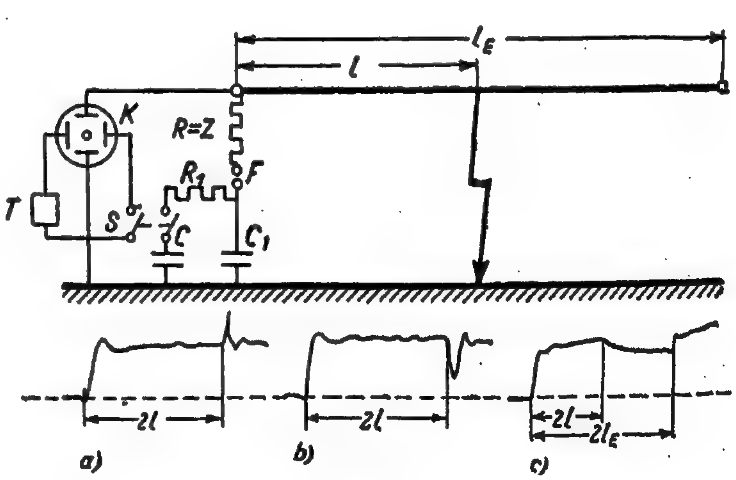


Fig. 14

Molti esercizi di linee elettriche si servono infine di un sistema semplicista, ma non del tutto disprezzabile, che consiste nel pagare un premio ai privati che avvertano immediatamente le direzioni degli impianti dei guasti avvenuti lungo le linee in prossimità del luogo ove essi risiedono.

G. R. M.

RASSEGNA TECNICA

a) L'IMPIANTO IDROELETTRICO DELLO "STUBACH" (1° salto).

Elektrotechnik und Maschinenbau, N. 22, 23, 24, 1931. – A. HRUSCHKA.

GENERALITÀ. – La centrale idroelettrica 1° salto dello Stubach e l'impianto ausiliario del Grünsee, che formano oggetto della descrizione dell'A., appartengono al gruppo orientale di impianti che alimentano la rete ferroviaria elettrificata dalle Ferrovie Federali Austriache. Il primo dei due impianti sfrutta le acque del bacino del Tauernmoos sotto un salto medio di 520 m circa fra il Tauernmoossee (1984÷2003 m) e l'Enzingerboden (1473 m); il secondo impianto, destinato più propriamente all'alimentazione dei servizi ausiliari ed a fornire l'energià ai cantieri per la costruzione delle centrali del secondo e terzo salto dello Stubach, utilizza un salto di 240 m fra il Grünsee (1711 m) e l'Enzigerboden.

La superficie del bacino imbrifero che interessa il Tauernmoossee è di 23,4 km²; il serbatoio formato dallo sbarramento del Tauernmoos ha una superficie di 1,446 km² ed una capacità utile di 21 milioni di m³ corrispondenti ad una disponibilità di 19 milioni di kWh. È prevista in futuro l'immissione nel serbatoio principale dell'acqua del Weissee; il che porterà ad un aumento della superficie del bacino imbrifero fino a 28,2 km².

Le osservazioni sistematiche per 7 anni hanno permesso di stabilire le seguenti caratteristiche idrologiche:

Portate da novembre ad aprile:

0,45	0,15	0,10	0,07	0,11	0,25	m³/sec.

Portate da maggio ad ottobre:

2,29	3,49	4,27	3,78	2,27	0,73	»

Questi valori della portata naturale sono riferiti ad una annata di medie precipitazioni e non tengono calcolo del possibile futuro contributo del lago Weiss. Con quest'ultimo, da una disponibilità media di energia di 43,64 milioni di kWh/anno, si passerà ad una disponibilità di 52,64 milioni di kWh/anno. Si può quindi disporre di una potenza di 4990 kW per tutto l'anno senza il contributo del Weissee e di una potenza di 6000 kW col contributo di quest'ultimo lago.

COSTRUZIONI SUL TAUERNMOOS E CONDOTTA FORZATA (1). – La diga di sbarramento è stata costruita del tipo a gravità in calcestruzzo plastico con paramenti rivestiti di pietrame. Essa ha una lunghezza di 190 m, un'altezza di 25 m ed un volume di 28 000 m³. Il rapporto fra la larghezza massima e l'altezza è uguale a 0,75; il rapporto fra il volume e quello utile d'invaso è di 1:765. La galleria di scarico è rivestita con tubi di ferro del diametro interno di 2 m e dello spessore di 8 mm, dimensionati per una portata di 50 m³/sec. Questi tubi sono stati impiegati per lo smaltimento delle acque durante la costruzione del serbatoio; attualmente, il diametro della galleria all'estremità a valle è ridotta fino ad 1 m. Questo diametro è sufficiente per lo scarico del serbatoio. Tutti i dispositivi posti all'estremità del tubo di scarico: saracinesca, valvola a farfalla, coperchio terminale, sono fortemente ancorati perchè devono resistere alle sollecitazioni dinamiche dell'acqua che può scaricare con una velocità di 23 m/sec. Un canale di ventilazione del diametro di 150 mm ha lo scopo di impedire colpi bruschi all'apertura della valvola.

(1) Per la parte delle costruzioni idrauliche vedasi anche: *L'E. E.* 1930, N. 1, pag. 74.

La galleria forzata di presa, mediante la quale l'acqua viene derivata attraverso ad una griglia a due gradini ed a tre paratoie, è biforcata in due condotte in corrispondenza del pozzo di manovra. Su ciascuna delle due condotte è inserita una valvola automatica ed una valvola comandata. Il pozzo di manovra è alto 34 m e termina, nella parte superiore, in corrispondenza di una piccola abitazione per il personale di servizio.

La condotta forzata, che collega il pozzo di manovra alla centrale, si sviluppa per una lunghezza di 1810 m, vincendo un dislivello di 500 m. Il suo asse forma una spezzata a 4 lati rettilinei che corrispondono ad altrettanti tronchi a diversa pendenza. I quattro tronchi hanno, rispettivamente, una lunghezza di 470, 549, 614, 177 m ed una pendenza del 15,21; 31,22; 47,96; 0 %. La lunghezza sviluppata della galleria è di 1722 m. La condotta del primo tronco è in lamiera chiodata, ha un diametro interno di 1800/1700 mm ed uno spessore variabile da 9 a 16,5 mm. Gli altri tronchi hanno i tubi in lamiera saldata con diametro interno variabile da 1600 a 1200 mm ed uno spessore che arriva fino ad un massimo di 46 mm. La portata massima della condotta è stata fissata in 8 m³/sec; la velocità dell'acqua nella parte inferiore in 7,1 m/sec. La condotta è stata calcolata: per una sovrapressione dinamica interna del 15%, con un grado di sicurezza 5 per le sollecitazioni dovute alla pressione esterna a condotta interamente vuota, per una usura di 2 mm di spessore ed, infine, con un coefficiente di sicurezza di 4÷5 contro lo strappamento e di 5÷7,7 contro il taglio dei chiodi.

CENTRALE. – Il fabbricato della centrale è stato costruito con pianta a T per ragioni di economia e per eventuali futuri ampliamenti in tutte le direzioni (fig. 1). La sala macchine è stata costruita per ricevere cinque gruppi: essa comprende pure un locale di smontaggio, un'officina, ed un locale per il trattamento dell'olio. Le apparecchiature ed i quadri sono riuniti in un fabbricato a 2 piani formante corpo con la sala macchine e con asse longitudinale a 90° rispetto all'asse longitudinale di quest'ultima (fig. 2). All'aperto, ai lati del fabbricato apparecchi, sono montati i trasformatori principali.

Turbine. – Direttamente dalla condotta forzata proveniente dal Tauernmoossee si derivano i tubi di immissione nelle ruote Pelton dei 4 gruppi principali. L'immissione in ciascuna turbina avviene attraverso ad una saracinesca con una luce libera di 500 mm, comandabile, a mano oppure elettricamente, con l'intervento di un servomotore. Le turbine sono state costruite per 8000 HP, 472 m di caduta, 500 giri/min. La girante, avente un diametro medio di 1700 mm ed un peso di 3,3 t, com-

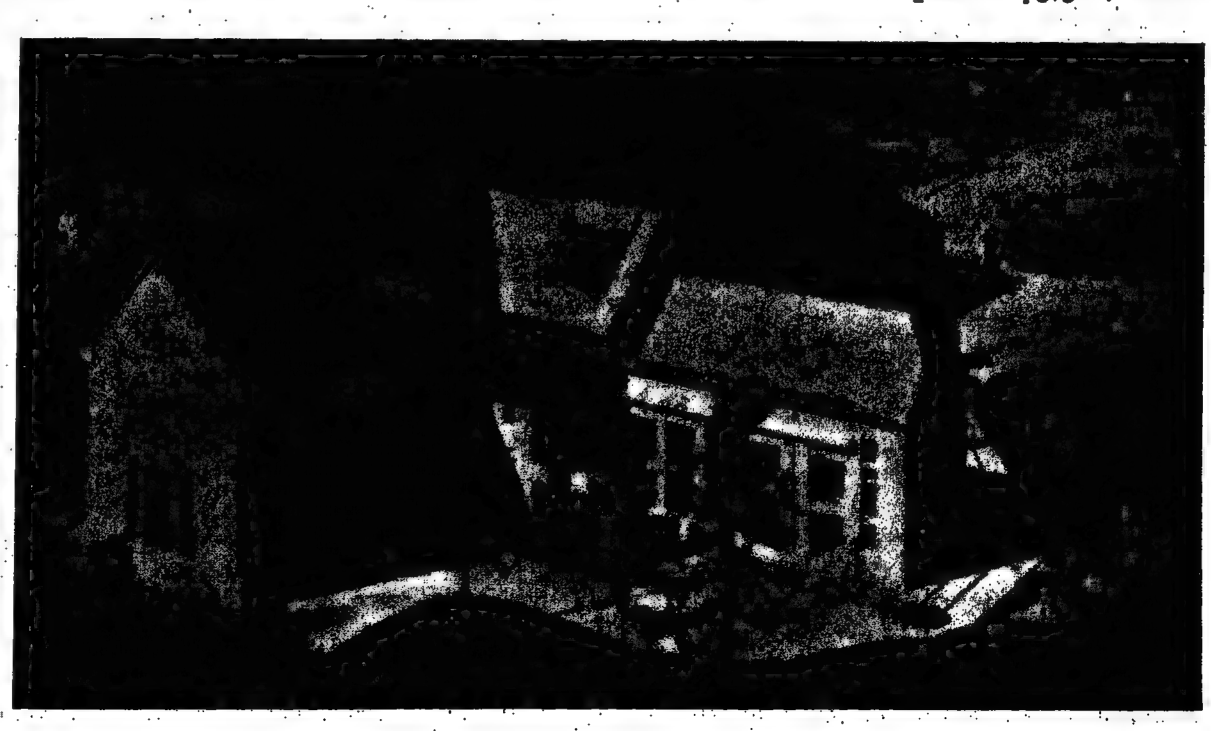


Fig. 1. - Veduta generale della centrale.

porta 22 palette di acciaio fuso imbullonate sulla sua corona. La bocca del distributore, in acciaio speciale, ha un diametro di 145 mm; la spina è pure costruita in acciaio speciale ed ha le guide in bronzo. È stata posta una particolare attenzione al pericolo di sovrapressioni idrauliche dovute ad aperture brevi e rapide dell'otturatore. Mediante opportuno strozzamento è stato possibile ridurre tali sovrapressioni ad un massimo tollerabile, compatibilmente con cadute di velocità limitate.

Gli alternatori sono completamente chiusi ed autoventilati la loro piastra di base è distinta da quella delle turbine ac coppiate. I gruppi sono a tre supporti, di cui due per gl alternatori. Sull'albero è montato un volano di acciaio M. S del peso di 12 t con diametro di 3 m. Il volano è montato nel l'interno della carcassa del relativo generatore e contribuisce alla ventilazione di questo.

Gli avvolgimenti di statore e del rotore non hanno nulla

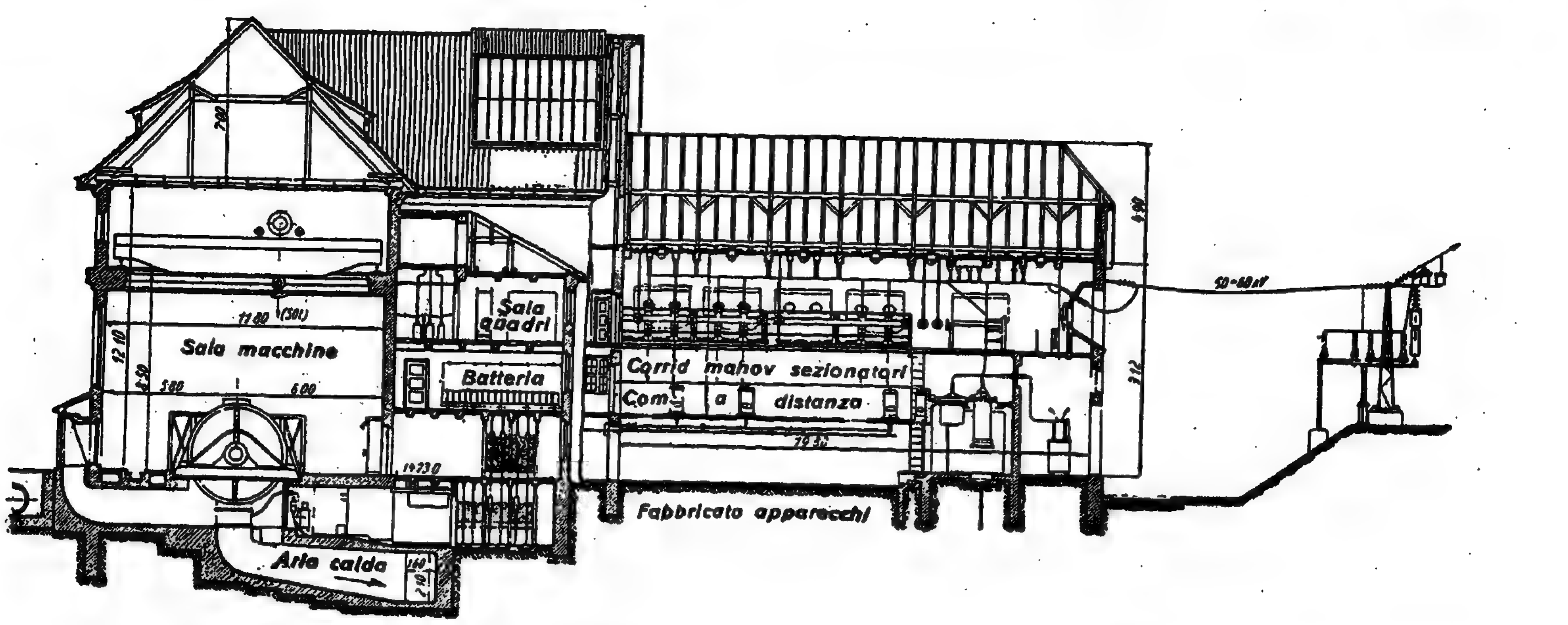


Fig. 2. - Sezione longitudinale del fabbricato apparecchi e sezione trasversale della sala macchine e del locale dei comandi.

Da prove eseguite è risultato che, in seguito a brusche variazioni di carico, le variazioni temporanee di velocità e di pressione si mantenevano nei limiti qui indicati:

Variazione del carico (%)	*Variazione temporanea della velocità* (%) *misurata*	*garantita*	*Variazione temporanea della pressione* (%) *misurata*
— 25	+2,3÷ 3,0	+ 3	2,0÷2,7
+ 25	—2,5÷ 2,75	— 5	0,8÷1,5
— 50	+4,3÷ 5,5	+ 5,5	1,9÷2,9
+ 50	—5,4÷ 7,0	—10	1,0÷2,7
— 75	+5 ÷ 7,2	+ 8	1,5÷2,9
+ 75	—9,5÷14,75	—15	1,0÷1,9
—100	+6,3÷ 9	+11	0,8÷2,5

Questi risultati vennero ottenuti con tempi di chiusura variabili da 17 a 32 sec per l'otturatore e di 1/2 sec per il deviatore del getto.

I regolatori idraulici doppi sono stati costruiti con dispositivo atto a consentire la variazione, durante il servizio, del grado di irregolarità fra 1 e 5 %. La manovra è effettuabile con un volantino apposito.

Una serie di dispositivi di sicurezza è stata prevista allo scopo di provocare l'arresto dei gruppi al verificarsi di perturbazioni pericolose. Sono state considerate fra queste ultime: la rottura o lo scarrucolamento della cinghia di comando del regolatore, difetti di tenuta nel distributore, rottura di parti importanti. Due piccoli distributori supplementari hanno lo scopo di assicurare il raffreddamento di ciascuna girante, quando la turbina gira a vuoto e trascinata dal generatore funzionante da condensatore sincrono. È evitato in tal modo il pericolo di rottura delle palette alla riapertura del distributore principale.

I diagrammi della fig. 3 indicano il rendimento, la portata e l'apertura del distributore riferiti al gruppo 1. In particolare, per la turbina 1, i rendimenti misurati ai diversi carichi sono:

Potenza all'albero HP	2500	4000	5000	7000	8000
Rendimento %...........	86,5	88,9	88,8	87,8	87,3

La girante con l'albero pesa complessivamente 5,88 t e l'intera turbina 22,83 t.

Alternatori. – I generatori principali attualmente installati sono 4; è prevista l'installazione futura di due altre unità. Ciascun alternatore eroga corrente monofase a 16 2/3 per sec, 6300±5% V ed ha una potenza continuativa di 4000 kVA a 500 giri/min e cos φ = 0,7. I sovraccarichi ammessi sono:

5500 kVA per 30' a cos φ = 0,8
7500 kVA per 6' a cos φ = 0,8

a partire dal pieno carico e con un intervallo minimo fra un sovraccarico ed il successivo di 90'.

di particolare. Merita menzione l'avvolgimento smorzatore del rotore, largamente dimensionato.

Per la ventilazione di ciascun alternatore sono necessari 13 m³ d'aria al sec. Il raffreddamento dei due supporti richiede un quantitativo d'acqua eguale a 40 l/min. L'aria calda viene utilizzata per il riscaldamento della centrale.

I rendimenti dell'alternatore *I* risultano dalla fig. 3.

Potenza ai morsetti kVA ...	1000	2000	3000	4000	7500
Rendimento a cos φ=1 % .	88,0	92,7	93,9	94,1	93,1
Rendimento a cos φ=0,8% .	85,4	90,9	92,3	92,6	91,2

Durante il funzionamento a carico normale, sono state misurate le seguenti sovratemperature: nell'avvolgimento dello statore: 63°; nel pacco lamellare: 45° C; nell'avvolgimento

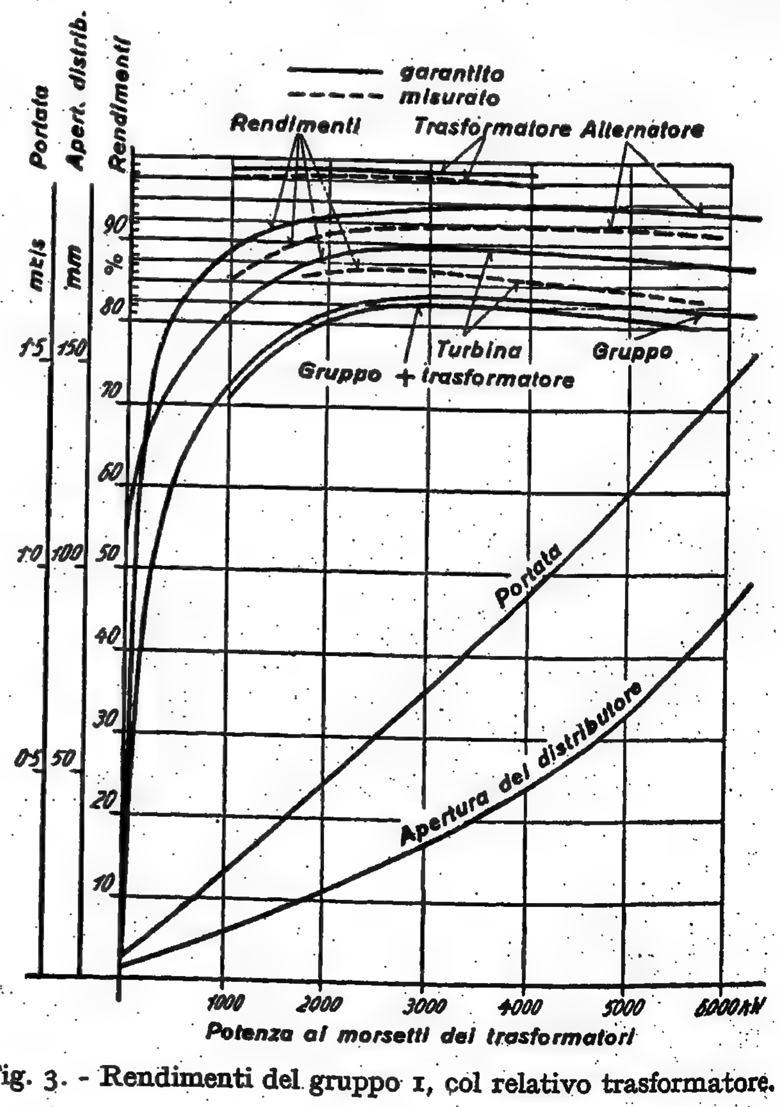


Fig. 3. - Rendimenti del gruppo 1, col relativo trasformatore.

smorzatore: 44°, nell'aria di ventilazione: 20°,5. All'estremità libera di ciascun alternatore sono montate due eccitatrici: una principale, ad eccitazione separata, con potenza variabile da 63 ad un massimo di 114 kW a 90÷120 V, 700÷950 A; una ausiliaria da 2,2 kW a 110 V.

Gli alternatori hanno un peso complessivo di 114 t; lo statore ed il rotore completo di eccitatrici pesano, rispettivamente, ca. 43 e 47 t.

Trasformatori. – I 4 trasformatori principali, che trasformano l'energia da 6 300 V a 57 500 V, sono del tipo in olio con raffreddamento ad acqua. Essi sono installati all'aperto e comportano il recipiente di espansione per l'olio. Gli avvolgimenti sono ad isolamento rinforzato e sono amarrati convenientemente per resistere ai più violenti cortocircuiti.

La misura del rendimento del trasformatore I ha dato i seguenti risultati:

Potenza kVA	1000	2000	3000	4000	7500
Rendimento a cos φ=1 %	98,71	98,88	98,71	98,44	97,40
Rendimento a cos φ=0,8 %	98,35	98,60	98,39	98,05	96,77

Le altre caratteristiche elettriche principali della macchina sono: tensione di cortocircuito: 5,1%; corrente a vuoto: 9 % (riferita a 4000 kVA); caduta di tensione: 9,5% (a 7500 e cos φ = 0,8).

Il rendimento globale del gruppo (*I*) riferito ai morsetti del trasformatore risulta:

Carico kVA	1000	2000	3000	4000	7800
Rendimento a cos φ=1 %	71,2	80,4	82,8	82,1	—
Rendimento a cos φ=0,8 %	65,4	77,2	80,3	80,7	77,6

Gruppi ausiliari. – I servizi ausiliari sono alimentati da gruppi speciali comandati da 3 turbine. Di queste 2 utilizzano l'acqua del serbatoio principale e la terza l'acqua del Grünsee (239 m di caduta). I gruppi sono due e comprendono:

I° Gruppo : 1 ruota Pelton da 520÷585 HP a 750 giri/min; 1 alternatore trifase da 240 kVA, 5 kV, 50 per/sec con la relativa eccitatrice; 1 dinamo a c.c. da 185 kW, 220 V; una survoltrice da 12,1 kW, 112/130 V.

II° Gruppo : 1 ruota Pelton da 752 HP a 750 giri/min, 1 ruota Pelton identica a quella del primo gruppo; 1 alternatore trifase da 775 kVA, 5 kV, 50 per/sec.; 1 dinamo ed 1 survoltrice, identiche a quelle del 1° gruppo.

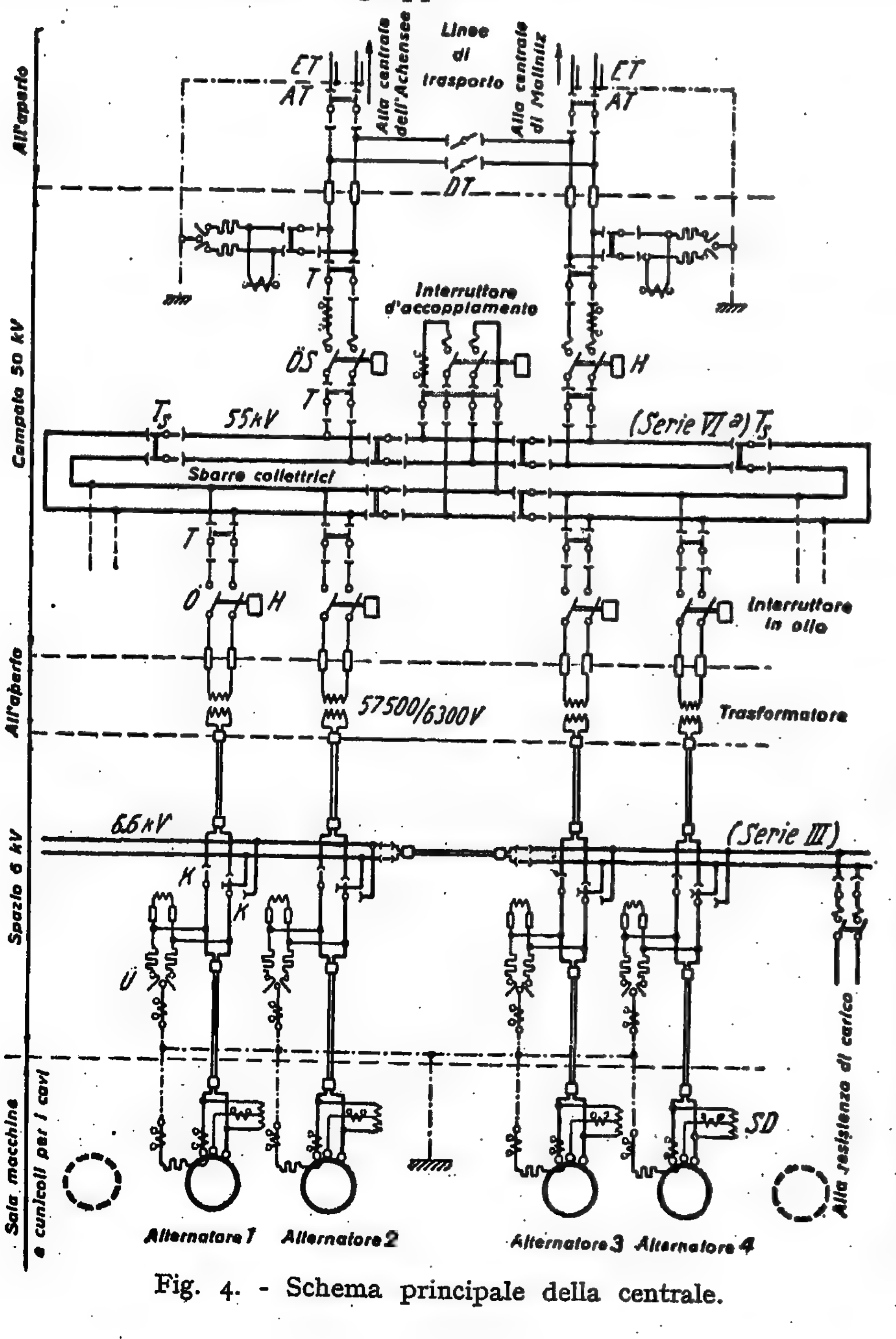


Fig. 4. - Schema principale della centrale.

SCHEMA E QUADRO. – La fig. 4 rappresenta lo schema dei circuiti principali, nel quale sono indicati i collegamenti fra macchinario, apparecchi e sbarre. I generatori sono collegati alle sbarre a 6 kV, previste per l'alimentazione di una resistenza di carico oppure per lo scambio dei collegamenti di due unità. Le sbarre a 55 kV costituiscono un doppio anello; le sbarre di macchina sono normalmente sezionate da quelle di linea ed a queste collegate mediante un interruttore di accoppiamento. Quest'ultimo consente, nella eventualità di corto circuito o sovraccarico eccessivo, di escludere l'alimentazione della centrale senza interessare la marcia in parallelo dei gruppi e, reciprocamente, di inserire l'intera centrale in parallelo con la rete. In via eccezionale, è possibile alimentare separatamente le due linee in partenza con due gruppi di due alternatori ciascuno. L'interruttore di collagamento può sostituire, all'occorrenza, un interruttore di linea messo fuori servizio.

Le due linee a 55 kV sono derivate dalle sbarre attraverso sezionatori ed a interruttori in olio. Altri sezionatori, a valle degli interruttori in olio, montati però all'aperto, consentono il collegamento delle due linee ed il loro sezionamento e, quindi, l'alimentazione di una di esse attraverso all'altra, quando la centrale è fuori servizio.

L'eccitazione e la regolazione della tensione di ciascun alternatore sono realizzati secondo lo schema della fig. 5. L'eccitatrice

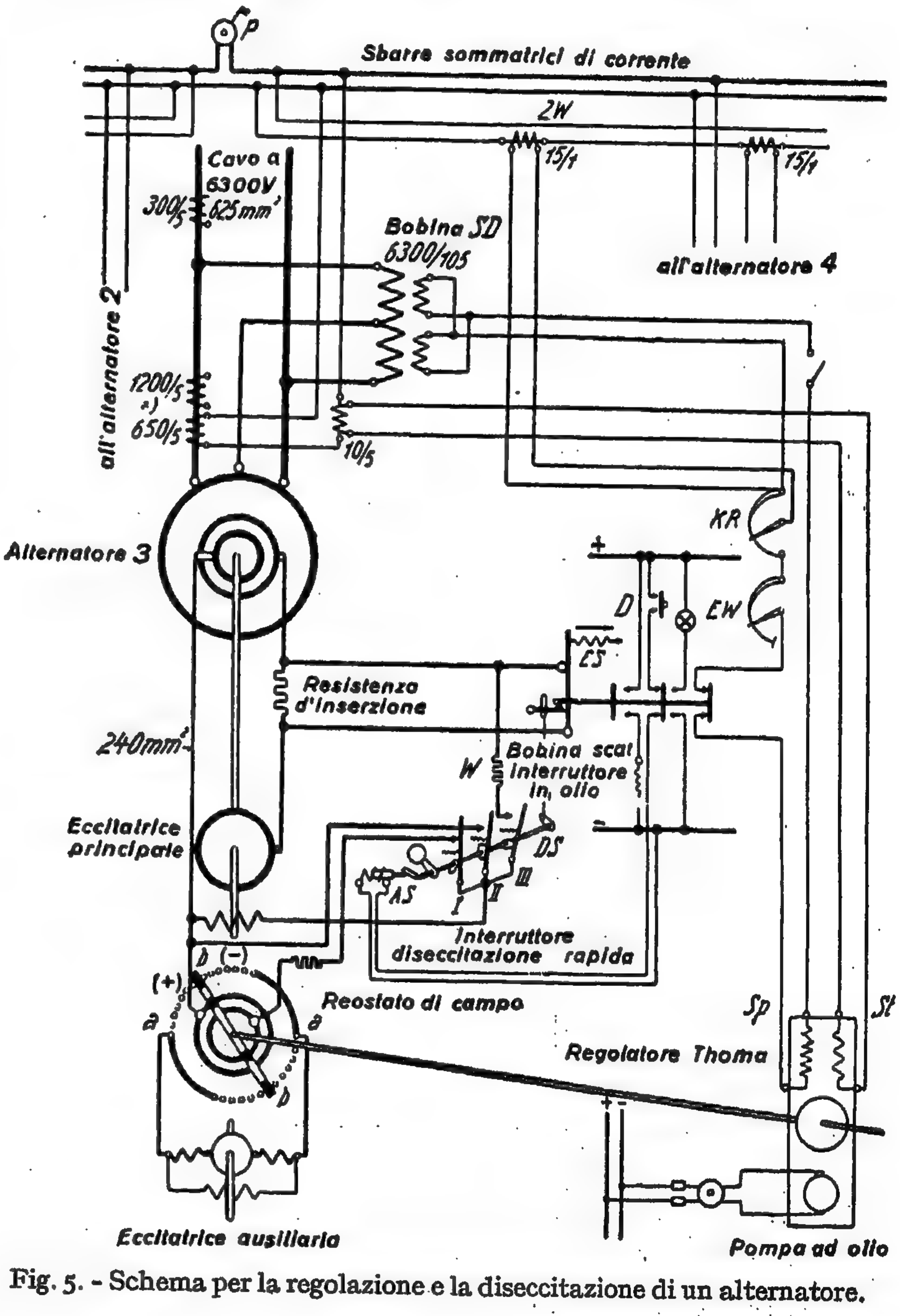


Fig. 5. - Schema per la regolazione e la diseccitazione di un alternatore.

ausiliaria è a tensione costante ed alimenta l'eccitatrice principale, nel cui circuito di campo è inserito un reostato. Quest'ultimo viene comandato da un regolatore di tensione Thoma con servomotore ad olio. È possibile anche il comando manuale del reostato, a regolatore disinserito. Il funzionamento del servomotore e, quindi, la regolazione della tensione sono influenzati dalla bobina *Sp* che riceve tensione dall'alternatore attraverso ad una bobina di autoinduzione *So*, una resistenza di taratura *EW* ed una resistenza di compoundaggio *KR*. In quest'ultima resistenza viene provocata una caduta di tensione proporzionale alla corrente secondaria di un riduttore derivato dalle sbarre ausiliarie della somma delle correnti di tutti gli alternatori.

Gli strumenti di misura per la sezione a 6 kV non offrono nessuna particolarità interessante: si tratta di apparecchi e di collegamenti normali. Nella sezione a 55 kV è notevole il com-

plesso totalizzatore comprendente: amperometro registratore, contatore e chilovattmetro registratore. Ciascuna delle due linee in partenza comporta un contatore, un cosfimetro ed un chilovattmetro registratore.

Opportuni dispositivi di sicurezza sono stati impiegati per ovviare alle conseguenze delle perturbazioni che più frequentemente si possono manifestare negli alternatori: sovraccarichi, sovratensioni, cortocircuiti negli avvolgimenti o fra avvolgimenti e carcassa, velocità eccessiva, riscaldamenti nella macchina e nei cuscinetti.

Come risulta dagli schemi delle fig. 5 e 6, la diseccitazione e l'apertura dell'interruttore in olio dell'alternatore hanno luogo al verificarsi di un cortocircuito sulla macchina, al manifestarsi di una velocità eccessiva, in seguito all'intervento del relais Buchholz del trasformatore oppure alla manovra di un pulsante sul banco di manovra o di una leva montata in apposita cassetta presso l'alternatore. In tutti questi casi, il contatto *D* (fig. 5, 6) chiude il circuito della bobina di scatto *As* di un combinatore rotativo a camme che comanda gli interruttori

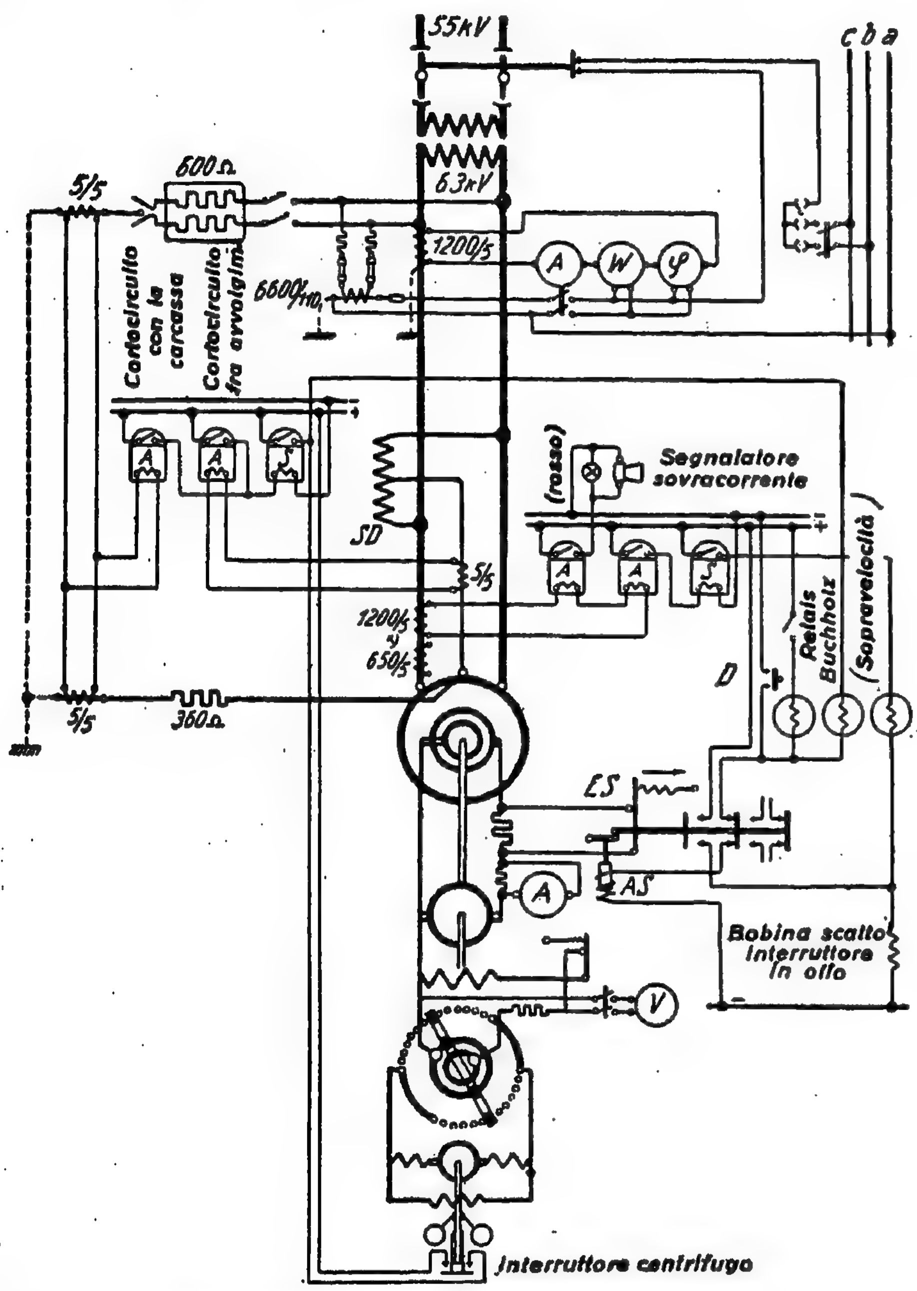


Fig. 6. - Collegamenti dei dispositivi di misura di un alternatore.

singoli I, II, III. Ha luogo allora, successivamente, la chiusura in corto circuito del campo della eccitatrice principale (interruttore II); l'apertura del circuito d'indotto dell'eccitatrice ausiliaria (intet. I); l'inserzione di una resistenza *W* nel circuito di campo della eccitatrice principale (int. III) e l'apertura dell'avvolgimento precedentemente chiuso in cortocircuito (int. II); l'apertura dell'interruttore di diseccitazione *ES* e l'inserzione di una resistenza nel circuito di campo dell'alternatore; la chiusura del circuito della bobina di scatto dell'interruttore in olio e l'apertura di esso; l'apertura della bobina di tensione del regolatore rapido: la chiusura del circuito di una lampada di segnalazione. L'apparecchiatura che realizza queste condizioni di funzionamento è montata in apposita cassetta a muro, presso il relativo generatore.

Una bobina di corrente *St*, agente sul regolatore di tensione, interviene a limitare la corrente dell'alternatore ad un valore variabile fra 1000 e 1600 A, quando il carico tende a sorpassare il valore corrispondente alle correnti indicate. Ancora prima che il dispositivo di limitazione della corrente intervenga, una sovracorrente viene segnalata mediante una lampada ed un segnale acustico d'allarme. Due relais a massima ed un relais a tempo provocano lo scatto dell'interruttore in olio al manifestarsi di un cortocircuito. L'eventuale disinserzione automatica dell'interruttore viene segnalata in centrale.

Un dispositivo di misura a distanza permette il controllo della temperatura nel ferro dei generatori e nel canale dell'aria calda. Un relais termico a lama bimetallica, posto nella corrente d'aria calda, provoca l'allarme acustico e luminoso quando la temperatura nel canale di ventilazione diventa eccessiva.

Un eventuale cortocircuito negli avvolgimenti oppure un contatto fra gli avvolgimenti e carcassa sono segnalati mediante appositi dispositivi. Al primo inconveniente provvede una bobina inserita fra i poli dell'alternatore, il cui punto medio si collega col neutro di quest'ultimo. Una corrente nel conduttore che collega il punto neutro col punto medio della bobina manifesta uno squilibrio nella f. e. m. degli avvolgimenti e viene pertanto segnalata attraverso ad un riduttore di corrente che alimenta il solito dispositivo d'allarme. Il dispositivo d'allarme entra in azione anche al manifestarsi di una corrente nel conduttore che collega a terra, attraverso ad una resistenza di 360 Ω, il punto neutro del generatore.

Indipendentemente dal dispositivo atto ad impedire che le turbine abbiano ad assumere una velocità eccessiva, un regolatore centrifugo, montato sull'albero dell'alternatore provoca la diseccitazione della macchina e l'apertura dell'interruttore in olio quando la velocità del gruppo sorpassa i 620 giri/min.

Come dispositivo di protezione contro le sovratensioni, sono impiegati, per ogni alternatore, degli scaricatori a corna con resistenze in olio di 600 Ω.

Per i trasformatori esistono i mezzi protettivi seguenti: relais Buchholz, segnalatori di pericolo, controllo della circolazione dell'olio e misura a distanza delle temperature. I primi tre dispositivi danno l'indicazione d'allarme mediante una suoneria ed una lampada segnale. Quest'ultima rimane accesa fino a quando la perturbazione non è stata eliminata; il segnale acustico può invece essere disinserito a mano. Il relais Buchholz chiude un contatto a mercurio, diseccita l'alternatore e disinserisce il gruppo quando lo sviluppo del gas nell'interno del trasformatore diventa eccessivo e pericoloso. Un relais bimetallico segnala eventuali sovratemperature eccessive nell'olio; il dispositivo di misura a distanza, analogo a quello dei generatori, assicura la segnalazione ed il controllo della temperatura nell'olio nel trasformatore e nelle varie parti del circuito di raffreddamento.

Le linee partenti a 55 kV sono protette da relais a massima ed a tempo e da scaricatori con resistenze d'inserzione. Queste sono a due gradini di 1500 e di 6000 Ω; la seconda sezione della resistenza viene inserita dopo alcuni periodi e disinserita quando l'arco adescatosi si è spento.

Gli interruttori in olio a 55/60 kV sono del tipo a casse separate ed a interruzione multipla. Quelli dei trasformatori sono stati costruiti per una corrente nominale di 350 A, gli altri per 600 A normali. Nell'interno delle casse sono montate le resistenze d'inserzione ed i riduttori di corrente destinati all'alimentazione dei relais. La capacità di rottura degli interruttori è di 400.000 kVA: soltanto quello della resistenza di carico è stato costruito per 70 000 kVA di rottura.

I coltelli sezionatori sono del tipo a cerniera, dimensionati per 350 e 600 A nominali.

Nella sala di comando sono sistemati i quadri. Questi comprendono: un banco di manovra a 9 pannelli, un quadro verticale a 15 pannelli con intelaiatura e lamiera frontale, due quadri a muro, un quadro per i servizi ausiliari a corrente continua ed un altro per i servizi a corrente alternata. Il banco di manovra porta disegnati i collegamenti principali dello schema con gli indicatori di posizione per gli interruttori ed i coltelli separatori. Sul quadro verticale sono montati gli apparecchi di segnalazione, gli strumenti di misura ed i relais. I due quadri a muro portano i registratori e gli apparecchi di comando.

Il fabbricato nel quale sono montati le apparecchiature ed i quadri è costituito da due corpi. Il primo, limitato dalla sala macchine, costituisce il locale di comando propriamente detto. Nello scantinato di esso sono montati i riduttori di corrente, i dispositivi di protezione per i generatori ed i cavi da 625 mm² di questi ultimi; al piano terreno trovano posto gli scaricatori degli alternatori, un magazzino, i locali per il personale di servizio e l'interruttore per la resistenza di carico. Al primo piano sono collocati la batteria di accumulatori, il locale per i regolatori e le celle di distribuzione con le condutture dei dispositivi di misura, comando, segnalazione e protezione. Al secondo piano, infine, trovasi la sala di comando coi quadri principali ed il locale attiguo coi quadri dei servizi ausiliari.

Al primo corpo del fabbricato suddetto si collega il secondo che contiene gli apparecchi per la distribuzione a 55 kV, a lato del quale sono poi montati, all'aperto, i trasformatori. Al piano terreno sono costruite le celle degli interruttori in olio, aperte

verso l'interno e chiuse nella parte superiore. I comandi degli interruttori sono sistemati in un corridoio al primo piano; lateralmente al corridoio trovano posto i coperchi degli interruttori coi trasformatori di misura. Al secondo piano, sotto il tetto, sono montate le sbarre collettrici ed i sezionatori. Questi ultimi sono comandati da un corridoio di manovra. Nella parte anteriore del fabbricato di distribuzione, ed in celle chiuse, sono montati gli scaricatori delle linee.

A poca distanza dal suddetto fabbricato, una intelaiatura in ferri profilati porta montati all'aperto i coltelli separatori per le linee e per la messa a terra, nonchè i condensatori e le bobine per l'impianto telefonico ad alta frequenza.

Completano la descrizione dell'impianto, alcune notizie sull'installazione telefonica, sulla distribuzione per i servizi ausiliari e sull'esecuzione delle opere ausiliarie. È riportata anche un'ampia documentazione bibliografica.

d. m.

b) UN NUOVO DISPOSITIVO DI SEMIAMARRAGGIO PER LINEE AD ALTISSIMA TENSIONE

Bulletin A. S. E., 26 giugno 1931.

La *Bernische Kraftwerke A. G.* ha studiato un sistema di semiamarraggio che elimina alcuni svantaggi del dispositivo comunemente adottato fin qui.

Il tipo concretato è rappresentato in fig. 1: alle catene di isolatori è collegato il trapezio *ACFD*, la cui base è formata dalle catene stesse; ai lati minori sono due triangoli schiacciati *ABC* e *DEF*, costruiti con angolari e ferri piatti e ai cui vertici *B* ed *E* sono amarrati i conduttori. I triangoli sono rigidi e collegati fra loro con l'asta *CF* in ferro piatto: nei punti *ABC* e rispettivamente *DEF*, sono realizzate delle articolazioni.

I morsetti di amarraggio dei conduttori sono riuniti da un pezzo di fune metallica che però non è tesa e non sopporta alcuno sforzo.

Quando in una campata, p. es. quella a destra del semiamarraggio, il conduttore porta il sovraccarico massimo (nel caso studiato 8 kg/m) mentre nella campata a sinistra del semiamarraggio non vi è alcun sovraccarico, la catena di isolatori a sinistra deve essere ancora perfettamente tesa. Lo spostamento orizzontale *a* del punto d'attacco *E* non deve inoltre essere nè minore nè maggiore che nel caso del semi-amarraggio di tipo normale, perchè altrimenti uno scorrimento troppo grande potrebbe provocare sia un carico addizionale sul sostegno sia un aumento della freccia.

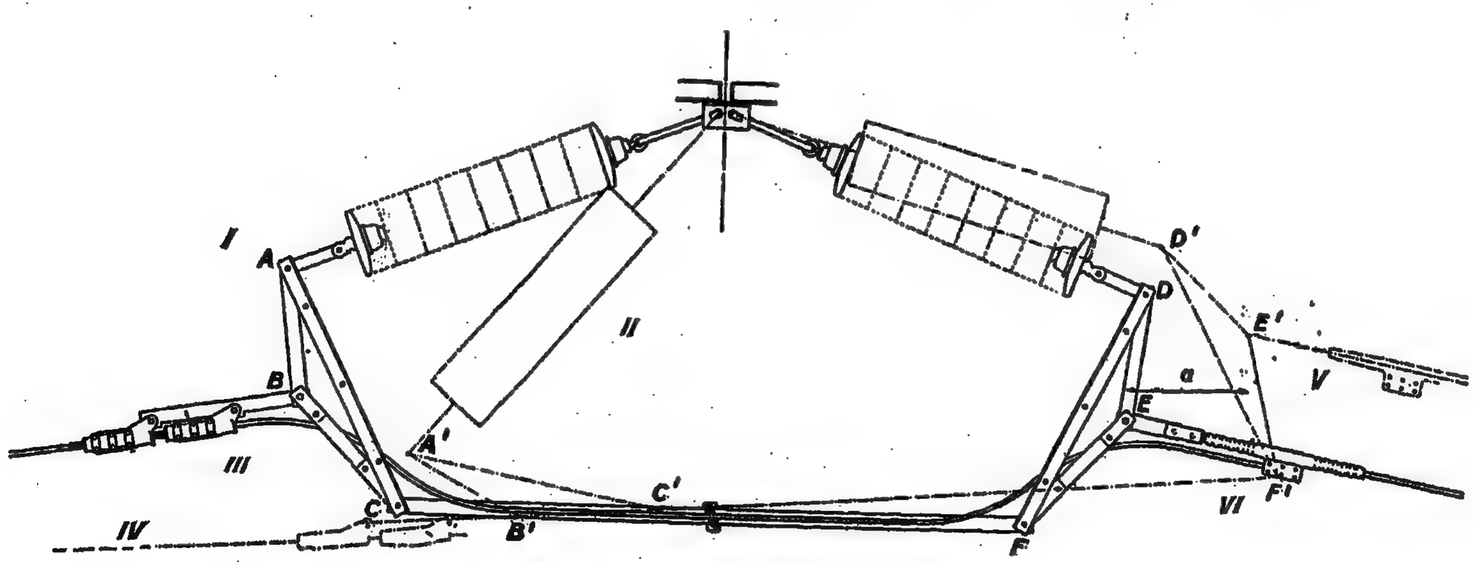


Fig. 1. — Dispositivo di semiamarraggio con trapezio, per linea a 150 kV.

I. - Posizione normale.
II. - Posizione di spostamento massimo.
III. - Conduttore (ininterrotto).
IV. - Campata senza sovraccarico.
V. - Campata con sovraccarico.
VI. - Variante con morsetto di amarro (conduttore interrotto).

Col dispositivo descritto vengono evitate le inflessioni delle catene di isolatori che nel caso di due campate adiacenti con sovraccarichi forti e molto diversi fra loro, si producono col comune semiamarraggio in seguito alla differenza di tiro nelle due direzioni del conduttore. Inoltre, quando una gran parte del sovraccarico scompaia repentinamente, la catena prima inflessa si distende di colpo e gli isolatori vengono sottoposti a una brusca sollecitazione. Anche questo sforzo, dannoso per la sicurezza dell'isolamento, è eliminato col nuovo tipo di semiamarraggio.

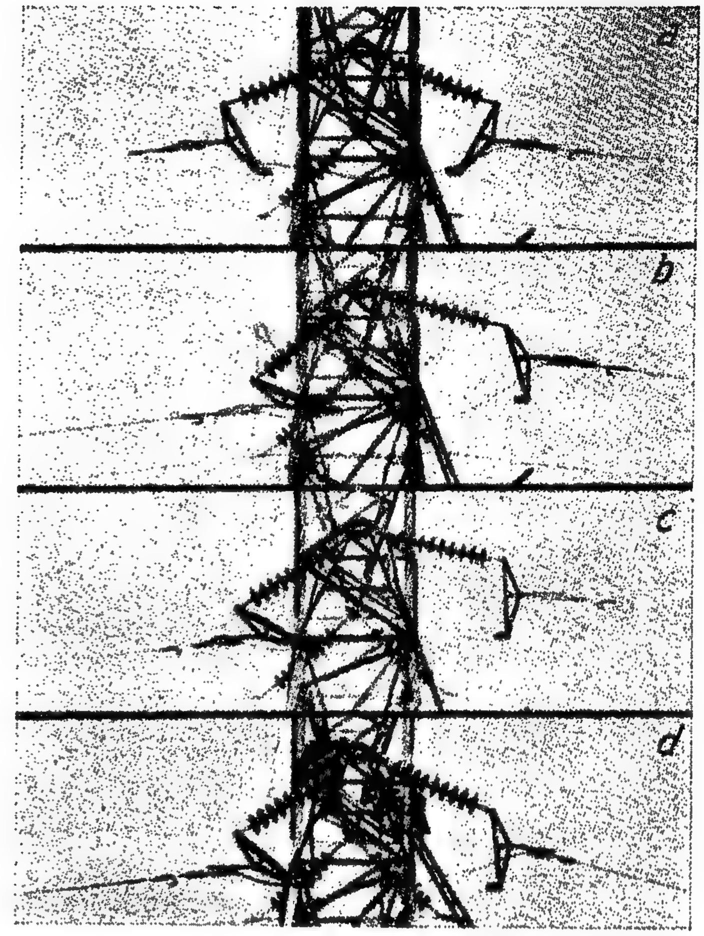


Fig. 2. — Il nuovo dispositivo di semiamarraggio in opera sul palo *S*. A sinistra, palo *R* con isolatori sospesi; a destra, palo *T* con semiamarraggio.

a) - Conduttore scarico.
b) - Carico di 560 kg. nel mezzo della campata *S-T* (lunga 342 m.).
c) - Carico di 560 kg. a 305 m. dal palo *S*.
d) - Carico di 560 kg. a 37 m. dal palo *S*.

Il comportamento di questo venne verificato sperimentalmente e i risultati corrisposero pienamente all'aspettativa. In fig. 2 sono raggruppate alcune fotografie che mostrano il dispositivo in azione sotto un carico di 560 kg localizzato in punti diversi di una campata.

M. A.

c) **SUI PALI DI LARICE**

Elektrotechnik und Maschinenbau, N° 19, 10 maggio 1931. – R. Nowotny.

Il larice è una delle conifere che trova notevole impiego nella palificazione delle linee elettriche o telegrafoniche. La preferenza data a questa pianta viene giustificata con le sue doti particolari di resistenza contro i parassiti del legno, le quali fanno si che la durata media dei pali sia relativamente elevata. Per il larice di montagna (larice rosso), le statistiche dell'Amministrazione dei Telegrafi dell'Austria indicano una durata dei pali variabile fra 7,3 ed 11 anni (media: 9,2 anni). La maggior durata venne riscontrata nelle zone di montagna (Tirolo, Stiria) mentre nella bassa Austria si constatarono le durate minori. Il diverso comportamento nelle zone piane e montane trova la sua ragion d'essere nella maggiore facilità con cui, nelle prime zone, i pali vengono intaccati dai funghi e dagli altri parassiti del legno.

Non ostante che il comportamento del larice sia, sotto il punto di vista considerato, sensibilmente migliore di quello delle altre conifere, la durata limitata dei pali va presa attentamente in esame quando si tratta di progettare una linea con palificazione in legno. È noto che coi metodi di impregnamento del legname, la durata dei tronchi viene notevolmente aumentata: occorre quindi vedere caso per caso se non sia opportuno il trattamento preventivo dei pali onde non sottoporre le parti legnose più giovani (alburno) ad una rapida putrefazione e distruzione. Nei pali non impregnati, queste parti hanno realmente una durata molto limitata e, quindi, la loro importanza agli effetti della resistenza del sostegno viene a scemare rapidamente dopo la messa in opera di esso. Esse costruiscono, inoltre, a causa della facile intaccabilità da parte dei parassiti, un focolaio per la putrefazione anche delle parti interne più vecchie e più resistenti. Questo inconveniente ha luogo, non soltanto per le parti interrate, ma anche per quelle scoperte, pure facilmente attaccabili da alcuni tipi di muffe aventi una rapida azione corrosiva delle parti legnose.

È ovvio, quindi, che l'alburno dei tronchi di larice, pur non avendo una importanza apprezzabile come parte resistente del sostegno, costituisce un veicolo per una più rapida distruzione di esso, mentre, da un altro lato, esso comporta un onere inutile, dovendo essere pagato allo stesso prezzo del nucleo resistente interno dei tronchi.

È evidente, da quanto sopra, quale importanza acquisti la considerazione della opportunità di utilizzare tutte le parti legnose dei tronchi di larice ricorrendo all'impregnamento con sostanze e metodi adatti. Le parti legnose più giovani vengono facilmente imbevute dalle soluzioni saline (cloruri, fluoruro di sodio ecc.), dalle miscele oleose o da altri preparati antisettici appropriati. L'impregnazione può essere fatta in vasca secondo il metodo di Kyan (kyanizzazione), oppure sotto pressione.

Questi metodi raggiungono lo scopo di immunizzare per qualche tempo le parti legnose più giovani; essi non consentono, tuttavia, che il preparato antisettico arrivi ad impregnare anche le parti interne del tronco trattato. Dopo un periodo di tempo, l'azione di esso viene a mancare ed il palo torna soggetto agli attacchi dei parassiti che ne provocano la distruzione. Questa può, invece essere ritardata alquanto se, mediante appositi canali radiali, la sostanza antisettica viene portata nell'interno del tronco realizzando una impregnazione diffusa e profonda.

Secondo l'esperienza fatta dall'A. col trattamento di pali mediante il motodo « Cobra », (perforazione radiale con apposito « martello », ed iniezione di fluoruro di sodio o di fenolo (1)) la diffusione della sostanza immunizzante è rapida e completa anche nelle parti più interne ed avviene con eguale facilità nel legno verde ed in quello stagionato. Il metodo « Cobra » può essere applicato sul posto e non comporta procedimenti costosi e difficili. Esso è particolarmente opportuno, secondo l'A., nelle zone di montagna là dove le spese di trasporto per l'impregnazione in apposite località speciali assumerebbero una importanza non trascurabile. Anche per rimediare rapidamente ai danni di catastrofi che hanno provocato la rottura di intere sezioni di una palificazione in legno, colla pronta sistemazione di una nuova linea, la semplicità del metodo presenta indiscussi pregi.

d. m.

---

d) **PERDITE DIELETTRICHE E PERFORAZIONE DEGLI ISOLATORI IN PORCELLANA**

Revue Brown Boveri, N. 5 maggio 1931. – F. Beldi.

La rigidità dielettrica degli isolanti è, notoriamente, dipendente dalla temperatura. In modo particolare, per gli isolatori in porcellana la resistenza diminuisce fortemente con l'aumentare della temperatura, come risulta dall'andamento della curva nella fig. 1., mentre in misura ancor più accentuata decresce la resistenza alla perforazione (fig. 2 e 3). Quest'ultima è indipendente dalla natura della tensione applicata (continua, alternata, per impulsi). Il fenomeno è in stretta relazione con le perdite dielettriche degli isolanti e si spiega con la teoria della perforazione per riscaldamento. Le perdite dielettriche, proporzionali al quadrato della tensione applicata, trasformandosi in calore, danno luogo ad un'aumento di temperatura della massa isolante rispetto all'ambiente: la differenza di temperatura dipende dal coefficiente di trasmissione del calore nel mezzo ambiente. Se il valore delle perdite dielettriche sorpassa un certo limite, l'equilibrio termico dell'isolante non si stabilisce ad una temperatura moderata e la temperatura troppo alta porta ad una distruzione parziale dell'isolante ed alla perforazione di esso.

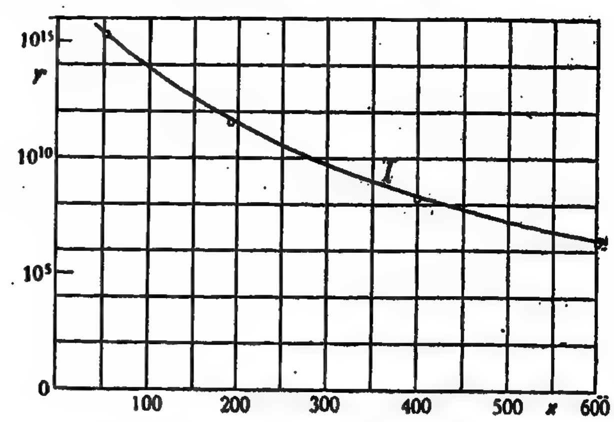


Fig. 1. - Resistenza specifica in ohm/cm della porcellana in funzione della temperatura espressa in °C.

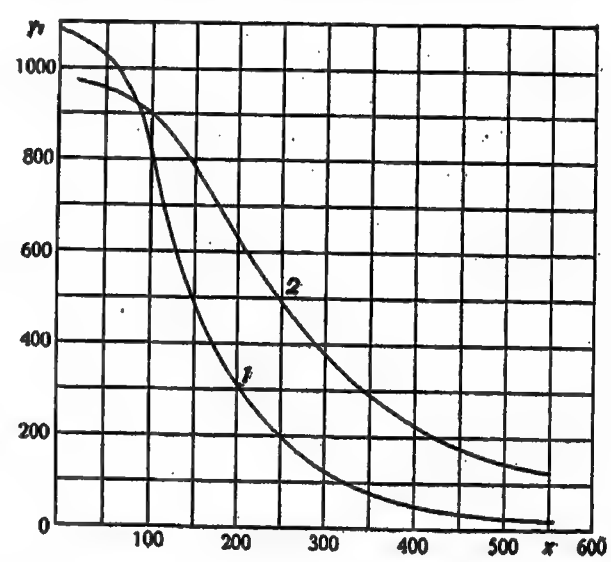


Fig. 2. - Resistenza alla perforazione in kV/cm di uno strato di porcellana dello spessore di 1,2 mm in funzione della temperatura espressa in °C (Güllner, Archiv für Elektrotechnik XXI, pag. 287).
1 = Tensione continua.
2 = Tensione d'impulso.

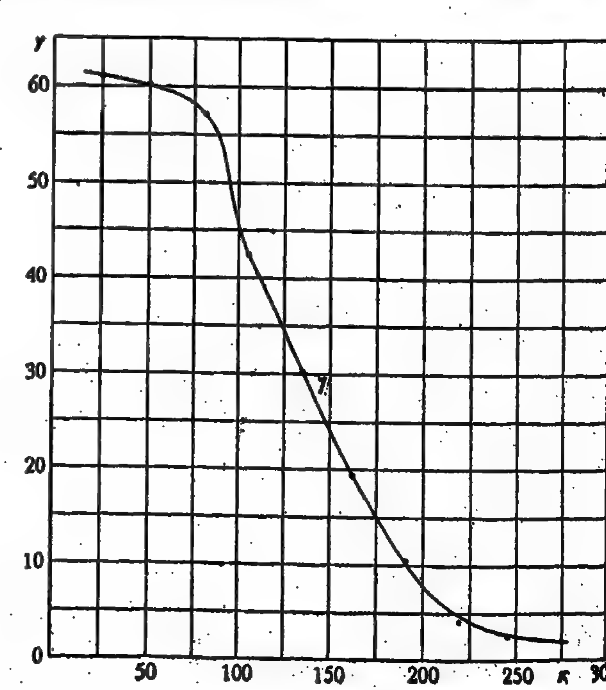


Fig. 3. - Tensione di perforazione della porcellana in kV alla frequenza di 50 per/sec in funzione della temperatura espressa in °C. (Weimer, E. u. M. XXIX, pag. 58).

La determinazione delle perdite dielettriche della porcellana acquista, pertanto, una grande importanza e, secondo l'A., si deve alla mancanza di dati diffusi e precisi a questo riguardo, l'alta considerazione di cui gode la porcellana riconosciuta come una degli isolanti migliori. Questa qualità sembra dovuta specialmente al fatto che le sue proprietà dipendono in piccola misura dalla tensione applicata.

Allo scopo di studiare il comportamento di isolatori diversi a temperature variabili fino a 200°, sono state eseguite delle prove, i cui risultati sono messi in rilievo nei diagrammi della figura 4.

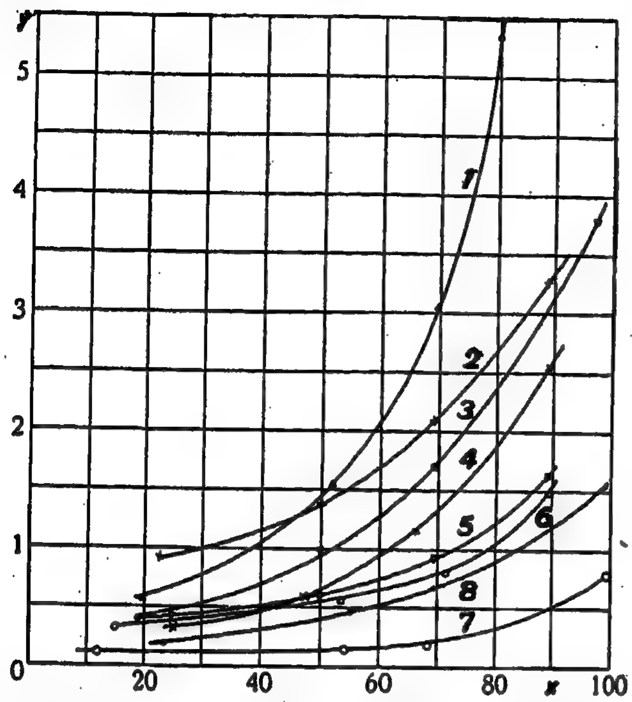


Fig. 4. - Perdite dielettriche di un isolatore in porcellana in funzione della temperatura.

x = temperature in °C; y = perdite unitarie p

1 =	isolatore supporto,	fabbricazione	*A*,	intensità	del	campo	7,0 kV/cm
2 =	» passante I,	»	*A*,	»	»	»	8,0 »
3 =	» » II,	»	*A*,	»	»	»	11,0 »
4 =	» »	»	*B*,	»	»	»	9,2 »
5 =	» supporto	»	*C*,	»	»	»	9,5 »
6 =	Piastra di carta compressa	»	*I*,	»	»	»	10,0 »
7 =	Tubo di carta compressa,	»	*D*,	»	»	»	20,0 »
8 =	Isolante in micarta,	»	*E*,	»	»	»	19,0 »

Gli isolatori *A* (curve 1, 2, 3), *B* (curva 4), *C* (curva 5) sono stati forniti da tre fabbriche di porcellana; una quarta fabbrica ha fornito le piastre ed i tubi di carta compressa (curve 6, 7). L'isolante *E* (curva 8) è costituito da micarta speciale (mica, lacca e carta) impiegata per l'isolamento delle barre di un alternatore ad alta tensione. Dal confronto fra le curve della fig. 4, risulta che le perdite unitarie, riportate ad 1 dm³ di materiale, raggiungono per la porcellana valori che, a 70-90°, sono all'incirca eguali a 6-8 volte quelle che si hanno per la carta compressa.

La fig. 5 rappresenta l'andamento della curva che esprime le perdite dielettriche di un isolatore in porcellana a 90° in funzione del tempo. Si rileva che, per una tensione di 50 kV, la

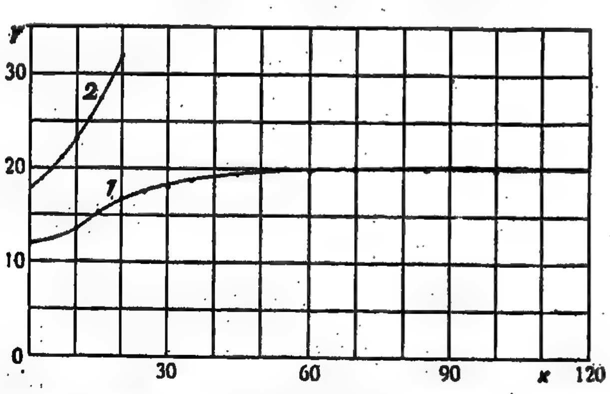


Fig. 5. - Perdite dielettriche in W di un isolatore passante in porcellana, in funzione del tempo espresso in minuti. Temperatura dell'olio 90° C.

1 = Tensione applicata = 50 kV.
2 = Tensione applicata = 60 kV.

grandezza delle perdite, dopo un forte aumento, all'inizio della prova tende a stabilizzarsi ed a mantenersi costante; per una tensione di 60 kV, le condizioni di regime dell'isolatore non possono più essere raggiunte; le perdite dielettriche e la temperatura continuano a crescere portando alla inevitabile perforazione dell'isolatore stesso.

Va notato ancora che, non ostante il comportamento assai sfavorevole della porcellana agli effetti delle perdite dielettriche ad alta temperatura, tale materiale trova ancora larghissimo impiego alle alte tensioni perchè il suo coefficiente di trasmissione del calore al mezzo ambiente è molto più elevato di quello della carta compressa e perchè si presenta molto adatto come materiale di tenuta, di giunzione e di fissaggio di altri isolanti.

d. m.

LA ORGANIZZAZIONE FUTURA DELLA DISTRIBUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA A NEW YORK

Bollettino A.S.E., N. 2, 1931. – F. W. Aemmer.

Astrazione fatta dalla rete a corrente continua esistente, che non verrà estesa ulteriormente, ma della quale per altro non si prevede ancora la soppressione, la città di New York è alimentata con corrente monofase e trifase a 60 periodi, 120/208 V. La rete di distribuzione radiale (fig. 1) è stata sostituita

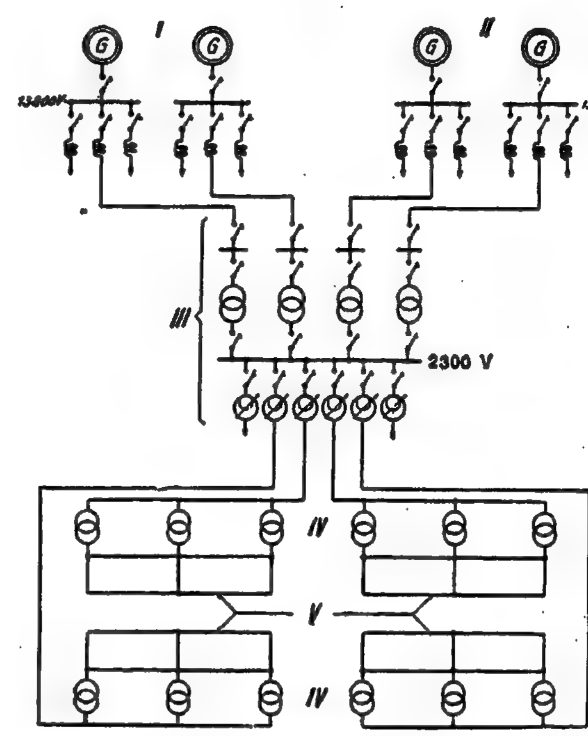


Fig. 1. - Sistema di distribuzione radiale.

I. - Centrale A.
II. - Centrale B.
III. - Sottostazione.
IV. - Trasformatore di distribuzione.
V. - Rete di distribuzione 120/208 V.

in parte da una rete a corrente alternata a bassa tensione alimentata in molti punti, che sarà fra breve estesa a tutta la città (fig. 2). Al principio del 1930 erano già in funzione 140 000 kVA con questo sistema.

L'A. descrive l'impianto di questo tipo eseguito nel centro di New York e cioè a Manhattan. Ai due lati di ogni via vengono

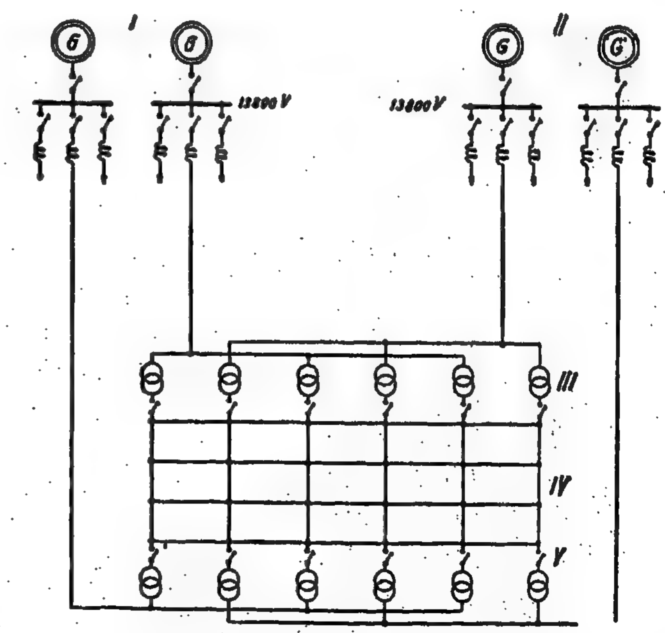


Fig. 2. - Rete di distribuzione a bassa tensione alimentata da più punti.

I. - Centrale A.
II. - Centrale B.
III. - Trasformazione di distribuzione.
IV. - Rete di distribuzione 120/208 V.
V. - Interruttore di rete.

installati tre cavi a un conduttore e un filo neutro messo direttamente a terra e non isolato: il tutto è contenuto in un tubo di ferro. Ogni conduttore isolato ha una sezione di 108 mm²: il filo neutro ha invece la sezione di 65 mm². A ogni incrocio di strade s'incontrano perciò 8 conduttori, che sono collegati a due a due, senza intermediario di interruttori, di guisa che la rete consiste di una gabbia di condutture a maglie strette di circa 20 km di lunghezza media e di circa 3 km di larghezza media.

A differenza di quanto si fa in Europa, i distributori a bassa tensione non sono direttamente affondati nel sottosuolo, ma sono contenuti in appositi canali: in questi, ogni 50 m sono inserite cassette di derivazione, alle quali sono collegati i cavi che alimentano radialmente le diverse utenze (fig. 3). Ogni utente è

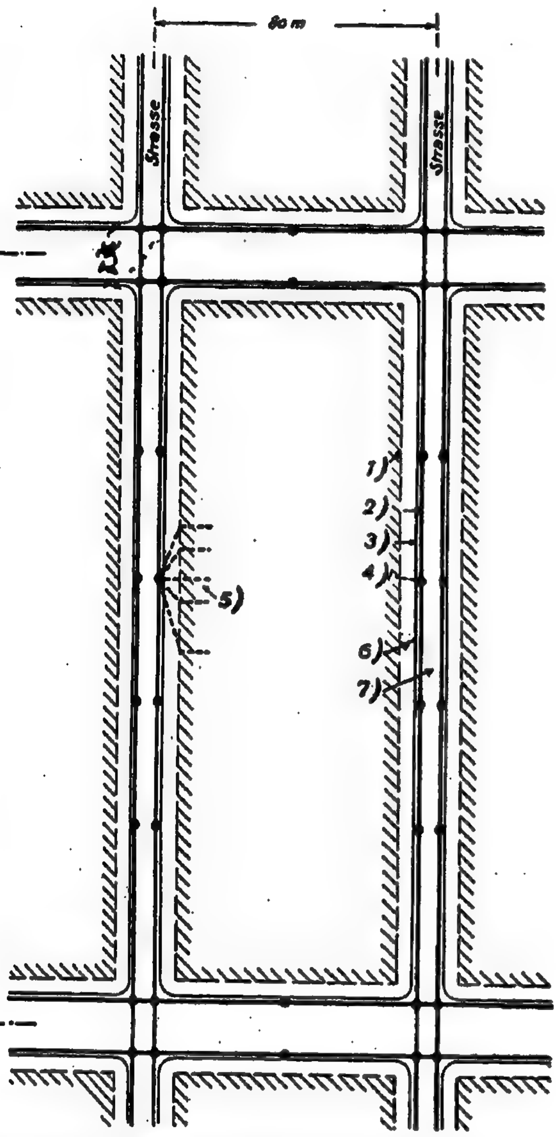


Fig. 3. - Disposizione dei distributori a bassa tensione per un tipico rettangolo di case.

1) Limite dei fabbricati.
2) Distributore a 120/208 V.
3) Pietra di bordo.
4) Cassetta di derivazione.
5) Attacchi radiali agli immobili.
6) Marciapiede.
7) Carreggiata.

alimentato da due incroci di strade vicine: perchè il corto circuito si elimini bisogna che il tratto danneggiato bruci completamente: i corti circuiti non provocano normalmente un'interruzione della fornitura di energia, salvo il caso in cui tutta la linea compresa tra due incroci sia distrutta, caso molto raro.

L'alimentazione avviene attraverso trasformatori di circa 500 kVA convenientemente distribuiti in tutta la rete: essi alimentano la rete preferibilmente ad un incrocio, cioè là dove 8 conduttori diversi si incontrano. La distanza fra i diversi trasformatori dipende dall'intensità di carico del territorio da servire. La fig. 4 mostra come si possa, inserendo altri trasformatori, aumentare la capacità di carico della rete.

I trasformatori, che sono collegati sul primario a triangolo e sul secondario a stella con punto neutro messo stabilmente a terra, vengono alimentati colla tensione del generatore a 13 800 V per mezzo di condutture, che escono direttamente dalla centrale.

Vi sono cavi a tre conduttori di 330 mm² con isolamento in carta di 5,54 mm e con un'armatura in piombo di 3,2 mm collegati alle sbarre della centrale mediante interruttore di 1 500 000 kVA e dietro inserzione di una bobina di reattanza di 0,33 Ohm. Il carico di ogni cavo importa, in condizioni normali di esercizio, circa 8 500 kVA, in modo che un'unica linea può provvedere all'alimentazione di circa 20 trasformatori di distribuzione. Si deve però avere l'avvertenza che trasformatori vicini non vengano collegati alla stessa linea di alimentazione, in modo che, in caso di messa fuori servizio di una tal linea, la mancanza di energia si suddivida su di una grande superficie e il carico venga preso dalle altre linee vicine. In tal caso, il carico delle linee di alimentazione può salire da 8 500 a 11 000 kVA, senza superare la temperatura ammessa nel rame di 82°.

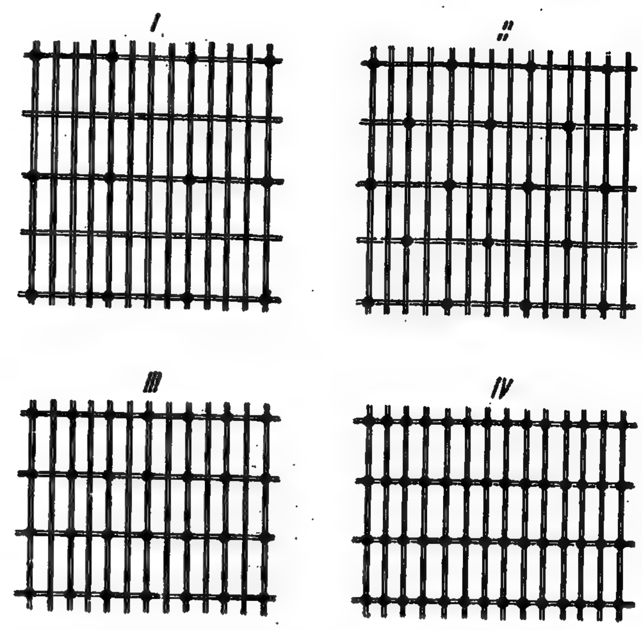


Fig. 4. - Disposizione dei trasformatori di distribuzione per diverse intensità di carico. Le linee indicano distributori a 120/208 V (ad ambedue i lati delle strade), i punti stazioni di trasformatori da 500 kVA.

I cavi a 13 800 V sono pure allogati in canali, muniti a intervalli di cassette, che consentono di sostituire un cavo guasto senza procedere a lavori di scavo. I trasformatori sono provvisti di interruttore di messa a terra e di interruttore di rete (fig. 5): il tutto è a tenuta stagna in modo che, anche in caso di inondazione delle cabine, ove i trasformatori sono installati, non si hanno guasti.

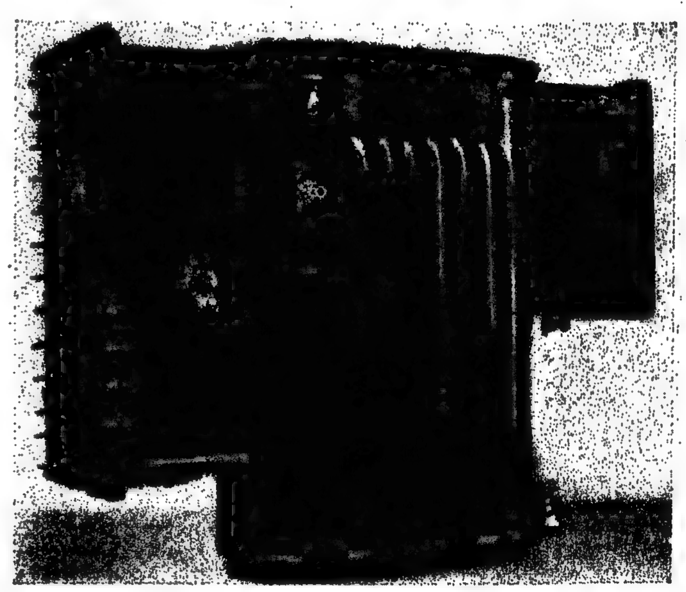


Fig. 5. - Trasformatore da 500 kVA a tenuta stagna, pronto per la installazione in cabina sotterranea con interruttori di rete a sinistra e interruttore di messa a terra a destra.

Circa le funzioni dell'interruttore di rete e del relais di rete (fig. 6) e circa il comportamento di tutto il sistema di distribuzione in diverse condizioni di esercizio, bisogna osservare che, in caso di corto circuito in un cavo di 13 800 V, la conduttura danneggiata verrebbe alimentata dalla rete a bassa tensione attraverso i trasformatori di distribuzione: allora i relais di rete, sotto l'influsso della corrente di ritorno, aprono gli interruttori di rete in circa 0,25 sec; nello stesso tempo si apre anche l'interruttore della linea danneggiata in centrale, in modo che tutta la conduttura resta disinserita. Se invece si deve mettere fuori servizio una di queste linee per riparazioni, basta aprire l'interruttore in centrale, perchè allora la rete a bassa fornisce la corrente di magnetizzazione ai trasformatori e i relais di rete aprono i relativi interruttori. In caso di corti circuiti nella rete a bassa tensione, non si adescano gli interruttori di rete, e la eliminazione del corto circuito avviene solo in seguito a completa bruciatura del tratto guasto. Al massimo la bruciatura si può

estendere fino all'unione dell'incrocio stradale più prossimo, ma non oltre, perchè di qui in avanti l'effetto del corto circuito non è più pericoloso.

I fusibili sono scelti in modo che essi fondono solo se si verifica un corto circuito nella rete a bassa tensione nelle immediate vicinanze del trasformatore da essi protetto. Inoltre la sicurezza d'esercizio è ancora assicurata dal fatto che l'alimentazione della rete a bassa tensione si fa da almeno due centrali indipendenti.

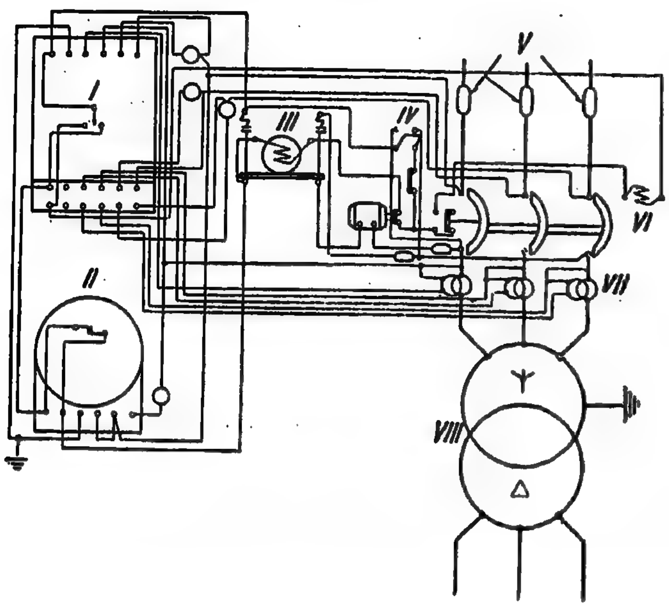


Fig. 6. - Schema di inserzione generale di unità di trasformatore.
I. Relais di rete.
II. Relais di fase.
III. Protezione.
IV. Coltelli.
V. Valvole.
VI. Solenoide di apertura.
VII. Trasformatore di corrente.
VIII. Trasformatore di distribuzione 13 800/120/208 V, triangolo/stella con punto neutro portato fuori.

La regolazione della tensione della rete a bassa tensione avviene esclusivamente mediante variazione della tensione del generatore in dipendenza del carico: la tensione al contatore dell'utente non può scendere sotto 118 V e non può superare 126 V. Per evitare l'uso di regolatori di tensione si limita la lunghezza dei cavi primari di alimentazione a 10 km. Un tal sistema di distribuzione è naturalmente adatto per carichi uniformemente ditribuiti, come è il caso di quartieri di abitazione: per carichi concentrati, come possono essere rappresentati da teatri, grandi magazzini, alberghi, ecc. si devono adottare accorgimenti speciali, che non si scostano molto dalla solita pratica di collocare trasformatori nel sotterraneo del grande utente da servire. Questi trasformatori sono poi alimentati da varie sorgenti per assicurare la continuità del servizio.

Il principio delle reti a bassa tensione alimentate da più parti si presta bene anche per il servizio di quei grandi utenti che usano energia a bassa tensione. Invece quegli utenti, che utilizzano l'energia ad alta tensione, vengono direttamente collegati come prima alla rete ad alta tensione.

Il sistema di distribuzione a maglie alimentate da più parti presenta anche una grande economia sia per le spese di impianto che di esercizio. Le perdite a pieno carico si riducono al 7 % rispetto al 10 % per il sistema a distribuzione radiale e al 20 % per il sistema a corrente continua.

T. S.

---

f) MOTORI TRIFASI A COLLETTORE PER POTENZE SINO A 16,5 kW

Révue Brown Boveri, N. 6, giugno 1931. - M. MOGENSEN.

L'A. descrive le caratteristiche tecniche ed indica il campo d'applicazione di una serie di motori trifasi a collettore, particolarmente studiati per il comando individuale delle macchine tessili. Essi corrispondono, infatti, alle esigenze di queste ultime macchine: la loro velocità può essere regolata senza perdite entro ampi limiti, pur effettuandone l'alimentazione alla tensione alternata costante delle reti industriali.

La fig. 1 rappresenta schematicamente il motore a collettore. Lo statore contiene un avvolgimento trifase connesso in serie all'avvolgimento del rotore, con l'intermediario di un trasformatore montato nella parte superiore della carcassa. L'avvolgimento rotorico è identico a quello dell'indotto di un motore a corrente continua e, come questo, è munito di spazzole di carbone. La tensione corrispondente ad una buona commutazione è fissata dal trasformatore. Il motore ha caratteristica serie, ossia, rimanendo fissa la posizione delle spazzole e la tensione d'alimentazione, la velocità decresce al crescere della coppia

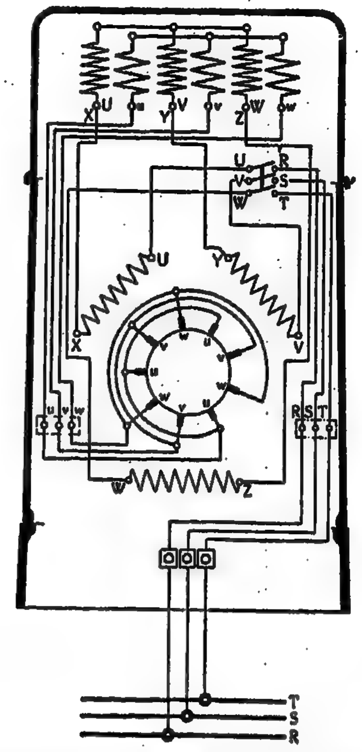


Fig. 1. - Rappresentazione schematica del motore con interruttore addossato e valvole.

motrice ed aumenta al diminuire di quest'ultima. Lo spostamento delle spazzole, effettuabile senza influire sfavorevolmente sul rendimento, consente un'ampia regolazione della velocità.

Questi motori offrono un largo campo di applicazione; sono specialmente indicati per il comando di:

Macchine a filare ed a ritorcere, con eventuale regolazione automatica della velocità.
Macchine a stampare i tessuti.
Macchine a mercerizzare e simili.
Presse per stampare, con comando a distanza delle spazzole.
Ventilatori, soffianti, pompe centrifughe, ecc.

La costruzione dei motori è tale da soddisfare alle più svariate condizioni di servizio e da assicurare il buon comportamento dei comandi anche nei locali umidi o polverosi. Sono caratteristici due tipi diversi di esecuzioni: motori a ventilazione forzata e motori protetti contro lo stillicidio (fig. 2). Entrambi i

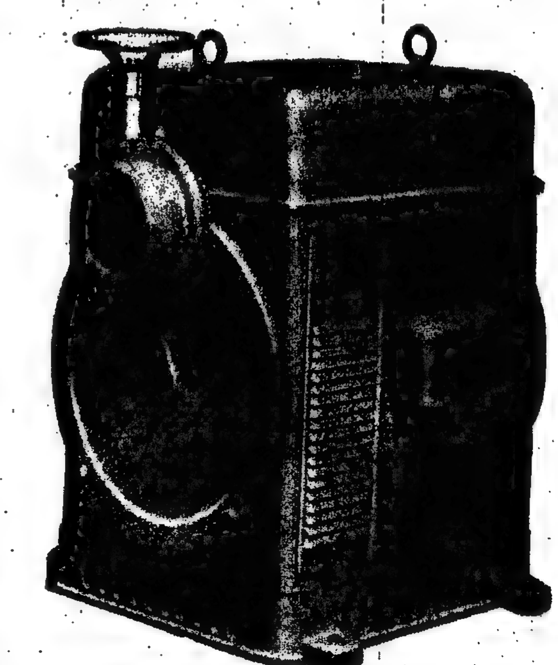


Fig. 2. - Motore trifase a collettore, protetto contro lo stillicidio, con dispositivo di comando a ruota conica e volantino.

tipi possono essere, all'occorrenza, muniti di riduttore di velocità ad ingranaggi, direttamente addossato (fig. 3).

Lo statore si compone di una carcassa prismatica la cui parte superiore è ermeticamente chiusa da un coperchio in lamiera. Sotto quest'ultimo sono montati il trasformarore e l'interruttore statorico.

Gli scudi supporti sono costituiti da dischi avvitati alla carcassa. Apposite aperture praticate nella carcassa sono destinate a facilitare la visita alle spazzole ed a rendere possibile il fissaggio sullo zoccolo.

Il rotore è montato sopra un albero in acciaio con cuscinetti a sfere riempiti di un grasso speciale in quantità sufficiente per circa due anni.

Lo spostamento delle spazzole sul collettore, all'atto dell'avviamento e della regolazione della velocità, è ottenuto manovrando sul giogo portaspazzole, mobile nell'interno dello scudo supporto. Il comando può essere eseguito a mano mediante una leva che provoca la rotazione di un albero di manovra il quale, mediante un segmento dentato, trasmette il movimento al giogo portaspazzole. Lo spostamento di quest'ultimo può essere letto in gradi elettrici sopra una scala graduata, fissa sulla calotta dell'albero di manovra. Una vite senza fine nell'interno della calotta assicura uno spostamento molto graduale delle spazzole e, quindi, una regolazione fine della velocità.

La velocità può essere regolata anche automaticamente provocando lo spostamento periodico della calotta; è possibile anche il comando meccanico a distanza mediante ruota conica. Mediante leveraggi viene comandata la ruota conica la quale provoca la rotazione dell'albero di manovra.

Sullo scudo supporto di quest'ultimo, situato dal lato collettore del motore, è avvitata una scanalatura graduata con arresti sulle posizioni zero e di fine corsa. Un indice indica sulla scala graduata lo spostamento delle spazzole in gradi elettrici. Mediante volantino a mano è possibile il comando diretto dell'albero di manovra e delle spazzole (fig. 2).

I motori non destinati ad essere accoppiati direttamente alle macchine, possono ricevere il montaggio diretto di un ingranaggio a dentatura eleicolidale di precisione. Esso è racchiuso ermeticamente da un apposito coperchio ed ha la ruota dentata ed il pignone che pescano in un bagno d'olio. Il rendimento dell'ingranaggio varia dal 98 al 99 %; la maggior riduzione consentita è di 1 : 3,2 per i piccoli motori e di 1 : 3 per motori più grandi.

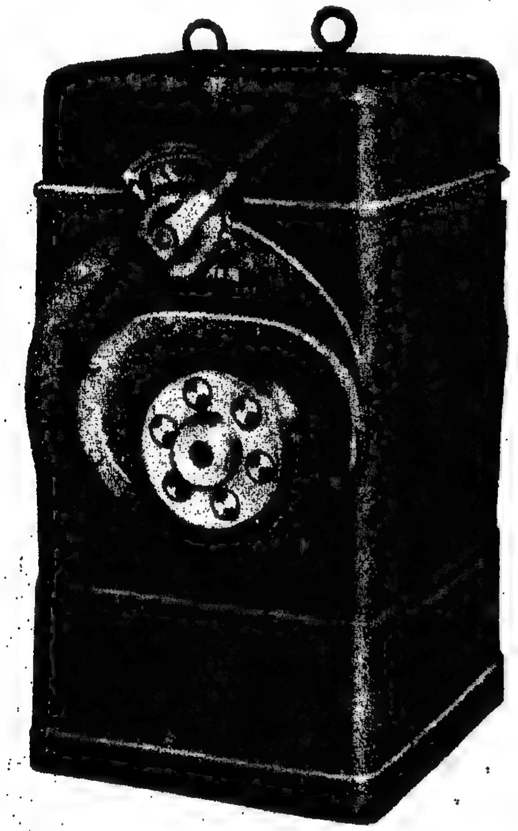


Fig. 3. - Motore trifase a collettore, a ventilazione forzata, con ingranaggio addossato.

È possibile montare il dispositivo che sposta il portaspazzole in modo tale da consentire che il motore ruoti nei due sensi. La posizione zero dell'asse delle spazzole corrisponde alla posizione media del dispositivo di regolazione. Spostando questo a destra od a sinistra della posizione mediana, il motore si mette in moto in un senso oppure nell'altro. L'inversione del movimento è ottenuta coll'intervento di un commutatore di campo comandato direttamente dall'albero del portaspazzole.

I motori del tipo descritto costituiscono una serie di 10 macchine con potenze variabili da 2,5 a 15 kW a 50 per/sec con un massimo di 16,5 kW a 60 per/sec — ed adatti per tensioni variabili da 200 a 600 V. La tensione rotorica è indipendente da quella della rete, alla quale è collegato lo statore; al collettore ed alle spazzole si ha, all'avviamento, una tensione di 50 ÷ 80 V ed, in servizio, una tensione variabile fra 8 e 26 V.

La velocità dei motori è normalmente regolabile fra 0,6 e 1,25 volte la velocità sincrona. Una velocità troppo bassa è pregiudizievole perchè accompagnata da una ventilazione insufficiente; una velocità troppo alta porta con se difficoltà di commutazione. Ricorrendo, tuttavia, alla commutazione stella-triangolo, si può ottenere una buona stabilità dei motori anche in corrispondenza di una velocità iposincrona eguale al 40 % di quella sincrona. La commutazione dei due collegamenti deve

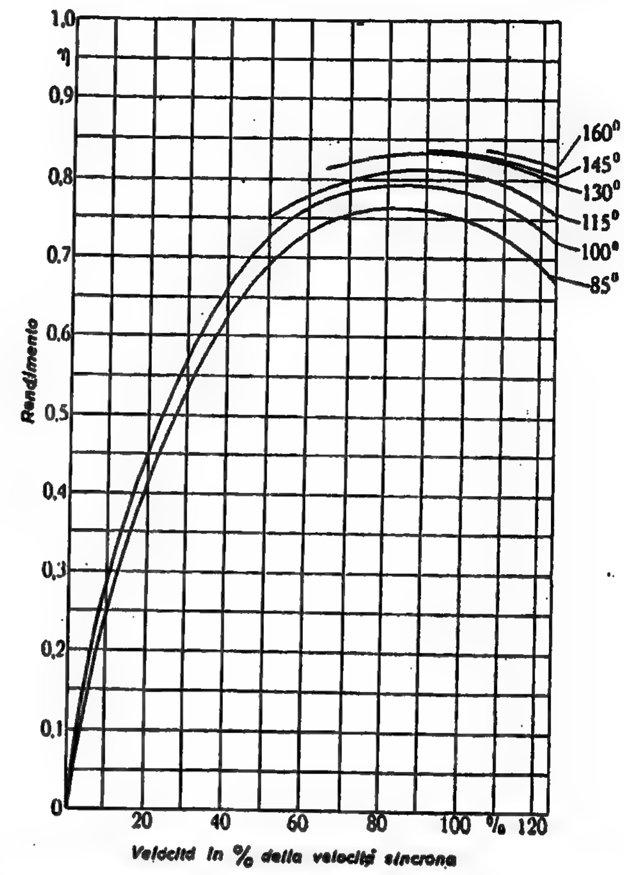


Fig. 4. - Rendimento in funzione della velocità per differenti posizioni delle spazzole.

essere effettuata soltanto quando le spazzole sono prossime alla posizione zero, onde evitare colpi di corrente. Questo può essere ottenuto anche automaticamente comandando il commutatore stella-triangolo col dispositivo di manovra delle spazzole in modo da far si che la commutazione avvenga senza variazioni brusche di velocità.

Le caratteristiche dei motori: potenza-velocità e coppia-velocità variano con lo spostamento delle spazzole. Dalle curve che l'A. riporta, risulta che tutti i motori, ad eccezione di uno, sono in grado di fornire, senza riscaldamenti dannosi, la loro potenza massima in tutto il campo ipersincrono. Nel campo iposincrono, i motori forniranno una coppia costante.

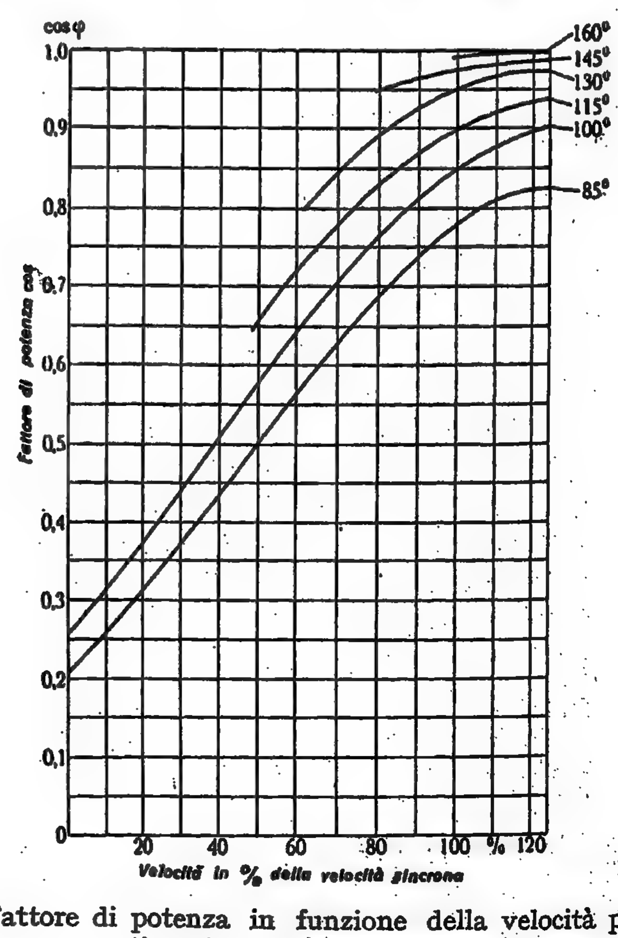


Fig. 5. - Fattore di potenza in funzione della velocità per differenti posizioni delle spazzole.

All'avviamento, la coppia è molto elevata e può raggiungere un valore eguale a 2,5 volte quello della coppia corrispondente alla velocità sincrona: il valore della corrente assorbita non supera 1,8 volte quella corrispondente al sincronismo. Con lo spostamento conveniente delle spazzole, si può ottenere un avviamento più o meno graduale, compatibilmente con le esigenze dell'esercizio.

A differenza di quanto succede per i motori a collettore non aventi caratteristica serie, i motori in questione si presentano particolarmente favorevoli agli effetti del rendimento e del fattore di potenza. Questo è confermato dalle figg. 4 e 5 le quali provano che il rendimento si mantiene molto elevato malgrado forti variazioni di velocità e che il cos φ si mantiene prossimo ad 1 in tutto il campo ipersincrono. Si può ritenere, in generale, che oltre alle altre molteplici buone qualità, questi motori, scelti opportunamente e convenientemente regolati, assicurino un carico molto favorevole per la rete di alimentazione, dando luogo ad un consumo economico di corrente attiva e reattiva.

d. m.

Libri ricevuti

PROF. DR. VIKTOR KAPLAN e PROF. DR. ALFRED LECHNER: *Theorie und Bau von Turbinen - Schnelläufern.* Ed.: Oldenbourg. Monaco, 1931. Prezzo: RM 18).

Si tratta di una nuova edizione, interamente rifatta ed ampliata, dell'opera classica del prof. Kaplan, apparsa la prima volta nel 1908 sotto il titolo: « La costruzione di ruote razionali per turbine Francis ».

In questa edizione, l'opera esce particolarmente arricchita di preziosi elementi, derivati dalla notevole esperienza acquisita dal Kaplan stesso nella costruzione e nello studio sperimentale delle turbine veloci da lui ideate e brevettate. Ma degna di nota è pure la parte teorica redatta con chiara competenza ed in modo piano e rigoroso dal prof. Lechner.

A due brevi capitoli d'introduzione, fa seguito un capitolo dedicato ai fondamenti matematici dell'idrodinamica moderna. Ivi il Lechner riassume quei metodi di calcolo e di indagine teorica che pur uscendo dal campo dell'idrodinamica elementare sono ormai indispensabili per i progettisti e costruttori di turbine.

Lo studio teorico di queste viene infatti impostato sui principi della moderna idrodinamica a più dimensioni, l'applicazione dei quali sembra aver dato risultati molto concordanti con quelli dell'esperienza. Il quarto capitolo tratta particolarmente dell'applicazione pratica delle teorie idrodinamiche a due dimensioni, mentre il quinto capitolo riassume i criterî pratici di progetto per ruote idrauliche a media, ad alta e ad altissima velocità specifica, illustrandoli con esempi di turbine realmente costruite e riportando anche diversi dati di collaudo a queste relativi.

Gli ultimi quattro capitoli sono dedicati rispettivamente: alla descrizione del laboratorio sperimentale del Politecnico di Brünn, allo studio sperimentale dei canali di scarico (tubi d'aspirazione), ai possibili sviluppi e alle moderne tendenze della tecnica costruttiva delle turbine e, infine, alla descrizione dei principali esempi di turbine veloci costruite negli ultimi anni.

L'opera del Kaplan rappresenta indubbiamente uno dei più notevoli e preziosi contributi allo studio teorico-pratico delle moderne turbine idrauliche a reazione ed è raccomandabile a tutti gli ingegneri e studiosi che direttamente, o anche indirettamente, si occupano dei problemi idraulici inerenti alla costruzione e al funzionamento di tali macchine.

***

Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft: Vorläufige Anweisung für Abdichtung von Ingenieurwerken (A.I.B.). E.: W. Ernst & Sohn - Berlino, 1931.

In un fascicolo di circa 60 pagine, l'Amministrazione delle ferrovie tedesche ha raccolto e coordinato, specialmente per i progettisti e costruttori di manufatti ferroviari, le principali norme pratiche relative al progetto e all'esecuzione dei dispositivi di drenaggio e di protezione (in particolare di impermeabilizzazione) di varie opere murarie.

I manufatti particolarmente considerati sono i seguenti. fondazioni, sottopassaggi, muri di sostegno, muri di spalla, pilastri e ponti massicci, piani stradali di ponti in ferro e gallerie. Non sono invece considerate le coperture ordinarie di tettoie e di edifici e i serbatoi d'acqua in cemento armato.

Il fascicolo in esame comprende 3 capitoli e un'appendice. Nel primo capitolo vengono descritti i principali mezzi e sistemi di protezione oggi in uso, il secondo capitolo è dedicato invece ai criterî di scelta e di applicazione dei sistemi suddetti in rapporto alla natura e alle particolari condizioni dei manufatti; e il terzo tratta delle prove di controllo alle quali si debbono assoggettare le sostanze protettive o impermeabilizzanti usate.

Nell'appendice sono riportati diversi moduli relativi alle prove prima descritte.

Per quanto le norme in questione siano state elaborate specialmente per manufatti ferroviari, è indiscutibile che, sotto varî aspetti, esse presentano anche un notevole interesse per qualsiasi altra opera di ingegneria civile che richieda di essere accuratamente impemeabilizzata o protetta contro sostanze e gas aggressivi.

***

Archiv zur Klärung der Wunschelrutenfrage. Ed. Oldenbourg - Monaco, luglio 1931. (Periodico semestrale).

È uscito nel luglio scorso il primo fascicolo di questo periodico che tratta delle questioni relative alla rabdomanzia e alle sue pratiche applicazioni. La rivista è l'organo ufficiale dell'Unione per lo studio della rabdomanzia.

Notiziario

LE RIUNIONI ANNUALI DELLA ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA SVIZZERA (ASE) E DELL'UNIONE DELLE CENTRALI SVIZZERE DI ELETTRICITA' (UCS) (a

Nei giorni 5 e 6 settembre hanno avuto luogo in Berna le assemblee generali dell'U.C.S. e dell'A.S.E. con la partecipazione di diverse centinaia di soci di entrambe le associazioni e di numerosi delegati di altri enti od associazioni affini, sia svizzeri che stranieri.

L'UNFIEL vi era pure rappresentata.

L'U.C.S. e l'A.S.E., come è noto, corrispondono rispettivamente alla UNFIEL e alla AEI italiane. Esse però, pur essendo dirette da due Comitati distinti, hanno in comune la segreteria generale e l'organo ufficiale che è il ben noto « Bulletin » svizzero.

Fra le rispettive attività di carattere speciale sono degne di rilievo: l'istituzione e la condotta, da parte dell'U.C.S., di una speciale « Sezione acquisti » diretta dall'ing. M. O. Ganguillet, e l'istituzione, da parte dell'A.S.E, di alcuni « Istituti autonomi di controllo » adibiti al collaudo degli impianti, alla prova dei materiali e degli apparecchi impiegati in elettrotecnica e alla verifica e taratura degli apparecchi di misura.

La « Sezione acquisti » dell'U.C.S. ha lo scopo di procurare ai Soci dell'Unione i materiali e gli apparecchi elettrici di uso corrente a condizioni vantaggiose e con una speciale garanzia di bontà, che viene rilasciata in seguito ad apposite verifiche sperimentali intese a stabilire se i materiali in oggetto soddisfano alle prescrizioni tecniche elaborate dall'Unione stessa ed accettate sia dagli acquirenti che dai fabbricanti.

In relazione a questo ramo di attività dell'U.C.S. sono state emanate a tutt'oggi speciali norme riguardanti le lampade a incandescenza, i fili isolati, i tubi isolanti, i cavi sotto piombo, gli olii minerali per trasformatori, gli interruttori e gli apparecchi per le applicazioni termiche dell'elettricità.

L'A.S.E, invece, ha specialmente elaborato le norme relative alle modalità di esecuzione e alla sicurezza degli impianti elettrici.

Il 5 settembre nel pomeriggio si è riunita, nell'aula magna dell'Università di Berna, l'assemblea generale dell'U.C.S., presieduta dall'ing. Schmidt. Nel suo discorso d'apertura il Presidente dell'Unione ha accennato anzitutto alla odierna situazione dell'industria elettrica svizzera.

Nel 1930 la disponibilità d'energia idroelettrica ha avuto un notevole incremento, grazie sopratutto alla entrata in esercizio degli impianti di Handeck di Champsec e di Sambraucher. La richiesta d'energia non ha però subito un incremento altrettanto forte, causa la crisi industriale. Il consumo sarebbe stato tuttavia ancor minore se le conseguenze di questa crisi

non fossero state mitigate da un sensibile sviluppo delle applicazioni elettrodomestiche. Infatti, nel 1930 soltanto, sarebbero stati venduti in Svizzera oltre 16 000 scalda-acqua ad accumulazione e 15 000 cucine elettriche.

L'energia ritraibile dagli impianti ad acqua fluente è stata utilizzata in ragione dell'82 %.

Esaurita la discussione dell'ordine del giorno, riguardante sopratutto varie questioni di carattere amministrativo e statutario, l'ing. Stehelin di Basilea ha tenuto una interessante conferenza sull'impiego dei grandi condensatori per il rifasamento delle reti ad alta tensione.

Al termine della seduta sono stati distribuiti, con cerimonia semplice ma suggestiva, ben 158 attestati di benemerenza ad altrettanti dipendenti da imprese elettriche, i quali hanno compiuto il 25° anno di servizio presso una stessa ditta.

Tra i festeggiati si contavano, accanto a dirigenti e funzionari, numerosi impiegati ed operai di ogni categoria.

Domenica mattina 6 settembre, ha avuto luogo, sempre nell'aula magna dell'Università di Berna, la riunione dei Soci della A.S.E. presieduta dall'ing. Chuard di Zurigo.

Fra i discorsi inaugurali pronunciati da diverse autorità Svizzere rappresentanti i principali Enti nazionali, è stato particolarmente notevole quello del prof. Ascher, Rettore dell'Università di Berna, il quale ha salutato negli elettrotecnici i migliori realizzatori della massima: « sapere è potere ».

Il Dott. Sulzberger, Presidente del Comitato Norme, ha dato alcune notizie sull'attività svolta dal laboratorio per la prova dei materiali, creato dall'associazione stessa. Sino ad ora sono stati controllati ed approvati da tale laboratorio oltre 600 prodotti interessanti l'industria elettrica. Il relatore ha fatto notare, particolarmente, che le suddette prove di controllo hanno esercitato ed esercitano tuttora una influenza sensibilissima e vantaggiosa sulla fabbricazione dei materiali elettrici.

La seduta della A.S.E. è stata chiusa da due conferenze tecnico-scientifiche: l'ing. Erwin Kern di Baden ha prospettato alcune vedute interessanti sullo sviluppo e sulle future applicazioni dei raddrizzatori industriali a griglia, accennando particolarmente all'eventuale possibilità di effettuare l'alimentazione delle linee ferroviarie elettriche con corrente alternata a frequenza industriale e a quella di compiere i trasporti elettrici con corrente continua. Successivamente il Dott. Wellauer di Oerlikon ha pure letto una interessante comunicazione riguardante i principi fisici sui quali si basa la costruzione dei moderni raddrizzatori industriali.

Sabato e domenica sera le due associazioni hanno festeggiato le loro riunioni annuali con due sontuosi banchetti (di circa 700 coperti ciascuno), rallegrati da ottimi spettacoli d'arte varia. Durante il banchetto della A.S.E. è stato particolarmente acclamato il prof. Oscar von Miller di Monaco al quale è dovuto il primo *esperimento* di trasporto ad alta tensione (linea a 30 000 V da Laufen a Francoforte, 178 km) compiuto nel 1891.

Lunedì 7 settembre, la maggior parte dei soci della U.C.S. e dell'A.S.E. ha partecipato ad una visita collettiva all'impianto di Handeck, che utilizza il 1° salto dell'Aar superiore ed è il maggiore impianto a serbatoio sinora costruito in Svizzera (vedasi in proposito: *L'E. E.* 1929, fasc. II e 1930, fasc. X).

A. T.

b)

IL RISCALDAMENTO DEGLI AGHI DI SCAMBIO NELLE FERROVIE

Electrocorrespondance, settembre 1931.

Sono note purtroppo le gravi conseguenze a cui si va incontro per un cattivo funzionamento degli aghi di scambio nelle ferrovie; e questo pericolo è molto più accentuato, specialmente nelle regioni assai fredde nei periodi invernali, nei quali sia per la neve sia per il ghiaccio, gli aghi restano completamente bloccati con grave pericolo dei treni in transito.

Uno dei mezzi più sicuri e più pratici per eliminare questo notevole pericolo è quello di riscaldare elettricamente gli aghi di scambio con apparecchi speciali, dei quali alcuni vengono messi a diretto contatto con le rotaie, mentre altri vengono posti sotto l'ago, nella ghiaia, in modo da facilitare lo scolo dell'acqua disgelata.

c)

CONCORSO A PREMI

L'A.N.P.I. – Associazione Nazionale per la Prevenzione degli Infortuni sul lavoro – avverte tutti coloro che sono interessati al concorso a premi da essa indetto per un apparecchio meccanico per praticare la respirazione artificiale, interamente ideato e costruito in Italia, che con il 31 ottobre c. a. scade il termine utile per la presentazione degli apparecchi.

Per informazioni e schiarimenti rivolgersi alla: *A.N.P.I.* - *Milano* (113) - *Via Marina*, 5.

RIAPERTURA CORSO BIENNALE DIURNO PER "PERITO RADIOTECNICO„ (d

I Ministeri dell'Educazione Nazionale e della Guerra comunicano che presso l'Istituto Radiotecnico - Milano - Via Cappuccio 2, si riaprirà il 5 novembre il biennio diurno pel conseguimento del diploma legale di *Perito Radiotecnico*.

Al Primo Corso del biennio sono ammessi i provenienti dal penultimo corso di un Istituto Industriale Regio o pareggiato: i Periti Industriali e Nautici di qualunque Sezione; gli Ufficiali di Artiglieria e Genio; gli Ingegneri laureati e gli ammessi alla Scuola di Applicazione dei Regi Politecnici.

Gli orfani di guerra pagano metà tassa.

Chiedere orari e programmi in Via Cappuccio, 2.

RIAPERTURA CORSI DELLA SEZIONE PROFESSIONALE DELL'ISTITUTO RADIOTECNICO (e

Domenica 4 ottobre si riaprirà la Sezione professionale dell'Istituto radiotecnico in Via Cappuccio 2. Detta Sezione professionale comprende Corsi preparatori, Corsi di Radiotecnica, di Tecnologie del Vuoto, di Elettrotecnica, Telefonia e alfabeto Morse.

Gli insegnamenti, quasi essenzialmente sperimentali che si svolgono la sera dei giorni feriali ed il mattino della domenica, tendono alla creazione di montatori radiotecnici, di capitecnici ed aiuto ingegneri radiotecnici per l'industria.

I Corsi di Elettrotecnica e di Telefonia sono particolarmente consigliabili agli elettrotecnici, nonchè a tutti i dipendenti delle Aziende telefoniche pubbliche e private.

Impiegati e figli di impiegati dello Stato, Provincia e Comune orfani di Guerra e dopolavoristi, godono di speciali facilitazioni.

Chiedere opuscolo programma in Via Cappuccio, 2.

Necrologio

A Milano, il 26 settembre, l'Ing. Antonio Alfieri, Consigliere Delegato della Soc. An. Alfieri & Collì.

A Cortina d'Ampezzo, il 21 settembre, il Sig. Aleardo Canesi, Consigliere d'Amministrazione della Soc. per distribuzione di energia elettrica Ing. Banfi.

Il 19 settembre, a soli trent'anni, in seguito a tragico incidente nella Centrale Tusciano, moriva il Dottor Ing. Alberto Filipponi, socio tecnologico dell'UNFIEL. Laureatosi giovanissimo al Politecnico di Napoli fu assunto subito alla Società Meridionale di Elettricità dove rapidamente percorse brillante carriera diventando Capo di un reparto della Sezione Esercizio.

Quanti lo conobbero sentono di questa grave perdita la profonda tristezza, perchè nei brevi anni della Sua attività professionale Egli aveva dimostrato una solida preparazione tecnica insieme a intelligenza non comune e a preziose qualità di modestia e di equilibrio, accompagnate sempre da squisita bontà d'animo e gentilezza ed affabilità di modi.

Alla Famiglia della Società Meridionale di Elettricità e alla desolata Sua Mamma, che ha perduto l'unico figlio rimastole, giungano le espressioni del nostro più vivo e sincero cordoglio.

Al momento di andare in macchina apprendiamo la dolorosa notizia della perdita dell'Ing. Guido Leone Fano, Vice Presidente del Comitato dell'UNFIEL ed esponente del Gruppo Elettricità e Gas di Roma. Ci riserviamo di dire, nel prossimo numero, più degnamente di Lui, che lascia così vivo e generale rimpianto.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* — ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO — Fotoincisioni della «ZINCOGRAFICA» - MILANO. — ING. ETTORE CESARI, *Redattore-Capo responsabile*

MILANO
Ottobre 1931 - Anno IX

Fascicolo X
Volume VIII

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)

Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

ING. ETTORE CESÀRI
DIRETTORE DELL'« UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE »

L'opera di Edison e l'industria elettrica

Nell'ottobre 1929, in occasione del cinquantenario dell'invenzione della lampada ad incandescenza, su queste pagine scrivevamo: «Edison è il padre della «nostra Industria, che «ha aperto all'attività «umana orizzonti insospettati: che sono le «tante e pur così utili «sue invenzioni al confronto di questa sua «creazione che ha dato «un nuovo aspetto alla «nostra epoca? ».

Oggi che il gran gigante è estinto queste parole ci ritornano spontanee sulla penna.

Nelle necrologie dei giornali quotidiani si sono fatte grandi lodi delle sue qualità di inventore: il fonografo, il cinematografo, altri ritrovati che Egli portò nella vita pratica sono davvero stupende invenzioni. Ma Egli non era l'inventore classico, incaponito per lustri a perseguire una idea sola, fino alla mania: il Suo spirito critico dominava tutto in Lui, e le idee erano Sue schiave. Le raccoglieva sovente a decine e ne faceva l'analisi spassionata: se non resistevano alle prove obbiettive del raziocinio prima, del metodo sperimentale poi, le lasciava morire senza rimpianto.

Egli fu il primo a comprendere che, allo stato già progredito della scienza del suo tempo, le applicazioni nuove non potevano germogliare, crescere e perfezionarsi in un solo cervello. Sperimentatore tenace, paziente e squisito, non appena ne ebbe i mezzi creò un laboratorio di ricerche e si attorniò di numerosi collaboratori: fu così il più grande precursore dell'organizzazione scientifica del lavoro. Quel laboratorio era insieme il crogiuolo dove le nuove idee venivano provate, e nello stesso tempo lo strumento che serviva a perfezionarle ed a renderle applicabili in pratica.

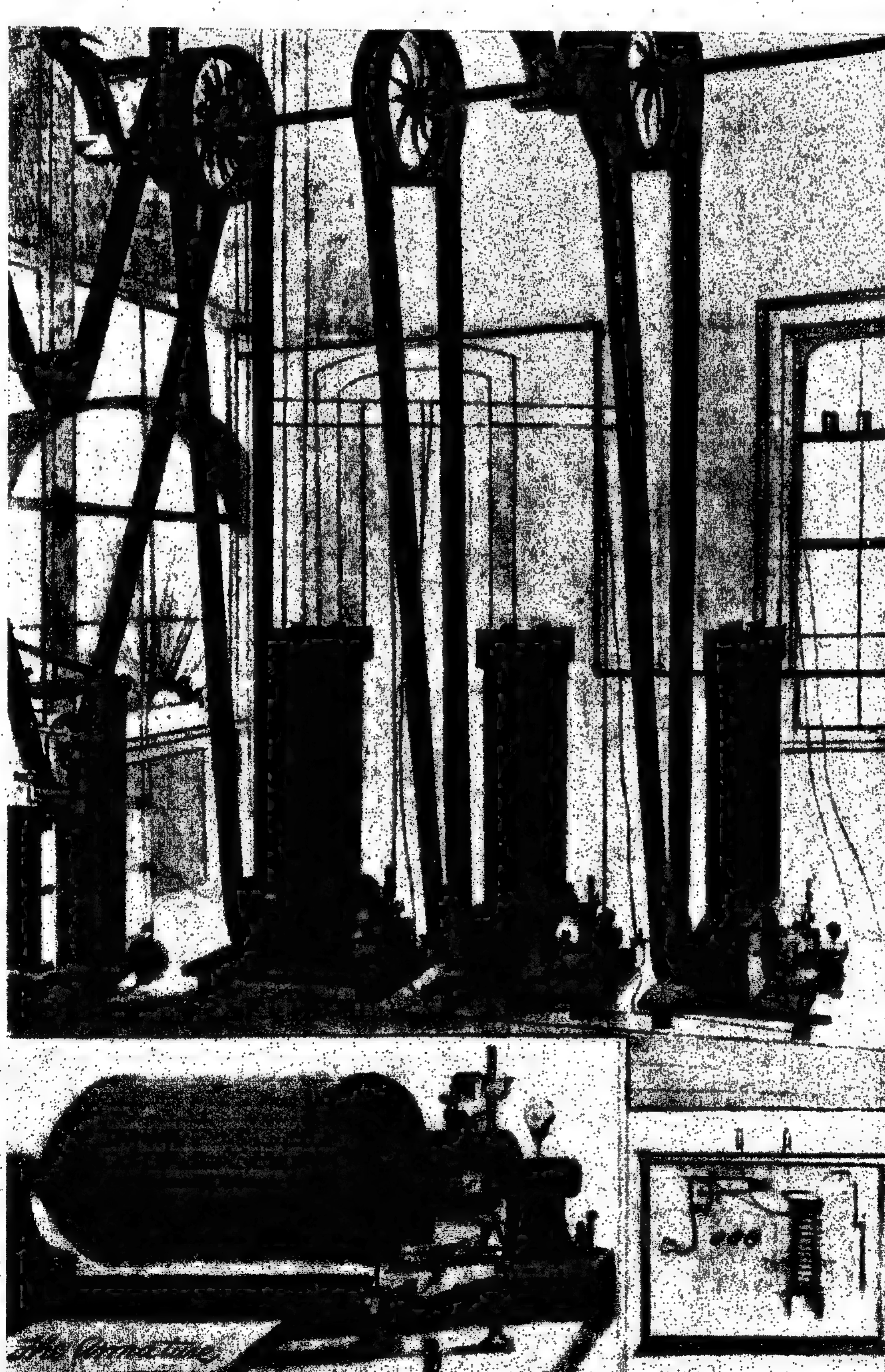


Fig. 1. - La prima dinamo di Edison (*Harper's Weekly* - 1880).

Molte delle invenzioni uscite da Menlo Park erano già prima balenate alla mente di altri inventori: per la più parte gente d'ingegno e spesso anche uomini d'azione. Ma altro è concepire la possibilità di fare una cosa, altro è farla. L'aver avuto dei precursori non diminuisce per nulla i Suoi grandi meriti.

Quello che fu il Suo capolavoro, l'idea che doveva rivoluzionare l'industria e gran parte della vita civile, nelle recenti necrologie, è passato quasi sotto silenzio. La maggior parte dei viventi ha visto la luce elettrica fin dalla culla, ed anche coloro che l'hanno conosciuta adulti vi han

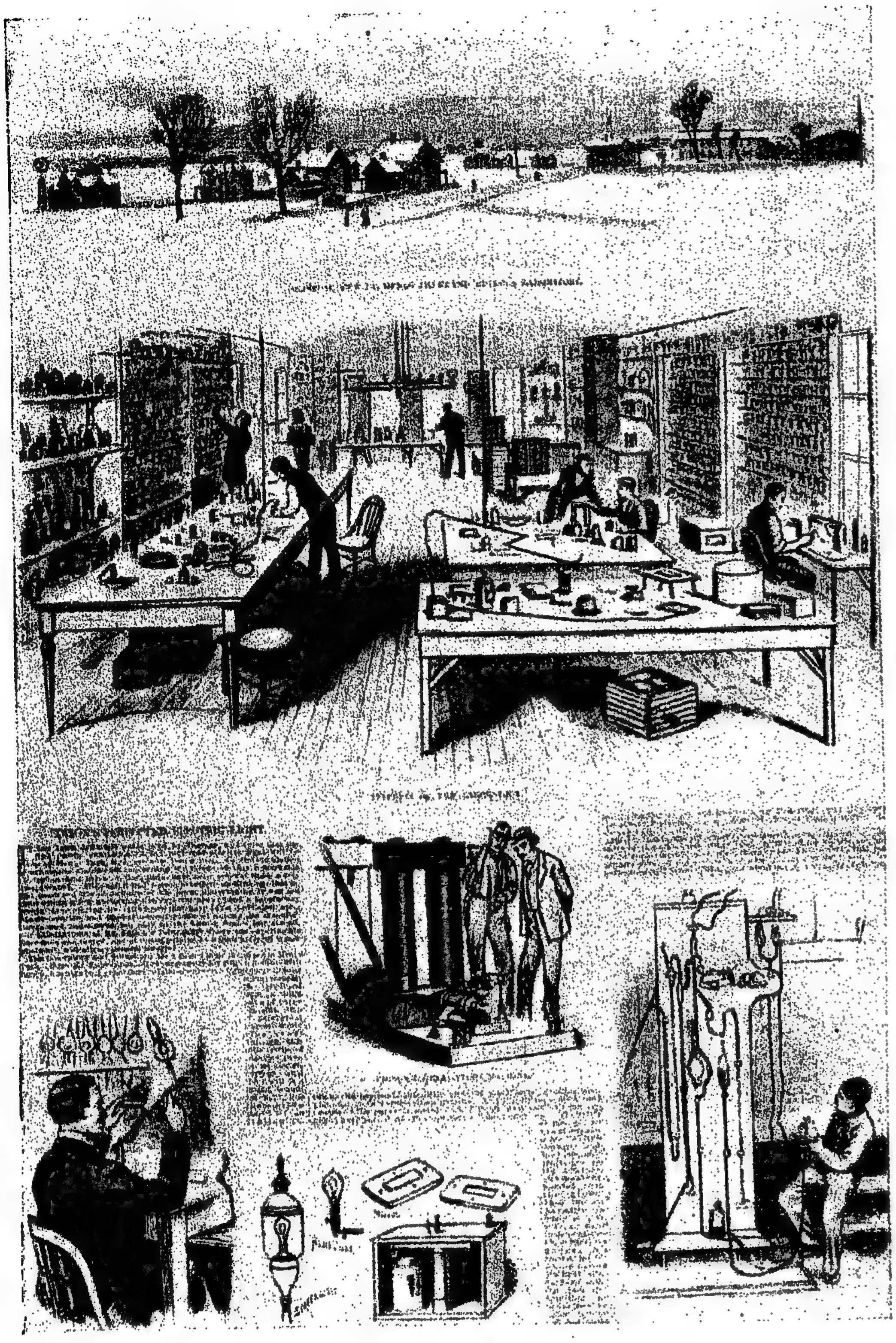


Fig. 2. - Il sistema di illuminazione elettrica di T. A. Edison (*Ceslie's Weekly* - 1880).

fatto tale consuetudine che più non ricordano il mondo di prima. E poi, è assai più facile, seguendo l'odierna moda, sfoderare metafore seicentesche ed aggettivi roboanti sulle cose che colpiscono la fantasia che non su quelle che lasciano il volgo indifferente, anche se siano di una grandiosità senza precedenti.

Il grande problema affrontato e risolto da Edison fu il frazionamento della luce elettrica. Cominciò dal tentare la costruzione di piccole lampade ad arco: vide subito che la strada era sbagliata, e seguendo il Suo costume l'abbandonò senza rimpianto. Fu così portato a studiare la lampada ad incandescenza: e qui apparve per la prima volta la bontà del Suo metodo di lavoro e di studio, poichè se parecchi prima di Lui avevano pensato a rendere incandescente un filamento nel vuoto, nessuno ne aveva ricavato praticamente una *lampada*, cioè un oggetto commerciabile ed alla portata di tutti.

Ma nella Sua mente la soluzione del problema della suddivisione della luce non era che premessa necessaria a ben altro scopo. Che Egli meditasse già da tempo di distribuire l'energia elettrica a domicilio è provato dal fatto che, mentre procedevano gli esperimenti per la costruzione della lampada a filo di carbone, Egli dedicava buona parte del Suo tempo allo studio dell'industria del gas. Studiò tutto quanto nel 1877 era stato scritto sull'industria del gas e si abbonò a tutte le pubblicazioni che se ne occupavano. Studiò pure direttamente l'impianto di New York: e giunse così alla conclusione che il problema del frazionamento dell'energia elettrica poteva essere risolto e reso commerciabile (1).

La sua profonda conoscenza dell'industria del gas destò l'ammirazione di Luther Stieringer, il più competente ingegnere gasista dell'epoca.

E appunto studiando l'industria del gas prese l'abitudine, che poi tanto Gli giovò, di raccogliere su ogni argomento interessante ogni specie di notizie e di dati, anche i più insignificanti.

Resa pratica la costruzione della lampada, Edison si dedicò corpo ed anima a realizzare il suo progetto: distribuire l'energia a domanda. Negli appunti del Suo giornale di laboratorio non solo appare tenace l'intenzione di sostituire l'elettricità al gas, ma vi balenano spesso visioni profetiche, come questa: «non importa se l'elettricità sarà impiegata per luce o per forza motrice». E anche: ...«i piccoli motori (elettrici) possono essere impiegati di giorno come di notte. Le piccole macchine a vapore non sono pratiche». Altrove mostra di avere già un'idea del fattore di concentrazione e di quello di diversità scrivendo in stile telegrafico: «... in generale le più povere zone per luce sono le migliori per forza... notare l'effetto di ciò sul capitale investito».

È interessante confrontare questa Sua sicurezza profetica colle «cantonate» prese in materia da alcuni grandi scienziati dell'epoca. Tyndall nel gennaio 1879 in una comunicazione alla «Royal Institution» parlando scetticamente del problema della suddivisione della luce elettrica e delle sue grandi difficoltà concludeva dicendo: «...sapendo qualche cosa del garbuglio che in pratica rappresenta tale problema, sono certamente più lieto che esso sia nelle mani di Edison che non nelle mie». Un mese più tardi Preece affermava che «la suddivisione della

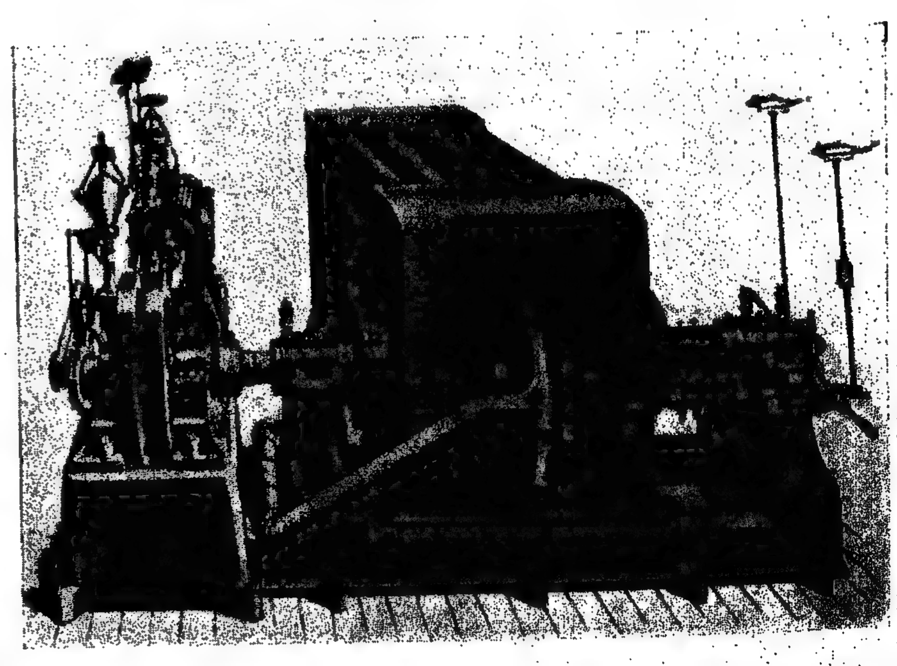


Fig. 3. - La dinamo per 1200 lampade da 16 candele.

(1) ... «Having obtained all the data and investigated gas-jet «distribution in New-York by actual observations, I made up my «mind that the problem of the subdivision of electric current could «be solved and made commercial». (Edison 1878).

luce è un fuoco fatuo ». E vi fu persino chi a Londra stampò in un libro di fisica uscito nel 1879 che « chi, come Edison, parla di suddividere all'infi« nito la corrente elettrica non sa od ha dimenticato che « una simile affermazione è incompatibile con la legge « ben dimostrata della conservazione dell'energia ». Testuale !

Fedele al suo sistema, Edison si diede a studiar una dopo l'altra tutte le parti costitutive dell'impianto di distribuzione. Cominciò dalla dinamo, allora molto imperfetta: e ancora una volta profetico, pensò subito alla necessità di farne marciare parecchie in parallelo, anche per « alimentare una rete in più punti »; studiò il modo di costruire reti aeree o sotterranee, « tali da poter distaccare utenti in qualsiasi loro punto »; studiò e risolse anche il problema dei contatori: pei quali si prefisse che «... dovrebbero essere esatti a sufficienza da « poter fatturare il consumo sulle loro indicazioni, esser « di poco costo e facili a leggersi »; accortosi delle difficoltà che si oppongono a mantenere la tensione costante in una rete molto estesa ideò il sistema a tre fili.

A proposito della dinamo si credeva allora che per il miglior rendimento la resistenza interna dovesse uguagliare la resistenza esterna come per le pile. Sebbene le Sue nozioni di matematica fossero modeste, Edison comprese che tanto maggiore era la resistenza interna, tanto minore era il rendimento: « ...pensai che io « avevo bisogno di vendere tutta l'energia che produ« cevo e non di perderne metà nell'interno della mac« china ». E pel primo costruì indotti di piccola resistenza, così da realizzare un rendimento del 90%, mentre fino allora si era creduto che il 40% fosse il massimo ottenibile.

Nè Edison ha trascurato gli accessori dell'impianto: interruttori semplici e di massima, valvole, piccoli interruttori pei circuiti di lampade, specialmente il portalampade che è rimasto inalterato per la sua semplicità costruttiva e che porta il Suo nome; si occupò di dettagli apparentemente insignificanti, perchè potevano far meglio apprezzare il nuovo sistema di illuminazione in confronto del gas. Ma la generazione della corrente aveva bisogno di caldaie a vapore e di motrici. Ed ecco Edison ad analizzare le esigenze del servizio per dedurne regole d'impianto delle caldaie. Sua è l'idea delle tubazioni ad anelli multipli, per render possibile qualsiasi combinazione di caldaie e di motori. Anche l'accoppiamento diretto del motore primo con la dinamo fu per la prima volta adottato da lui. Tutte cose anche queste semplici e che oggi sembrano naturali ed intuitive, ma che pure dovettero esigere sopratutto grande senso pratico in chi ne previde l'utilità prima ancora che l'esperienza le dimostrasse necessarie.

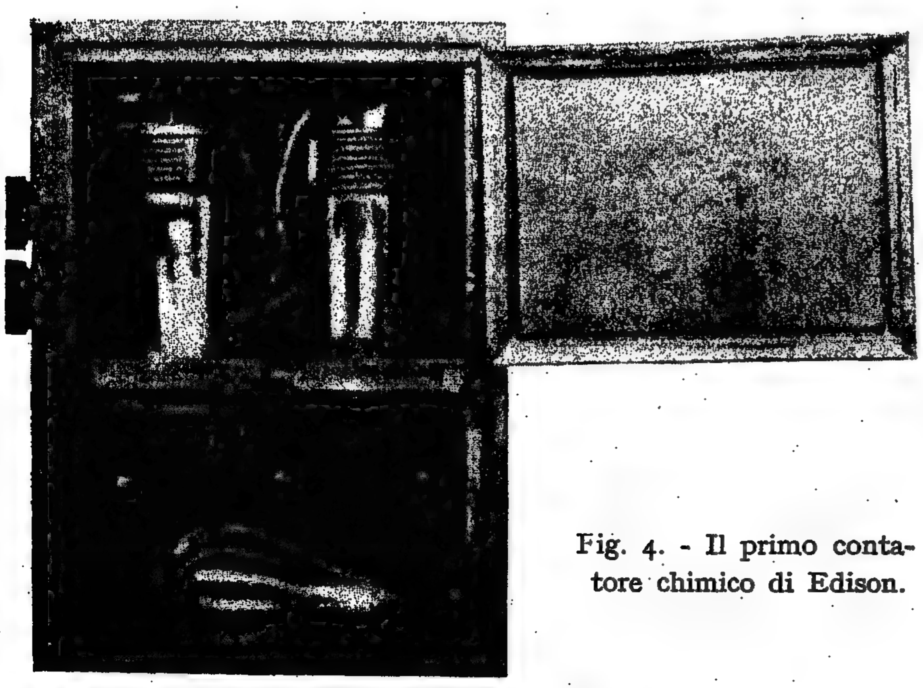


Fig. 4. - Il primo contatore chimico di Edison.

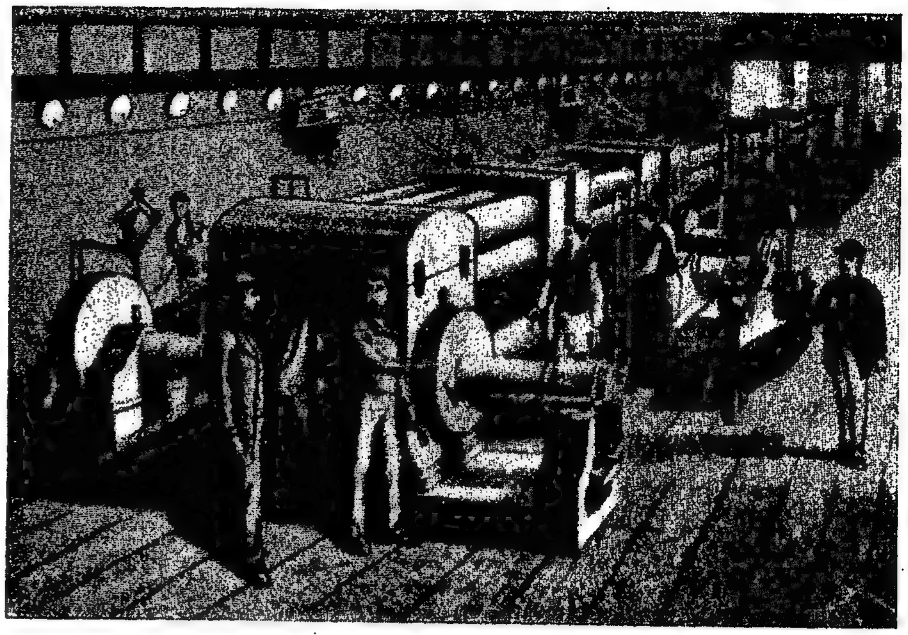


Fig. 5. - La sala macchine della centrale di Pearl Street. (*Scientific American* 26 agosto 1882).

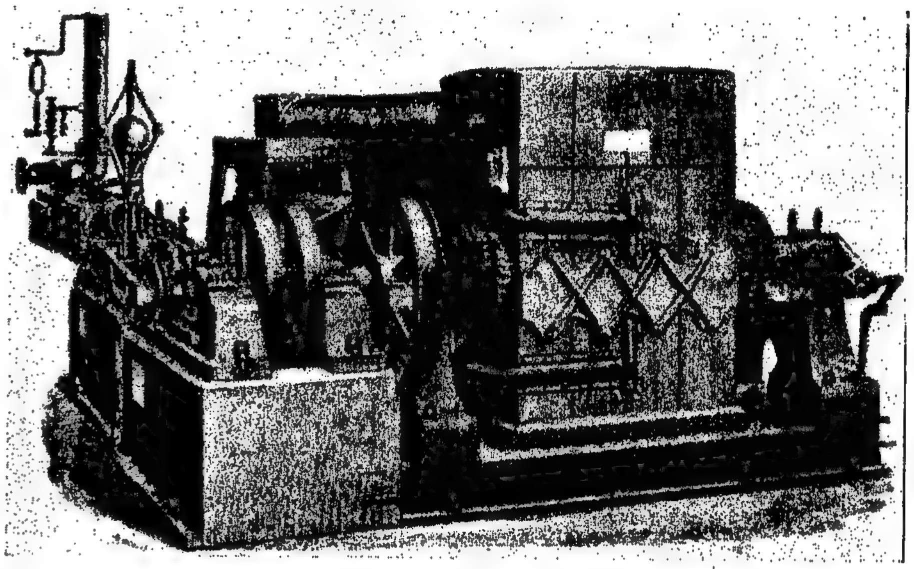


Fig. 6. - La più grande dinamo costruita da Edison nel 1882.

Insomma Edison più che la invenzione isolata della lampadina ad incandescenza, creò nel breve periodo di un anno e mezzo di sana pianta un sistema per produrre e distribuire energia; sistema che prese il suo nome. Questo successo gli fu facilitato dalla grande pratica acquistata negli anni precedenti nei fenomeni elettromagnetici, che Egli aveva sperimentato durante i suoi studi sui telegrafi e sui telefoni.

Fra le caratteristiche del sistema Edison sono degne di nota: la tensione di 110 Volt (da lui prescelta, che la pratica ha dimostrato ottima e della quale l'inventore stesso si vantava) e sopratutto il concetto della distribuzione *in derivazione* che a noi sembra oggi semplice perchè non diversamente si distribuisce l'acqua potabile, ma che allora non mancò di suscitar obiezioni da parte di chi si era cristallizzato nel ritenere definitivo ed unico il sistema *in serie* delle lampade ad arco.

***

Lo stupore destato nel mondo scientifico dall'annuncio, pubblicato nel novembre 1879 dal « Scientific american » che Edison aveva creato un nuovo tipo di dinamo con la quale si proponeva di generare corrente da distribuire a domicilio fu tale che molti credettero trattarsi di una panzana giornalistica: qualcuno giunse al segno

di raccomandare ad Edison, a difesa della propria reputazione scientifica, maggior prudenza pel futuro. Ma il 21 dicembre successivo il *New York Herald* dedicava una intera pagina alla descrizione delle varie parti del «sistema Edison» dalla dinamo alla lampada. Questa volta avvenne l'opposto: la curiosità del pubblico giunse a tal segno che la « Pennsylvania Railroad» dovette istituire treni speciali per portare a Menlo Park i visitatori, curiosi di vedere il prodigio, fra i quali erano noti scienziati, tecnici e banchieri. E non tutti andavano con buone intenzioni, se fu sorpreso e cacciato a legnate un tizio mentre cercava di creare corti circuiti durante le esperienze servendosi di un filo isolato avvolto intorno alla persona, del quale teneva i capi nascosti nelle mani.

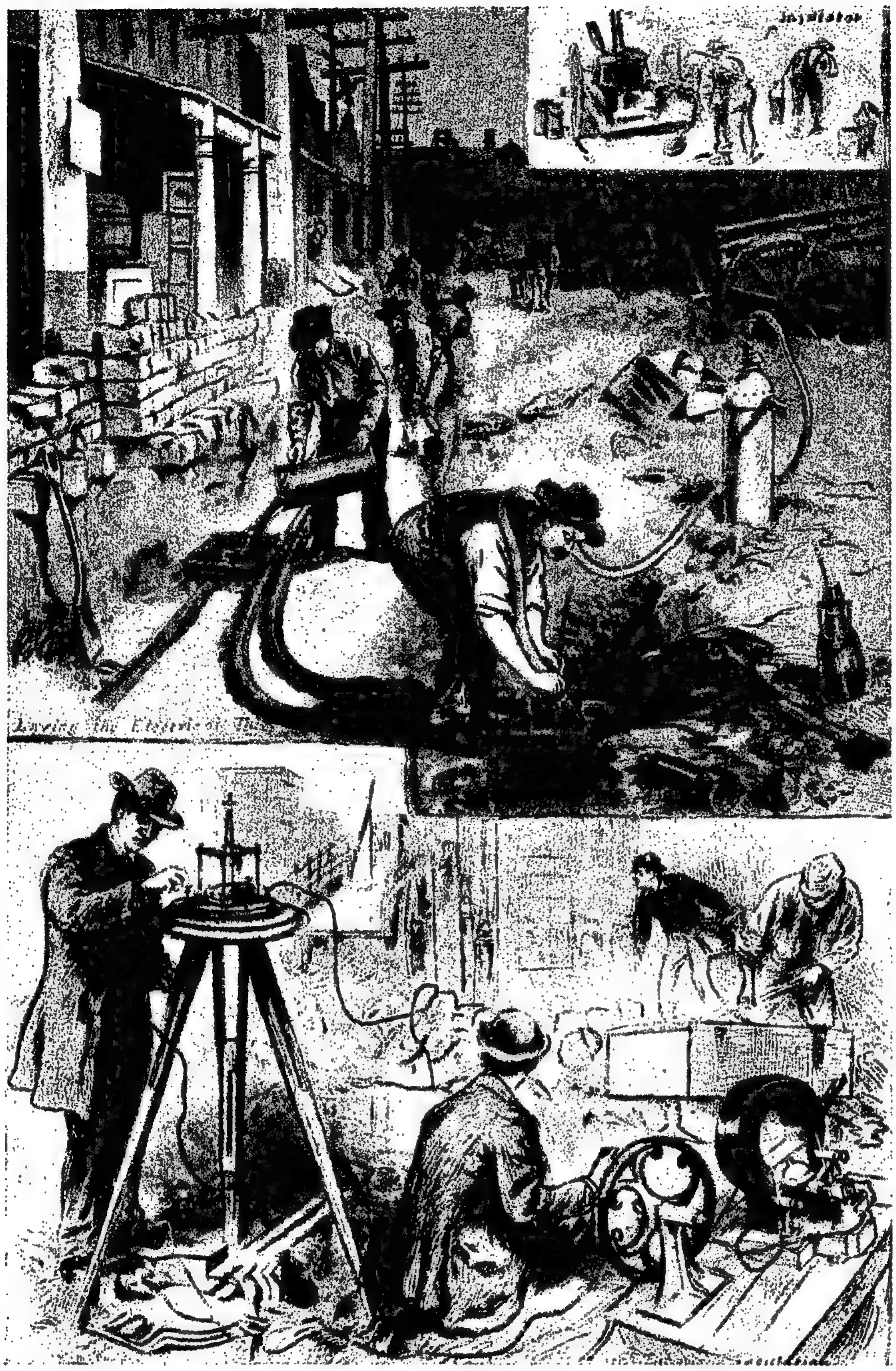


Fig. 7. - «La luce elettrica nelle case: la posa dei cavi nelle strade di New York» (Disegni di W. P. Suyder, *Harper's Weekly*, 1882).

Nel 1878 aveva già fondato la « Edison Electric Co. » Venne poi la « Edison Illuminating Co. » che costruì la centrale di Pearl Street e la rete relativa, primo esempio pratico di un organismo completo di distribuzione dell'energia.

Qui l'intelligenza e la praticità di Edison dovettero affrontare una nuova serie di difficoltà, costituita dai problemi economici e commerciali connessi all'Impresa. Egli stesso confessava che Lui ed i Suoi collaboratori non avevano allora alcuna idea in proposito. Da principio le cose andarono a rotoli: Edison si associò allora in questi studi tal Chinnock, amministratore della « Metropolitan telephone Co.», al quale affidò la direzione commerciale dell'Impresa, promettendogli 10000 dollari di premio (che sborsò poi di propria tasca) se si fosse giunti a dare al capitale investito il 5%. Pian piano l'Impresa prosperò, tanto che nel 1885 fu dato un primo dividendo.

Edison non arrestò la propria fatica: numerosi piccoli inconvenienti furono gradatamente da lui eliminati: nè dimenticò la necessità di creare buone maestranze in un'arte così nuova, fondando scuole per gli operai e pubblicando manuali pei tecnici. Sopratutto la fabbricazione delle lampade venne da Lui perfezionata con numerosi procedimenti nuovi, dei quali l'ultimo (1889) consistente nello sciogliere la cellulosa in un liquido opportuno trafilando la sostanza colloide così ottenuta e carbonizzandola poi con altro procedimento speciale, fu largamente usato fino ai primi anni del nostro secolo quando la lampada a carbone sparì, battuta dalla lampada a filamento metallico.

Il 4 settembre 1882 cominciò a funzionare la centrale di Pearl Street: e nel novembre quella di Wabash Avenue a Chicago. Il 15 ottobre dello stesso anno Edison aveva messo in marcia la prima centrale idroelettrica, ad Appleton nel Wisconsin. L'anno seguente si inaugurava la centrale di S. Radegonda a Milano: l'industria elettrica era nata, per opera della tenacia e della intelligenza di un solo Uomo.

***

Qualcuno potrà chiedersi: se non fosse stata l'opera di Edison avremmo oggi i trasporti di energia a grandi distanze e le reti di distribuzione? Difficile è il rispondere. Come si è visto, gli scienziati un po' per preconcetto, un po' per errati apprezzamenti furono a lungo scettici sull'opera di Edison: ed occorreva proprio un Uomo di qualità così eccezionali per riuscire a dar vita ad un'idea che ai contemporanei più autorevoli sembrava rivoluzionaria se non pazzesca. Fu fortuna che Egli nascesse agli Stati Uniti, e fiorisse in un momento eccezionalmente favorevole, quando la generazione che aveva fatto la guerra civile lavorava alla restaurazione economica del paese con un entusiasmo quasi religioso ed un vivo senso di emulazione verso la vecchia Europa, che la conduceva alla ricerca febbrile (e talora così esagerata da cadere nel ridicolo) di tutte le novità che avessero l'aria di progresso. Vennero così a comporsi il Suo ingegno, il Suo senso pratico, il metodo di ricerca sistematica da Lui ideato, la possibilità di trovare capitali, il paese aperto a qualunque novità. Se una sola di queste circostanze fosse mancata la Sua idea sarebbe caduta irrimediabilmente.

Certo, in seguito essa sarebbe stata ripresa, ma quando? È evidente che, per molte ragioni, l'utilizzazione a distanza delle forze idrauliche avrebbe finito per imporsi, troppa importanza avendo come risorsa na-

turale, ma come? Non dimentichiamo che Gaulard prima, Zipernowski, Dèri e Blathy poi, crearono il trasformatore, mettendo in auge le correnti alternate, quando già le reti di Edison erano sorte in gran numero, e precisamente per eliminarne il difetto capitale costituito dal piccolo raggio d'azione delle centrali. Le prime reti a correnti monofasi (esempio cospicuo e fra i primissimi, quello della Centrale dei Cerchi a Roma) erano alimentate, come quelle di Edison, da una centrale locale: ai feeders erano sostituite linee ad alta tensione che alimentavano trasformatori posti ai nodi della rete: ma il concetto fondamentale era però sempre quello di una rete a maglie alimentata in luogo.

Già a quell' epoca si erano effettuati trasporti a corrente continua col sistema in serie Thury: ma è giustificata l'ipotesi che per questa via ben poche sarebbero state le applicazioni. L'avvento del trifase, conseguenza degli studi ai quali diede luogo il monofase, rese più tardi possibile il grande sviluppo dell'industria elettrica, oltre che per la sua attitudine al trasporto a distanza dell'energia, anche per la diffusione da esso data alle applicazioni di forza motrice.

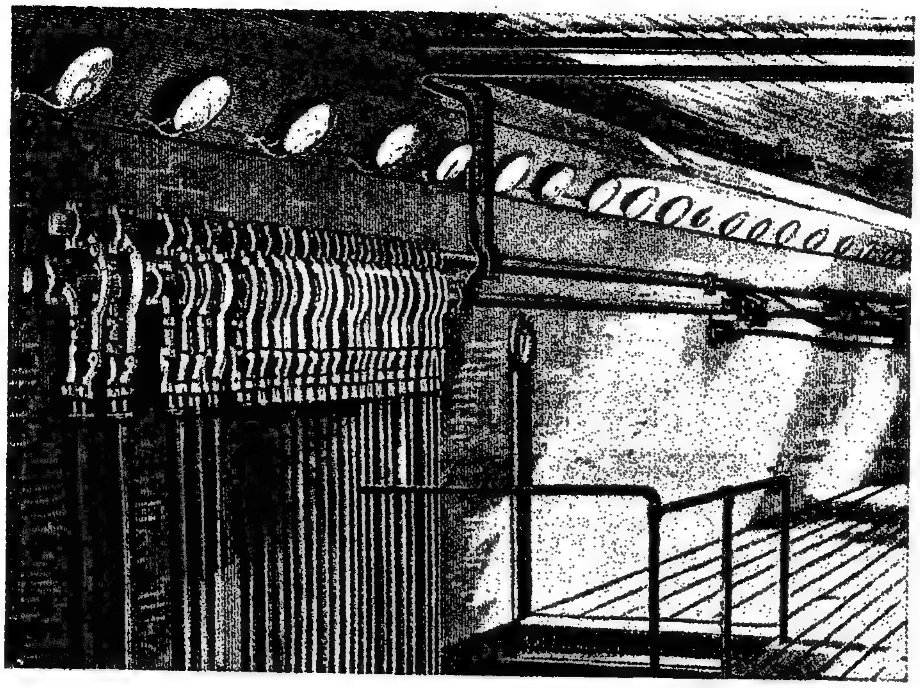


Fig. 8. - Centrale di Pearl Street: le partenze dei feeders.

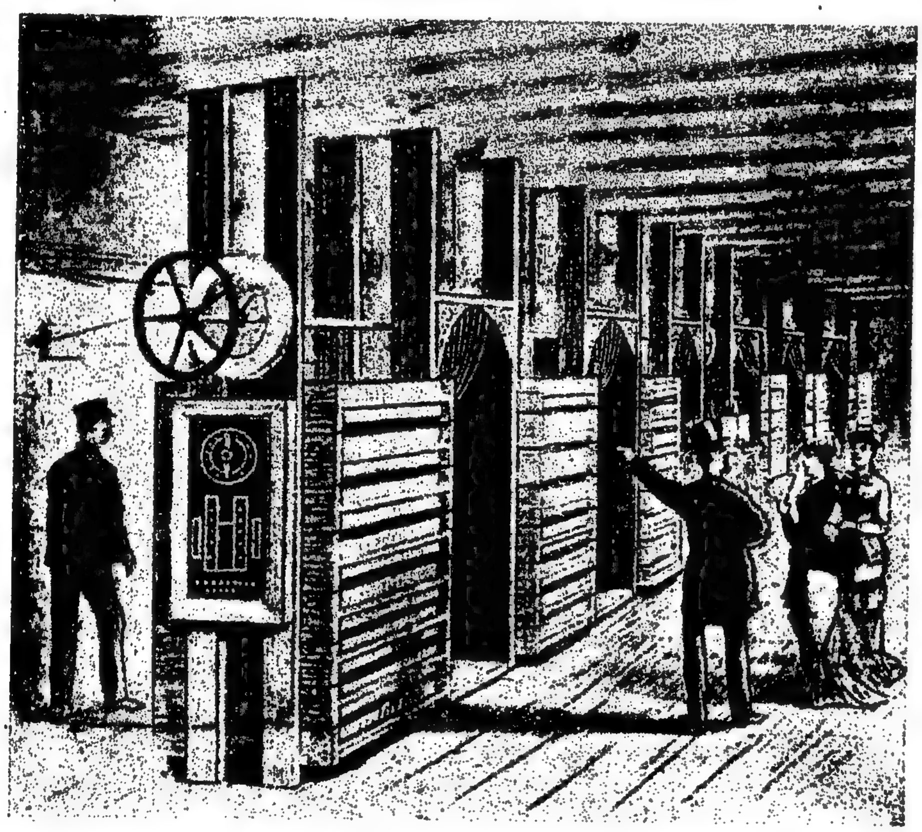


Fig. 9. - Reostati primitivi nella Centrale di Pearl Street (1882).

Se Edison non avesse creato la lampada ed ideata la distribuzione mediante reti, i trasporti di energia sarebbero venuti più tardi e si sarebbero limitati forse all'alimentazione di singoli opifici. L'Industria elettrica non sarebbe sorta che molto più tardi, e chi sa sotto quali forme. Siamo quindi davanti ad una rimarchevole coincidenza e successione di elementi, la prima radice dei quali è in Edison: tanto rimarchevole che una simile non s'era mai verificata nella storia, nè si è riprodotta poi. Se a realizzarla concorsero anche circostanze casuali, ciò non diminuisce il merito del Grande che mai non ebbe riposo in vita ed ora dorme in pace il sonno eterno.

Noi che abbiamo dedicato con passione ogni nostra attività all' Industria che Egli ha creato ci scopriamo riverenti davanti al Maestro, che lascia di sè tale monumento da offuscare le più decantate glorie del passato.

ING. ETTORE CESÀRI.

Il messaggio che vi invio è di essere coraggiosi. Ho vissuto molto a lungo. Ho veduto la storia ripetersi e ancora ripetersi. Ho visto molte crisi negli affari... Siate bravi come prima di voi lo furono i vostri padri. Abbiate fede, ed andate avanti.

T. A. EDISON.

(Dal Messaggio spedito da Edison nel Giugno ultimo scorso al Congresso di Atlantic City della N. E. L. A).

L'Ing. Guido Leone Fano

Il 3 ottobre colpito da una atroce malattia che da più di un anno lo tormentava, si è spento in Roma a soli 56 anni l'Ing. Guido Leone Fano.

Sparisce con Lui uno dei più attivi pionieri della nostra industria. Laureatosi ingegnere civile nel 1898, conseguì poco dopo il titolo di ingegnere elettrotecnico alla Scuola G. Ferraris di Torino. Sua prima opera fu la Centrale della Bufola a Napoli con la rete di distribuzione relativa a corrente continua. Fino al 1905 rimase alla Società Napoletana per Imprese Elettriche in qualità di Direttore Tecnico: passò poi a Milano alla Gadda in qualità di Capo dell'Ufficio Impianti (la Gadda costruiva allora turbine a vapore). Avendo questa cessato la propria attività, l'Ing. Fano tornò alla Napoletana nel 1908.



Nel 1911 l'Amministrazione Comunale di Roma decise la costruzione di un impianto elettrico e tramviario autonomo. Il Fano fu prescelto a dirigerne la costruzione che Egli condusse a termine rivelando oltre ad una completa e genialissima personalità di tecnico una preveggenza mirabile: il servizio tramviario del Comune di Roma restò per molti anni un modello di modernità, e nella costruzione degli impianti di distribuzione Egli applicò criteri allora ancora discussi, ma che la pratica di vent'anni ha confermato in pieno.

Poco dopo lo scoppio della guerra passò a dirigere l'Ufficio Impianti Idroelettrici della Società Ilva, dove le Sue doti di tecnico ebbero una nuova occasione di manifestarsi: sono da ricordare di quell'epoca numerosi studi d'utilizzazione di forze idrauliche, particolarmente in Abruzzo, e quelli del Tanagro e del Matese. Questi due, insieme con quello dell'Aventino, furono poi realizzati dalla Società Meridionale della quale Egli fu nominato Direttore nel 1921.

In tale qualità Egli studiò anche il primo progetto degli impianti della Sila, il rinnovamento degli impianti di Napoli e la Centrale termica « Capuano » a S. Giovanni a Teduccio. Nel 1924 fu chiamato alla carica di Amministratore delegato della « Elettricità e Gas di Roma » successa all'antica Società Anglo-Romana. Da quel giorno fino alla immatura morte Egli si dedicò a quell'opera di rinnovazione dei vecchi impianti di Roma che tutti hanno avuto occasione di conoscere e di ammirare.

Energico, operoso, infaticabile, con la vasta intelligenza e con l'esempio proprio e con l'indiscutibile superiorità trascinando i Suoi collaboratori, riuscì più volte a risolvere problemi ed a sistemare situazioni della maggiore difficoltà. Di onestà scrupolosa, equo sempre nei giudizi e nelle decisioni, aveva conquistato la maggiore stima nell'animo di quanti ebbero a conoscerlo.

Vinse concorsi importanti, fra i quali quello per la direzione dell'Azienda comunale di Milano, che poi non assunse. Aveva coperto cariche importanti: era fin dalle origini Vice presidente della ANIEL poi della UNFIEL, nonchè Consigliere di Amministrazione di diverse Società Elettriche, esercenti e costruttrici. Combattè, come la maggior parte dei pionieri dell'industria elettrica, aspre battaglie e non gli furono risparmiate immeritate amarezze. Ma nella lotta e nella serenità seppe sempre conservarsi leale e probo; due virtù che gli conciliarono la stima di tutti, anche degli avversarii.

Se non vedremo più il Suo sorriso, rivelatore della bontà dell'anima, rimarrà sempre viva in noi la Sua memoria, come quella di un uomo retto, di un tecnico creatore, di un valentissimo Capo d'Industria. Sopratutto ci parleranno di Lui i risultati del Suo lavoro e il ricordo e l'impronta di saggezza e di onestà lasciati ovunque fu richiesta l'opera Sua.

Questo sia di conforto alla Famiglia così duramente colpita; di presagio per i Figli che, incamminati sulla via paterna, sapranno continuarne degnamente la nobile tradizione.

L'Energia Elettrica.

I funerali ebbero luogo a Roma la mattina del 5 ottobre, partendo dalla Casa dell'Estinto in via di Villa Panfili.

L'imponente massa degli intervenuti costituì una nuova prova dell'affetto e della considerazione nella quale era tenuto il compianto Ingegnere.

L'UNFIEL era rappresentata dalla Presidenza, da numerosi membri del Comitato e dal Consiglio e dalla Direzione. Tutte le principali Aziende elettriche italiane erano rappresentate. Dell'*Elettricità e Gas* intervenne il personale al completo.

In via Marsala pronunciarono commosse parole il Presidente dell'*Elettricità e Gas* Gr. Uff. Parisi, l'Avv. Crisostomi a nome dell'Azienda Governatoriale e del Consorzio Aniene, il Prof. Bordoni Presidente Generale dell'A.E.I. e l'On. Motta Presidente della UNFIEL, il quale diede alla salma, fra la commozione dei presenti, l'ultimo saluto, col seguente discorso:

« Amico Fano, parlo qui con tristezza accorata anche in nome degli amici dell'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche. Ma non posso pronunciare il tuo elogio funebre; nè il turbamento dell'ora me lo consentirebbe, nè tu forse me lo perdoneresti.

« Tuttavia ci conosciamo da tanto tempo; ci siamo capiti così bene; la nostra amicizia aveva così profonde radici nella stima reciproca, che il mio silenzio potrebbe parere inspiegabile e far dubitare freddezza là dove invece esiste commozione a stento dominata.

« Quando ci incontrammo la prima volta, tu dirigevi l'Azienda Elettrica del Comune di Roma, di cui ho testè ascoltato con un fremito di compiacimento l'insigne Presidente rendere omaggio alle tue virtù. Eri amareggiato da alcuni ostacoli che l'incomprensione, non il malanimo, aveva opposto alla tua appassionata, fervente, devota attività. Ma tu vincesti anche allora, non tanto forse per la forza del tuo ingegno e la insuperata valentia delle tue conoscenze tecniche, quanto e più specialmente per la cristallina probità della tua coscienza.

« Amico Fano, il tuo posto nel Comitato della UNFIEL rimarrà vuoto. Noi non udremo più dalla tua viva voce il consiglio fermo dell'esperienza vissuta, della competenza prudente che in te parlava; e saremo tristi. A poco a poco la vita riprenderà il suo corso; nuove difficoltà e nuove lotte polarizzeranno il nostro spirito verso nuove necessità; la speranza del domani continuerà a sorriderci lusinghiera; le delusioni di ieri seguiteranno ad aumentare l'amaro fardello della nostra esperienza; ma il tuo ricordo rimarrà perenne in noi, non ti dimenticheremo mai!

« Amico Fano, addio! ».

Infine un rappresentante del personale dipendente portò l'ultimo saluto di questo all'amato Superiore.

Altra prova del profondo rimpianto lasciato dall'Ing. Fano si manifestò nel grandissimo numero di telegrammi e di altre manifestazioni di condoglianza pervenuti alla Famiglia.

PROF. ING. FRANCESCO MARZOLO

La determinazione delle piogge critiche

ed altre note riflettenti il regime di piena di reti idrauliche

SOMMARIO: Esposti i principali concetti che possono guidare il calcolo idraulico dei colatori, tenendo conto delle variabili condizioni pluviometriche, e quindi la determinazione delle piogge critiche, specialmente in casi tipici opportunamente esemplificati, si individuano le portate di corrivazione, teorica od attenuata dagli effetti d'invaso nei canali ed eventualmente nel terreno.

Si osserva come il consueto coefficiente di scolo in realtà sia partecipe dell'idoneità a rispecchiare la moderazione determinata dagli invasi; si accenna all'utilità di curare anche le sistemazioni secondarie, pure nei riflessi dell'impiego di energia elettrica; e si percorrono vari schemi di calcolo e rappresentativi, atti a facilitare la compenetrazione dei diversi elementi moderatori e l'interpretazione di ulteriori esperienze.

I – Le esposizioni teorico-pratiche intorno all'andamento delle piene provocate da precipitazioni atmosferiche in sistemi colatori artificiali (fognature e bonifiche) o naturali (reti idrografiche) possono, secondo il loro orientamento, suddividersi abbastanza nettamente in gruppi diversi, con una marcata e giusta preminenza, specialmente nella letteratura tecnica italiana contemporanea, dell'indirizzo che fondamentalmente deriva dai segnalati studi del Prof. FANTOLI attinenti alle fognature di Milano (1903).

Le analogie di sviluppo o almeno di sintesi formale dei rispettivi problemi, dopo le basi indicate dallo stesso Prof. FANTOLI (1909) per indagine valutativa della portate massime del torrente Bisagno e dal Prof. PUPPINI (1923) per la capacità moderatrice dei canali di bonifica, in una successiva e abbastanza estesa produzione di scritti (nella quale predominano, come si è detto, gli Autori italiani) concedono abbastanza generalmente riferimenti comuni alle varie classi applicative sopra enunciate; contribuendo ciò al valore comprensivo del metodo e, pure attraverso alcune discussioni susseguitene per casi specifici, alla sua divulgazione.

Si sorvolano le citazioni quasi superflue, data anche la diffusione dei rispettivi periodici italiani e pubblicazioni recenti. Sorvolasi pure il richiamo alle ipotesi generalmente ammesse, tra le quali, particolarmente, che la portata specifica alimentatrice (ossia la portata per unità di area orizzontale del bacino scolante) possa per semplicità rappresentarsi con un suo valore medio *istantaneo* (per tutto il bacino tributario, o per una certa sua parte) o medio *locale* (per tutta una certa durata dell'afflusso), o più elementarmente con una media globale q istantanea e locale insieme.

È questo notoriamente uno dei casi, generalizzati dal Prof. CONTI (1), per cui in un colatore privo di concentrazione di afflussi al suo inizio a monte e la cui portata Q in una sezione generica ω sia (essendone i la pendenza):

$$(1) \qquad Q = c\, \omega^{m}\, i^{n},$$

l'area $\omega = \omega\,(t, s)$ della sezione liquida possa esprimersi come il prodotto di due funzioni:

$$(2) \qquad \omega = \varphi\,(t)\,.\,\psi\,(s)\,;$$

per modo che il rapporto fra due valori istantanei $\omega\,(t_1)$ e $\omega\,(t_2)$ di una certa sezione possa riguardarsi come indipendente da s, ossia costante lungo il colatore.

Tale possibilità è subordinata alla condizione (semplificata per il caso più elementare dianzi considerato):

$$(3) \qquad \frac{c}{A}\left(\frac{d\,A}{d\,s}\right)^{m} i^{n} = C \quad (1)$$

(1) Determinazioni idrauliche relative ai colatori. *Annali dei Lavori Pubblici*, 1928, p. 491.

(1) Si ha invero

$$\frac{\partial\,\omega}{\partial\,t} = \psi\,\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\partial Q_a}{\partial s} - \frac{\partial\,Q}{\partial s} = \frac{\partial Q_a}{\partial s} - \varphi^{m}\frac{d}{ds}\,(c\,\psi^{m}\,i^{n})$$

$$\frac{1}{\psi}\,\frac{d}{ds}\,(c\,\psi^{m}\,i^{n}) = \frac{1}{\varphi^{m}}\left(-\frac{d\,\varphi}{dt} + \frac{1}{\psi}\,\frac{\partial Q_a}{\partial s}\right)$$

Ciascuno dei due termini deve ridursi ad una costante C; così in particolare

$$\frac{d}{ds}\,(c\,\psi^{m}\,i^{n}) = C\,.\,\psi$$

ed essendo

$$\psi = \frac{d\,A}{ds}$$

sostituendo ed integrando da O a s si ricava la (3).

Per l'esposizione generale vedasi: CONTI, memoria citata.

Ne consegue parimenti per individuare φ:

$$\frac{d\,\varphi}{dt} = q - C\,\varphi^{m}$$

mentre la portata Q risulta

$$Q = c\,\varphi^{m}\left(\frac{d\,A}{ds}\right)^{m} i^{n} = \varphi^{m}\;C\,A = \frac{\varphi^{m}C}{q}\,Q_a$$

ed ha quindi valori istantanei proporzionali ovunque a Q_a.

Invece il volume d'invaso nel collettore risulta:

$$V = \int_0^s \omega\,ds = \varphi\int_0^s \psi\,ds = \varphi\,A = \frac{A}{\psi}\,\omega$$

ed assume quindi valori locali proporzionali in ciascun istante ad ω; come è ovvio, data la proporzionalità fra le singole contemporanee sezioni.

come si deduce per l'ammessa coesistenza della (1) con l'equazione di continuità:

$$(4) \qquad \frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\partial (Q_a - Q)}{\partial s}$$

essendo Q_a la portata affluente dal bacino, di estensione A.

Si denota cioè dalla (3) una distribuzione tutta particolare delle pendenze i, coordinata con la conformazione ed estensione del bacino; senza di che, rimane esclusa l'indicata possibile proporzionalità fra le variazioni contemporanee delle diverse sezioni ω.

In pratica tuttavia, per le necessità di semplificare questa parte degli assunti, onde poter considerare abbastanza compiutamente le variabili caratteristiche delle piogge, la considerazione dell'accennato invaso statico V suole estendersi oltre la restrizione indicata.

Come è noto, l'ipotesi di proporzionalità fra volumi d'invaso e sezioni, esatta nelle condizioni predette, interviene accanto ad una varia considerazione della scala di deflusso $Q(\omega)$ nella deduzione della legge di aumento della portata Q durante la prima fase; ossia, per una dipendenza $Q(\omega)$ lineare (Prof. Fantoli):

$$(5) \qquad t = \frac{V_1}{Q_1} \log_e \frac{Q_a}{Q_a - Q}$$

designando Q_1 e V_1 la portata e il volume a piena sezione.

L'attendibilità appare dalle ormai numerose applicazioni ed è confermata pure estendendo i riferimenti ad ipotesi di non uniformità degli afflussi, oltre che di non linearità delle funzioni $Q(\omega)$ e $V(\omega)$, tra l'altro secondo le recenti induzioni dell'Ing. Campini pubblicate in questa Rivista (1).

La (5) come sopra scritta, o salvo l'applicazione al secondo membro del noto coefficiente correttivo m calcolato dal Prof. Fantoli per tener conto di una scala di deflusso spezzata (2), porge per la durata di riempimento del collettore la nota espressione $\left(\text{ponendo } \varepsilon = \frac{Q_a}{Q_1} \right)$:

$$(6) \qquad t_1 = \frac{V_1}{Q_1} \log_e \frac{Q_a}{Q_a - Q_1} = \frac{V_1}{Q_1} \log_e \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}$$

da mettersi a raffronto con la curva d'intensità delle piogge critiche o *caratteristica pluviometrica*:

$$(7) \qquad j = j(T)$$

assunta nello studio, per verificare che, per qualunque pioggia (T, j) da essa rappresentata, risulti sempre $t_1 \geqq T$, ossia

$$(8) \qquad \frac{V_1}{Q_1} \geqq \frac{T}{\log_e \dfrac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}}$$

Verifica che per maggiore speditezza può limitarsi (Ing. Massari) ai casi più sfavorevoli, considerando semplicemente gli eventi che rendano massimo il secondo membro della (8). Così adottando per la (7) la forma abbastanza usuale:

$$(9) \qquad j = \frac{a}{T^n}$$

la funzione inversa $T(j)$ risulta proporzionale a $j^{-\frac{1}{n}}$, quindi a $\varepsilon^{-\frac{1}{n}}$, per modo che per individuare

$$\left[\frac{T}{\log_e \dfrac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}} \right]_{max}$$

si avrà

$$(10) \qquad (\varepsilon - 1) \log_e \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} = n$$

La (10) notoriamente definisce il valore numerico ε da assumersi a base della verifica, come determinativo della pioggia più critica. In particolare per $n = \frac{2}{3}$ si ha il valore ingegnosamente indicato per la prima volta dall'Ing. Massari (1):

$$(10') \qquad \varepsilon = 1{,}8742$$

$$\log_e \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} = 0{,}7625$$

nel quale caso, computata la corrispondente durata T_1 della pioggia più pericolosa, la verifica da farsi si riduce semplicemente alla seguente:

$$(11) \qquad V_1 \geqq 1{,}311\, Q_1 T_1$$

Intervengono così ed influiscono nella determinazione della pioggia più critica l'estensione orizzontale ed il coefficiente di deflusso del bacino scolante, ma non la sua configurazione; questa ricorre implicitamente nei riferimenti e nelle applicazioni del metodo ad una rete più o meno estesa.

II – La configurazione planimetrica ed altimetrica della zona scolante e la sua sistemazione idraulica hanno invece un'importanza esplicita ed iniziale nelle deduzioni operate secondo il concetto del ritardo di corrivazione; le quali, se perseguendo semplicemente il supposto andamento cinematico del deflusso presentano le ben note manchevolezze nei riflessi dell'attività moderatrice dei canali, pure nell'ambito della loro ulteriore schematizzazione possono essere considerevolmente migliorate quando, in luogo di una designazione arbitraria della pioggia, si mantenga il riferimento

$$j = \frac{dh}{dt} = j(T)$$

alle variabili possibilità critiche, per ricavare da queste e da altri elementi indicazioni idonee.

Rimandando al seguito altre considerazioni, ove gli effetti d'invaso troveranno un maggiore rilievo, a quest'ultimo riferimento giova pertanto adeguare anche le rappresentazioni del genere ora accennato. Se invero non è da disconoscersi che pure il ritardo di corrivazione dalle diverse parti del bacino tributario possa rappresentare per propria parte un concetto abbastanza verosimile e intuitivo, nella sua effettiva applicazione però (per una traduzione adeguata del fenomeno) gli effetti d'invaso dovrebbero potersi intendere in qualche modo compenetrati (2).

Indicando con τ il ritardo di corrivazione dai punti più remoti, interessa in primo luogo se e come sia ad esso riferibile la durata della precipitazione da assumersi quale più pericolosa. Varie e dissimili sono state infatti le espressioni a tale riguardo; così trovasi spesso indicato (sebbene con generalità più appa-

---

(1) *L'Energia Elettrica*, 1930, pag. 580.

(2) $m = 1 + \dfrac{0{,}025}{\varepsilon - 1{,}05}$.

(1) *Annali dei Lavori Pubblici*, 1927, p. 1. Risultato analogo venne pure esposto dal Prof. Supino: *L'Ingegnere*, 1929, pag. 91; indi completato dallo stesso Ing. Massari, tenendo conto altresì del coefficiente correttivo m già rammentato e poi di altri elementi, fino ad un'esposizione assai recente (II° Congresso Nazionale degli Ingegneri Italiani, 1931, p. 209).

(2) V. ad es. G. Ippolito: « La bonifica idraulica in destra del Volturno », p. 103. Napoli, 1930.

rente che sostanziale) il riferimento ad una pioggia della durata:

(12) $$T = \tau$$

ovvero a quella di durata

(13) $$T = \frac{\tau}{2}$$

Quest'ultima indicazione, dovuta all'Ing. MONTANARI (1), deriva dalla classica formula D. TURAZZA per canali di bonifica:

(14) $$Q_{\max} = k\,\mu\,A\,\frac{h}{T+\tau}$$

(coi noti simboli, e salvo un fattore costante per adattamento delle unità di misura), la quale però non è atta a rispecchiare le variazioni della superficie scolante e contiene un ulteriore elemento d'incertezza nel rapporto μ fra le portate massima e media durante il tempo $T + \tau$ di deflusso.

Risulterebbe cioè $Q_{\max}$ proporzionale a $\frac{j\,T}{T+\tau}$ ossia, ammessa la (9), a

$$\frac{1}{T^{n-1}\,(T+\tau)}$$

deducendosi il caso più sfavorevole (valore minimo del denominatore) per

(15) $$T = \frac{1-n}{n}\,\tau$$

e quindi, se $n = \frac{2}{3}$, appunto per $T = \frac{\tau}{2}$

Questo risultato effettivamente non può apparire altrettanto generale, quando si considerino i vari elementi in gioco, sia pure in un bacino supposto superficialmente omogeneo e a pendio regolare. Invero anche l'interpretazione puramente cinematica consiglierebbe piuttosto di esperire diverse piogge critiche di varia durata (2), e ciò per ciascuno dei sottobacini o bacini successivamente considerati.

Giova pertanto riguardare particolarmente la forma della caratteristica di ritardo $A(t)$ (3). Tra le consuete ipotesi $T \gtreqless \tau$, si può anzitutto affermare che la pioggia più pericolosa sia da ricercarsi nel campo $T \leq \tau$; e non mai nell'altro $T > \tau$, poichè in ogni caso, dato il conseguente andamento delle portate con stanca o tenuta di piena, sarebbe allora preminente l'ipotesi $T = \tau$, come più sfavorevole per la maggiore intensità di precipitazione competente.

La portata massima si determina pertanto nella 2ª fase del deflusso e cioè in quella limitata fra gli istanti T e τ (la quale si riduce ad un istante se $T = \tau$).

Basta infatti richiamare che dopo una 1ª fase del deflusso in cui la superficie scolante si sia propagata fino a coincidere con la A_τ, nella detta 2ª fase essa rimane sempre delimitata fra due isocorrive distanziate l'una dall'altra del tempo T e propagantisi nel bacino da valle a monte, ed è perciò $A_t - A_{t-T}$.

All'istante τ (fine della 2ª fase) l'esterna di queste due linee scompare dal bacino; all'istante $T + \tau$ (fine della 3ª fase) scompare anche l'altra e cessa il deflusso.

L'individuazione della pioggia più critica si avrebbe per

$$j\int_{t-T}^{t}\psi \,.\, dA_t = \max \qquad (4)$$

(valida appunto fra T e τ) e supponendo per semplicità anche $\frac{d\psi}{dA_t} = 0$, per

(16) $$j\,(T)\,.\,(A_t - A_{t-T}) = \max$$

Esaminiamo ora alcuni casi speciali, che potremmo designare come tipici.

a) *Caratteristica di ritardo lineare*: tipicamente per un bacino di forma allungata e ristretta, con larghezza e velocità di corrivazione costanti.

La funzione da considerarsi si riduce a $j\,(T).T$ e quindi, assumendo la (9), a T^{1-n}; ed essendo $1 - n > 0$, la precipitazione più pericolosa ha in questo caso la durata limite, ossia $T = \tau$.

b) *Caratteristica di ritardo della forma* $A(t) = \alpha t^\beta$: ad es. per un bacino a forma di settore, con velocità di corrivazione costante ($\beta > 1$); oppure per un bacino allungato con larghezza costante ma con velocità di corrivazione crescente da monte a valle, per progressivo aumento di pendenza o di dimensioni (raggio medio) dei colatori ($\beta < 1$).

Per un dato T, il massimo relativo dell'area scolante, ovvero dell'espressione

$$t^\beta - (t - T)^\beta$$

si avrà rispettivamente nell'ultimo o nel primo tratto del diagramma $A(t)$ nell'ambito ($T \leq t \leq \tau$) e sarà quindi rispettivamente

per $\beta > 1$	*per* $\beta < 1$
$\tau^\beta - (\tau - T)^\beta$	T^β

L'espressione da rendere massima è rispettivamente:

$\frac{\tau^\beta - (\tau - T)^\beta}{T^n}$	$T^{\beta - n}$

Se è $\beta = 1$ le due espressioni ovviamente coincidono.

Se è $\beta > 1$ si ottiene, annullando la derivata prima:

$$\beta\,(\tau - T)^{\beta-1}\,T - n\left\{\tau^\beta - (\tau - T)^\beta\right\} = 0$$

(17) $$\beta\,\frac{T}{\tau - T} = n\left\{\left[\frac{\tau}{\tau - T}\right]^\beta - 1\right\}$$

e in particolare per $\beta = 2$ (fig. 1):

(18) $$T = 2\,\frac{1-n}{2-n}\,\tau$$

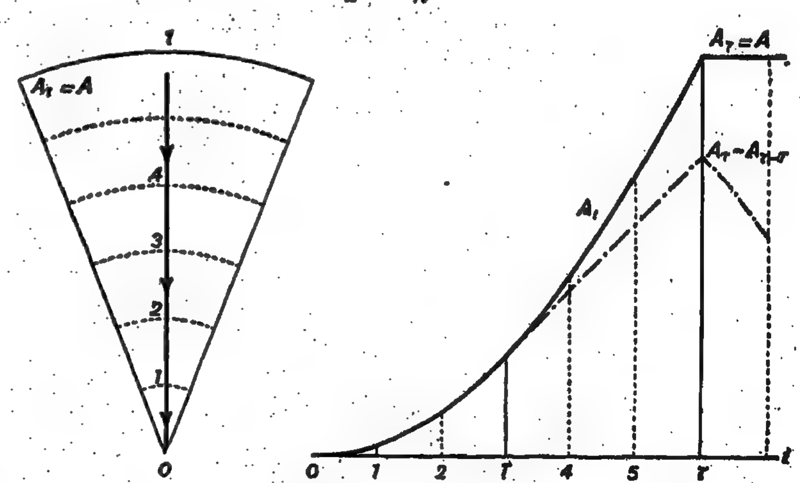


Fig. 1. - Caso $A(t) = \alpha t^\beta$ con $\beta > 1$ e precisamente $\beta = 2$.

Per $j = \frac{a}{T^{2/3}}$, $\qquad T_{crit} = \frac{\tau}{2}$.

È interessante osservare che in questo caso ponendo $n = \frac{2}{3}$ si ritrova la durata di pioggia critica

(13) $$T = \frac{\tau}{2}$$

---

(1) Consorzio idraulico 2° Circondario Polesine S. Giorgio. Progetto dei lavori per la Bonifica di Gallare, p. 26. Relazione dell'Ing. Capo P. F. CRICCA. Ferrara, 1928.

(2) V. ad es. A. SCHOKLITSCH: *Der Wasserbau*, Vol. 1°, pag. 376. Vienna, Springer, 1930.

(3) A. GREGORI: « Sulla determinazione della portata massima dei corsi d'acqua naturali », pag. 14. Milano, Hoepli, 1925.

(4) Con ψ designasi ora il solito coefficiente di deflusso.

Se infine è $\beta < 1$, secondo che l'esponente $\beta - n$ sia positivo o negativo, l'espressione $T^{\beta - n}$ assumerebbe il valore massimo (nell'ambito $0 \leq T \leq \tau$) per

$$T = \tau \tag{12}$$

ovvero per T piccolissimo (scrosci di pioggia di durata teoricamente brevissima); quest'ultima ipotesi non ha però in generale, per condizioni fisiche, un interesse pratico.

c) *Caratteristica di ritardo suscettibile di un'espressione sinusoidale.* È questo il caso più interessante, al quale infatti in parecchi esempi applicativi si è trovato che i rispettivi diagrammi $A(t)$ nel loro tratto ascendente si avvicinano considerevolmente (1) (o così pure, i diagrammi delle portate durante il crescere d'una piena, come si considererà in seguito).

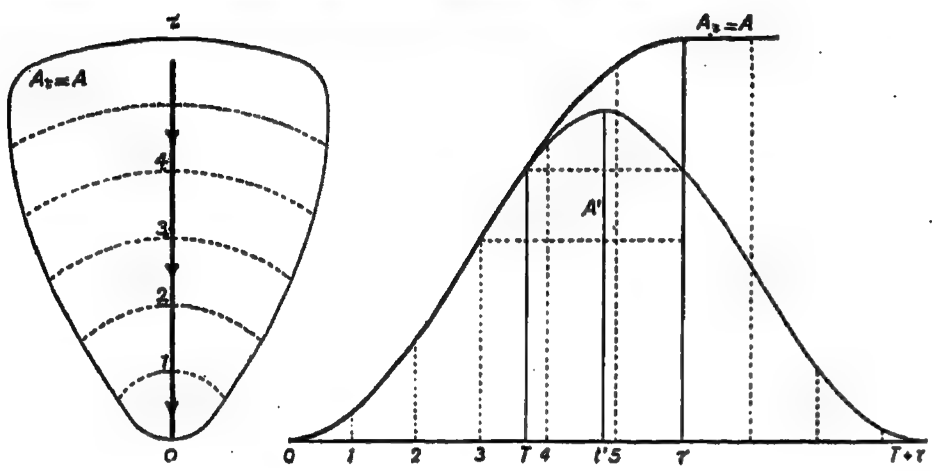


Fig. 2. - Caso $A(t) = \frac{A_\tau}{2}\left(1 - \cos\pi\frac{t}{\tau}\right)$.

Per $j = \frac{a}{T^{2/3}}$, $\quad T_{crit} = \sim \frac{3}{5}\cdot\tau$.

Naturalmente un'assimilazione di questo genere potrebbe apparire arbitraria o circoscritta a casi particolarissimi, in ricerche le quali avessero indole rigidamente matematica; ma può riuscire assai utile in induzioni di carattere applicativo, allorchè l'andamento generale delle variabili lo consenta ed ove l'arbitrarietà dell'assimilazione semplificatrice risulti verosimilmente minore di quella che dipende dalla natura della ricerca e dall'incerta valutazione di alcuni altri suoi elementi (in questo caso, ψ, τ, j ecc.).

Una simile considerazione, come è noto, ricorre frequentemente e nella maggior parte degli svolgimenti analitici di problemi dell'idraulica applicata.

Ponendo:

$$A_t = \frac{A}{2}\left(1 - \cos\pi\frac{t}{\tau}\right) \text{ (limitatamente da 0 a } \tau) \tag{19}$$

l'estensione della zona $A_t - A_{t-T}$ è, per un dato T, massima quando l'intervallo fra A_t e A_{t-T} risulti dimezzato dal flesso del diagramma (19), ossia quando sia la media aritmetica

$$\frac{t + (t - T)}{2} = \frac{\tau}{2}$$

cioè

$$t = \frac{\tau + T}{2}; \tag{20}$$

condizione ovvia, che del resto può elementarmente dedursi da:

$$A_t - A_{t-T} = \frac{A}{2}\left(\cos\pi\frac{t-T}{\tau} - \cos\pi\frac{t}{\tau}\right)$$

(1) Uno spunto della frequente opportunità di tale assimilazione ad un andamento sinusoidale per le bonifiche trovasi in scritti inediti di G. TURAZZA; v. in proposito anche: E. SCIMEMI: Idraulica agricola, bonifiche, 1919 e C. RUGGIERO: Idraulica agraria, 1930: litografie (CEDAM). Riprendendo questo spunto si è ritenuto però qui opportuno eseguire lo sviluppo ed inquadrarlo nelle premesse fatte.

calcolando ed annullando la derivata:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\cos\pi\frac{t-T}{\tau} - \cos\pi\frac{t}{\tau}\right) = 0$$

con che si ritrova la (20).

Tale estensione massima della zona scolante è misurata, a meno di una costante $\left(\frac{A}{2}\right)$, da

$$\cos\frac{\pi}{2}\left(1 - \frac{T}{\tau}\right) - \cos\frac{\pi}{2}\left(1 + \frac{T}{\tau}\right) = 2\,\text{sen}\,\frac{\pi T}{2\tau}$$

e per determinare la pioggia critica si dovrà porre, come precedentemente:

$$\frac{d}{dT}\,\frac{\text{sen}\,\frac{\pi T}{2\tau}}{T^n} = 0 \tag{21}$$

$$\frac{\pi}{2\tau}\,T^n\cos\frac{\pi T}{2\tau} - n\,T^{n-1}\,\text{sen}\,\frac{\pi T}{2\tau} = 0$$

$$\frac{\pi T}{2\tau} = n\,\text{tang}\,\frac{\pi T}{2\tau} \tag{22}$$

In particolare, per $n = \frac{2}{3}$ risulta:

$$\frac{\pi T}{2\tau} = 0{,}9673$$

$$T = 0{,}6158\,\tau \tag{23}$$

e quindi

$$[A_t - A_{t-T}]_{max} = \frac{A}{2}\cdot 2\,\text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\cdot 0{,}6158\right) = 0{,}8233\,A \tag{24}$$

Cioè:

1) La pioggia più critica risulta avere la durata di circa $\frac{3}{5}$ del tempo di corrivazione: risultato cioè intermedio fra le precedenti espressioni (12) e (13).

2) Nel costituire la portata massima del collettore interviene, nelle condizioni predette, una superficie (A') corrispondente a circa $\frac{4}{5}$ dell'area del bacino.

3) La portata massima risulta, nelle ipotesi precedentemente indicate:

$$Q_{max} = \psi . f\,(0{,}6158\,\tau) . 0{,}8233\,A \tag{25}$$

o approssimativamente

$$Q_{max} = \psi . f\,(0{,}6\,\tau) .\ 0{,}8\,A$$

(inducendosi con tale semplificazione due lievi errori di segno opposto, i quali praticamente si compensano, con un errore risultante dell'1 % circa).

4) La detta portata massima si verifica al tempo

$$t' = \frac{1{,}6158}{2}\,\tau = 0{,}8079\,\tau \tag{26}$$

L'espressione (25) della portata massima va poi ovviamente completata, per correlazione fra le unità di misura, con un fattore costante. Così se $j = j\,(T)$ è espressa in mm all'ora e A in ettari, per ottenere Q_{max} in litri al 1'' bisogna moltiplicare il secondo membro della (25) per 2,778. Se j si esprime in mm al giorno e A in km², per ottenere Q_{max} in m³ al 1'' bisogna invece moltiplicare per 0,01157.

A termini della (9) si ha dalla (25):

$$\frac{dQ}{Q} = -n\,\frac{d\tau}{\tau} \tag{27}$$

Essendo $n < 1$, l'errore relativo dipendente da un'imperfetta valutazione di τ è perciò meno sensibile di quello determinato (secondo qualunque metodo di calcolo) da un'inesatta valutazione del fattore ψ, errore che si ripercuote nella stessa sua propria misura.

La valutazione del ritardo τ è da farsi, evidentemente, considerando le condizioni del bacino idraulicamente sistemato; e per il segno negativo nella (27) sarebbe prudenziale sottovalutarlo un poco, piuttosto di assumerne valori troppo elevati. Vedremo però come la considerazione degli invasi possa alquanto spostare, nel senso contrario, l'individuazione delle piogge critiche.

III – Come si è accennato, le precedenti deduzioni possono avere una certa utilità pratica, per l'avvicinamento abbastanza frequente dei diagrammi effettivi alla forma tipica anzidetta, e in via subordinata, per l'estrema loro semplicità e dato l'ordine di approssimazione comportato da questo genere di problemi. In caso diverso, l'indagine potrebbe ricostituirsi per via grafica dal diagramma effettivo, o svolgersi mediante uno sviluppo in serie (ovviamente limitato ad un piccolo numero di termini); ma sempre avendo riguardo alla *variabilità* delle condizioni pluviometriche.

Nulla si oppone a procedere anche separatamente per stagioni, come suol farsi per le bonifiche, assumendo per il coefficiente di deflusso valori rispettivamente diversi; non dimenticando però, in ogni caso, di tener bene presente se ci si intenda riferire al fenomeno di corrivazione pura — considerando allora separatamente la moderazione dovuta agli invasi, nel senso che vedremo più innanzi, — ovvero alla corrivazione già moderata e regolata dagli invasi, di cui l'incidenza globale necessariamente si riflette anche nelle determinazioni sperimentali di ψ, inteso quale rapporto fra *portate*, e non fra *volumi* (come il coefficiente k della formula Turazza e derivate).

La diversità è essenziale. Per il caso tipo considerato, risulta approssimativamente $\psi = \frac{2}{3} k$ (1). Per azione degli invasi, ψ può riuscire ulteriormente diminuito, in misura assai varia.

Il rapporto k tra i volumi può interessare nelle bonifiche e fognature a sollevamento meccanico, ma generalmente interessa assai meno in quelle a scarico naturale.

Le note determinazioni di k dell'Ing. PASINI, ricavate dal funzionamento del macchinario idrovoro nella Grande Bonificazione Ferrarese, ne individuano valori variabili, secondo le stagioni, fra 0,63 in febbraio e 0,10 in luglio e agosto, astraendo dalla cosidetta « coda di piena » considerata dal Pasini in relazione all'assorbimento nelle terre, ed assumendo cioè semplicemente il rapporto fra il volume scaricato dai canali nel tempo $T + \tau$ ed il volume di pioggia nel tempo T.

Invero i 2/3 di tali valori concordano meglio, come ordine di grandezza, con quelli dei rapporti ψ sanciti dall'uso nei progetti di fognature per le zone a terreno agrario.

Ad esempio, prendendo a sorte alcune determinazioni riguardanti la bonifica di Gallare (1) si ha:

$$Q_{max} = 2{,}78\, \psi \cdot j\,(0{,}616\,\tau) \cdot 0{,}823\, A$$

$$= 2{,}78\, \frac{2}{3}\, k\, \frac{a}{(0{,}616\,\tau)^{2/3}}\, 0{,}823\, A$$

(τ in ore, A in ettari, Q in litri/1'')

ed essendosi ricavato, procedendo separatamente per stagioni:

$$(k\,a)_{max} = 11{,}2 \text{ mm/ora}^{1/3},$$

si ha:

$$Q_{max} = \frac{26{,}3}{\tau^{2/3}}\, A$$

Il termine che moltiplica A sostituisce formalmente il cosidetto « coefficiente udometrico », pure assai diversi essendone la deduzione ed il riferimento.

I valori così calcolati risultano di poco superiori (10-12 %) a quelli assunti praticamente nel progetto.

Quanto al tempo di corrivazione τ, è da notarsi come la sua determinazione costituisca necessariamente in queste ricerche un elemento un po' incerto; tanto più che esso varia anche con lo stato d'acqua nei canali, dal quale infatti dipendono, oltre che le velocità proprie della corrente, le velocità di propagazione delle portate; benchè in una prima approssimazione, talora sufficiente per i bisogni della pratica, si sogliano considerare le isocorrive come fisse ed individuabili sul comprensorio, con prudenziale riferimento alle portate e velocità massime: prescindendo conseguentemente dall'analisi dei rapporti tra il diagramma cinematico $A(t)$ e quello delle aree geometrico $A(s)$.

Il passare attraverso l'espressione geometrica $A(s)$ non presenterebbe infatti vantaggio pratico, ancorchè per addivenire alla caratteristica di ritardo $A(t)$ venissero poi ritenute applicabili varie espressioni semplificatrici dei tempi di corrivazione; ad es. nella forma

(29) $\quad t = \alpha \sqrt[3]{A\, s}$ (Ingg. PASINI, MONTANARI ecc.)

Conviene pertanto riprendere in considerazione e porre nel necessario rilievo l'emergenza degli effetti d'invaso, la quale (come in ogni altra analoga deduzione ricavata sostanzialmente dall'equazione di continuità; ad es. nelle note più elementari esposizioni della teoria delle piene) ricorre qui in modo notevole e non può essere trascurata (2). Come è noto, nei calcoli di bonifica tale indirizzo è dovuto al Prof. PUPPINI.

---

(1) Ponendo infatti

$$T = 0{,}616\,\tau, \qquad \tau = 1{,}62\,T, \qquad T + \tau = 2{,}62\,T,$$

si avrebbe

$$\frac{h}{T+\tau} = \frac{j}{2{,}62}$$

e per $\mu = 1{,}4$ (PASINI) si avrebbe dalla (14):

(14') $$Q_{max} = 1{,}4\, k\, A\, \frac{j}{2{,}62} = 0{,}534\, k\, j\, A$$

e dalla (25):

(25') $$Q_{max} = 0{,}823\, \psi\, j\, A$$

da cui:

$$\psi = \frac{0{,}534}{0{,}823}\, k = \sim \frac{2}{3}\, k$$

È però da notarsi che secondo varie altre esperienze, anche più recenti, il rapporto μ tende ad accostarsi assai più al valore 2 (come del resto era stato già indicato dal TURAZZA, almeno per il caso $T = \tau$, ritenuto più pericoloso). Anche un supposto andamento sinusoidale delle portate corrisponde manifestamente a $\mu = 2$.

In tale ipotesi si ricava, come sopra:

$$Q_{max} = 0{,}763\, k\, j\, A$$
$$\psi = 0{,}93\, k$$

Verosimilmente il valore $\mu = 1{,}4$, ossia $\psi = \frac{2}{3}\, k$, ritrae un andamento della corrivazione, già regolata dagli invasi, nella misura ricorrente nella Grande Bonificazione Ferrarese durante le ricerche del PASINI.

---

(1) Memoria citata, pag. 18 e segg.

(2) Una conferma espressiva di ciò si è avuta ad es. nella bonifica del Consorzio Pratiarcati. Ivi le opere eseguite con eccessive restrizioni economiche verso il 1925 si dimostrarono di scarsa efficacia, per insufficienze nelle canalizzazioni e nell'impianto idrovoro; e sono perciò in corso di esecuzione opere complementari, secondo un programma organico esposto dall'Amministrazione straordinaria del Consorzio nel 1929. Tra queste, sono ormai ultimati l'ampliamento e sistemazione del collettore principale e le canalizzazioni secondarie nel bacino delle acque basse, mentre altri lavori sono in corso; ma già dai due primi gruppi di lavori finora compiuti si è avvertito un vantaggio assai considerevole, il quale dipende essenzialmente dall'accresciuta e più che raddoppiata capacità d'invaso nei canali consorziali.

IV – È ovvio che nella composizione o compenetrazione già accennata, fra il ritardo cinematico e gli effetti d'invaso, la rispettiva diversa efficacia e le risultanze della composizione stessa debbano dipendere sia dalla conformazione del bacino e dalle altre circostanze influenti sul tempo di corrivazione, sia dall'entità e dalla distribuzione dei volumi d'invaso, riferiti all'estensione del bacino, oppure al deflusso integrale dipendente da una data precipitazione.

Come è noto, tale composizione è difficilmente accessibile ad un calcolo teorico, non apparendo per le premesse fatte esauriente una semplice sovrapposizione di effetti. Tuttavia per la consueta opportunità pratica di riposare le considerazioni sopra qualche schema semplificato e tipico, possiamo ammettere che l'indicata azione moderatrice si esplichi nel trasformare la curva Q_1 (t) delle portate per una data sezione, in un'altra Q_2 (t) di area complessiva approssimativamente eguale alla precedente (ove si prescinda da qualche ammissibile diversità specialmente nelle perdite) ma più allungata e depressa.

Il vertice della Q_2 (t) sarà situato in sovrapposizione al ramo discendente della Q_1 (t). Si ha infatti:

$$Q_1 - Q_2 = \frac{dV}{dt} \tag{30}$$

ove, mentre Q_1 dipende da elementi estranei, la Q_2 per sua indole, quale si sia la particolare scala di deflusso assunta (fatta riserva solo per un ultimo breve tratto di questa, nel caso di condotti chiusi, pei quali la portata massima notoriamente si verifica a riempimento incompleto) aumenta o diminuisce insieme col volume d'invaso:

$$V = \int_0^t (Q_1 - Q_2)\, dt.$$

All'intersezione fra le due curve, essendo $Q_1 = Q_2$, si ha

$$\frac{dV}{dt} = 0$$

ossia $V = V_{\max}$ (= area $O\ P'P''$: fig. 3) e perciò anche la Q_2 assume ivi il suo valore massimo.

Questa osservazione può orientare, rendendo meno arbitraria, la ricerca di una possibile trasformazione del diagramma Q_1 (t) per effetto di una data capacità d'invaso, supposta convenientemente distribuita.

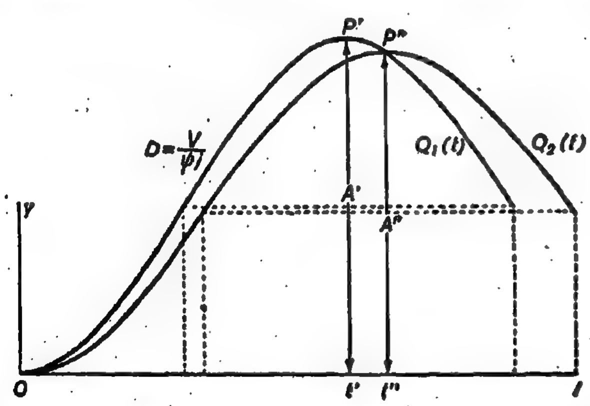


Fig. 3. - Corrivazione semplice e corrivazione regolata dall'invaso V.

Supponiamo in particolare di partire nuovamente, come espressione tipica, da un andamento sinusoidale: ora però attribuito alle portate Q_1 supposte di semplice corrivazione.

Dato che le condizioni più critiche si hanno, nell'andamento già considerato, per $T < \tau$ e precisamente col massimo nella 2ª fase ($T \leq t \leq \tau$), senza tenuta di piena, abbiamo anche veduto qualche ulteriore specificazione al riguardo.

Sarà sufficiente attribuire la validità dell'ipotesi fatta al tratto ascendente (portate crescenti) e poco oltre, fino all'incontro dei due diagrammi.

L'espressione da considerarsi sarà, a meno d'una costante

$$y_1 = \frac{A'}{2}\left(1 - \cos\frac{\pi t}{t'}\right) \tag{31}$$

(fig. 3) e si tratterà di seguirne la trasformazione, per far luogo alle portate Q_2 effettive, nell'altra y_2 il cui tratto ascendente supponiamo, nei limiti assunti, di poter esprimere in forma analoga:

$$y_2 = \frac{A''}{2}\left(1 - \cos\frac{\pi t}{t''}\right) \tag{32}$$

essendo, notisi, per la (31) specificata in t'':

$$A'' = \frac{A'}{2}\left(1 - \cos\frac{\pi t''}{t'}\right) \tag{33}$$

e quindi

$$y_2 = \frac{A'}{4}\left(1 - \cos\frac{\pi t}{t''}\right)\left(1 - \cos\frac{\pi t''}{t'}\right)$$

Attesa l'equivalenza delle aree dei due diagrammi, sotto ovvie restrizioni sarà $\int_0^{t'} y_1\, dt = \int_0^{t''} y_2\, dt$, ossia

$$A't' = A''t'' \tag{34}$$

onde, per azione dell'invaso, il tempo totale di deflusso si allunga e diventa maggiore di $T + \tau$, essendo τ = *ritardo puro.*

Variando le disponibilità d'invaso, le corrispondenti ordinate massime $A^{(i)}$ (perduto ormai il significato geometrico di aree scolanti) sono inversamente proporzionali alle durate di riempimento $t^{(i)}$.

Si ha poi dalla figura:

$$\int_0^{t'} y_1\, dt + \int_{t'}^{t''} y_1\, dt = \int_0^{t''} y_2\, dt + D \tag{35}$$

essendo

$$D = \text{area } (O\ P'\ P'') = \int_0^{t''} (y_1 - y_2)\, dt = \frac{\text{vol. d'invaso}}{\psi\, j}$$

e ancora, per quanto precede,

$$D = \int_0^{t''} y_1\, dt = \text{area } (t'P'P''t'') \tag{36}$$

ossia l'invaso può considerarsi espresso anche dall'area tratteggiata (parimenti, a meno del fattore $\psi\, j$).

L'accennata orientazione, supposta un'adeguata distribuzione delle capacità, è quindi facile. Ad esempio, per una piccola riduzione del diagramma (invaso limitato), assumendo quest'area fra le ordinate di P' e P'' come trapezia, avremmo:

$$D = \frac{1}{2}\,(t'' - t')\,(A' + A'')$$

e per la (34), ponendo inoltre $\eta = \frac{A''}{A'}$,

$$D = \frac{1}{2}\,\frac{A'^2 - A''^2}{A''}\, t' = \frac{1 - \eta^2}{2\,\eta}\, A't' \tag{37}$$

ciò che individua la riduzione dell'ordinata massima da A' ad A'', come se l'area massima di corrivazione simultanea fosse appunto la sola A''; ossia individua il rapporto η di riduzione ulteriore della portata massima, per l'effetto d'invaso rappresentato dall'area D.

Prolungandosi di conseguenza, come già accennato, la durata complessiva del deflusso, interviene come *ritardo fittizio* una durata maggiore del ritardo puro τ.

Beninteso la durata della fase ascendente risulterebbe, nelle ipotesi fatte:

$$t'' = \frac{t'}{\eta} = \frac{T + \tau}{2\,\eta} = \sim \frac{0{,}8\,\tau}{\eta} \tag{38}$$

V – Non è fuori di luogo accennare che alcune delle considerazioni qui esposte sono state suggerite, oltre che da singole indagini applicative, anche dall'aver assistito a qualche discussione tecnica intorno all'alterno indirizzo da adottarsi specialmente nei calcoli di bonifica; ammettendo cioè una preminenza degli effetti di corrivazione, oppure d'invaso, nell'attenuazione delle portate massime, ed impostando conseguentemente i problemi.

In realtà, riconosciuta l'accennata compenetrazione delle due specie di effetti, la prevalenza dell'una o dell'altra dipende essenzialmente da condizioni specifiche del problema in esame e non può quindi generalizzarsi.

Prescindendo da altri elementi, secondari ma pure suscettibili di acquistare considerevole importanza, un'indicazione dell'efficacia d'invaso si può anzitutto avere, secondo la precedente figura 3, dal rapporto di grandezza fra $D = \frac{V}{\psi j}$ e $A't'$, ossia dal rapporto:

$$V : \psi j A't' \tag{39}$$

essendo V la capacità attiva (tenuto conto anche della sua distribuzione) fra collettori principali, secondari ecc.

Tale indicazione di raffronto, che deve quindi essere basata essenzialmente sopra riferimenti pratici, non è sempre agevole, scarseggiando i dati di fatto.

Si può, ad esempio, affermare se risulti di solito relativamente più sensibile l'azione moderatrice d'invaso nelle fognature urbane, nelle bonifiche o nelle reti idrografiche naturali?

Per le fognature di Milano, secondo le indicazioni esposte dal Prof. FANTOLI e dall'Ing. POGGI, nelle quattro zone urbane ivi considerate si rilevano capacità geometriche dei canali (esistenti e da costruirsi, comprese le appendici minori) di circa 230 a 280 m³ per ettaro, di cui (dedotti i volumi non utilizzabili agli effetti dell'invaso) circa 200 m³/ettaro riempibili nella consueta 1ª fase.

La capacità d'invaso attiva in una bonifica di rado può desumersi dalle pur numerose pubblicazioni. La superficie complessiva occupata dai canali consorziali, per varie bonifiche delle quali ho potuto avere o riassumere i rispettivi elementi, si aggira intorno a $(1 \div 1{,}4)$ % dell'area del comprensorio; ma l'effettiva loro superficie liquida a profilo massimo non supera, nei casi esaminati, il $(0{,}5 \div 0{,}6)$ %, con una capacità utile d'invaso non superiore di solito ad un centinaio di m³ per ettaro. È però da aggiungersi la capacità dei canali minori, fino alle scoline campestri, la cui determinazione conviene anteporre ai calcoli di verifica della capacità moderatrice di una rete (1).

Quest'ulteriore capacità, dipendendo dalla diversa sistemazione dei terreni, presenta valori variabilissimi ($200 \div 250$ m³ per ettaro (2), o anche molto di più), i quali in una bonificazione bene sistemata possono sensibilmente prevalere in confronto alle capacità d'invaso dei canali consorziali principali e secondari.

Ciò conferma la grande importanza che nelle bonifiche siano curate anche le sistemazioni secondarie. Queste non interessano cioè soltanto i singoli fondi, nel senso di facilitare localmente lo scolo delle acque superficiali e deprimere i livelli freatici, ma *contribuiscono anche nell'interesse generale*, con la rispettiva considerevole capacità moderatrice, ad attenuare le portate massime degli emissari ed a migliorarne conseguentemente il regime; così da far auspicare (3) che anche per tali opere di sistemazione secondaria o *piccola bonifica* abbia ad intervenire, nell'utilità generale, un sempre maggiore interessamento dell'Amministrazione dello Stato.

(1) M. LELLI: « Sul calcolo dei canali di bonifica ». *Annali dei LL. PP.*, 1930

(2) Valori di quest'ordine desumonsi ad es. da: V. RONCHI: « Studi su trasformazioni fondiarie. Bonifica di Cavazuccherina (Venezia) ». Roma, Treves, 1930, p. 57, 74, 84.

(3) G. B. DA RIOS: « Il razionale governo agrario delle acque quale fattore essenziale del bonificamento ». *Annali dei LL. PP.*, 1929.

A questo proposito, un'altra osservazione di carattere generale e che per l'indole di questa Rivista trova qui la sede più appropriata, riguarda la *minore potenza di punta* negli impianti idrovori e il loro miglior regime di funzionamento (ore di utilizzazione), riuscendo il diagramma rispettivo più allungato e depresso, per una bonifica bene sistemata anche negli scoli minori, così da incrementare sufficientemente la capacità d'invaso.

Ciò evidentemente concorre sotto più riguardi nell'interesse generale, e tanto più in rapporto alla crescente estensione dell'energia elettrica negli impianti di bonifica (1).

Nell'insieme, si puó raggiungere nelle bonifiche bene sistemate una capacità specifica di canali e scoli assai superiore a quella che si presenta nelle fognature (2). Inoltre è da considerarsi un altro elemento, che nelle fognature urbane ha importanza molto minore, e cioè l'invaso vero e proprio nel terreno.

Non si può ritenere che l'imbibizione del terreno durante o subito dopo una pioggia penetri fino a raggiungere il primitivo orizzonte freatico normale, dal quale computando l'invaso fino allo schematico profilo sotterraneo di piena, deprimentesi verso gli scoli, risulterebbero capacità di saturazione ingentissime; ma certo si presenta anche questa come una vera e propria accumulazione (3), dipendente dalla distanza ed altimetria degli scoli, dalle pendenze e dai caratteri del terreno, dalla stagione e dalla siccità iniziale, che certo intenzionalmente ma non sempre in effetto può riuscir facile ed appropriato rispecchiare soltanto abbassando, come suol farsi per le zone agrarie, il valore di ψ.

Certamente ancor molto maggiore può risultare (ove non prevalgano zone impermeabili o a forti pendenze) la capacità specifica moderatrice di estese reti idrografiche naturali.

Notoriamente però le precipitazioni più pericolose non sono per i diversi problemi le stesse; in particolare, con l'estendersi delle zone tributarie, interessano piogge critiche di crescente durata T: non solo per corrispondenza al crescente ritardo (corrispondenza individuabile, come si è detto, in casi tipici, a determinazione delle piogge critiche), ma altresì per ulteriori note circostanze.

Per considerare un esempio conforme alle indicazioni precedenti, assumiamo approssimativamente:

$$T = \frac{3}{5}\tau \tag{23'}$$

$$A' = \frac{4}{5}A \tag{24'}$$

$$t' = \frac{4}{5}\tau = \frac{4}{3}T \tag{26'}$$

$$\psi j t' = \frac{4}{3}\psi j T = \frac{4}{3}\psi h \tag{26''}$$

eliminando così dalle presenti considerazioni anche τ.

(1) F. MARZOLO: « L'energia elettrica nelle bonificazioni meccaniche ». *L'Energia Elettrica*, 1929 (fascicolo speciale).

(2) « I tecnici con il proporsi di tenere quanto più è possibile piccola la pendenza di fondo delle fosse minori delle bonifiche, mirano a raggiungere l'accumulazione dell'acqua nelle fosse stesse; che risulterà la maggiore a parità di sezioni distribuendovi insieme le pendenze medesime come è stabilito dalla (3) ». (Prof. CONTI, memoria citata).

Da computi eseguiti in questa Scuola per alcune bonifiche della pianura veneta dal collega RUGGIERO (*L'Energia Elettrica*, aprile 1931) risultano volumi d'acqua effettivamente invasata fino a $700 \div 800$ m³/ett. od oltre; nè ad essi inferiore può essere evidentemente la capacità disponibile, salvo evenienza di allagamenti.

(3) V. in proposito: G. B. UGOLINI: « Considerazioni sulle condizioni idrauliche dei canali di scolo nelle bonifiche ». *Annali dei Lavori Pubblici*, 1931.

Confrontando in qualche caso pratico, in conformità all'espressione (39), gli ordini di grandezza di

$$v = \frac{V}{A}$$

(capacità d'invaso specifica, da esprimersi ora in misura lineare, similmente all'altezza di pioggia h) e di

$$\psi j \frac{A'}{A} t' = \frac{4}{3} \times \frac{4}{5} \psi h = \frac{16}{15} \psi h = 1{,}07 \psi h$$

si può avere da ciò un'indicazione dell'efficacia d'invaso, non meno che nelle fognature, nelle bonificazioni e nei sistemi idrografici naturali. Evidentemente ψh denota l'altezza ragguagliata di deflusso, supposto a corrivazione semplice.

Per la (37) si avrà:

$$(40) \qquad \frac{1 - \eta^2}{2\eta} = \frac{D}{A't'} = \frac{V}{\psi j A't'} = \frac{A}{A'} \frac{v}{\psi j t'} = \frac{v}{1{,}07 \psi h}$$

Così se per un sistema ove intervenga una capacità utile dell'ordine di 200 m² per ettaro ($v = 20$ mm) e a corrivazione rapida, quale può essere una fognatura, si fosse portati a con-considerare come condizioni più critiche: $T = 2$ ore, $j = 32$ mm/ora, per $\psi = 0{,}8$ si avrebbe:

$$\frac{1 - \eta^2}{2\eta} = \frac{20}{1{,}07 \times 0{,}8 \times 64} = 0{,}366$$

da cui: $\eta = 0{,}7$

cioè la portata massima non sarebbe, a norma della (25):

$$Q = 2{,}78 \times 0{,}8 \times 32 \times 0{,}8 A = 57 A \quad \text{litri al } 1''$$

bensì per l'invaso risulterebbe ridotta del 30 %.

Invece per un altro sistema a corrivazione più lenta, come una bonifica, e con una capacità complessiva di canali di 800 m² per ettaro ($v = 80$ mm), ancorchè l'altezza di precipitazione da considerarsi fosse molto maggiore, ad esempio: $h = 200$ mm ($T = 3$ giorni), per $\psi = 0{,}5$ si avrebbe:

$$\frac{1 - \eta^2}{2\eta} = \frac{80}{1{,}07 \times 0{,}5 \times 200} = 0{,}747$$

da cui:

$$\eta = 0{,}5$$

ossia l'attività moderatrice può ancora prevalere assai (1) rispetto al caso precedente; e ciò tanto più nelle grandi reti idrografiche, il cui potere moderatore risulta normalmente assai rilevante, così da formare riscontro a quel rifornimento delle falde di sottosuolo che può anche determinare un'alimentazione continua dei corsi d'acqua.

Altrettanto potrebbe evidentemente esemplificarsi conglobando in v anche l'invaso nel terreno (con valori allora assai più rilevanti), accostando in tal caso ψ all'unità.

VI – Ancora una questione abbastanza importante è la seguente. La considerazione della capacità regolatrice sposta ed altera notevolmente l'individuazione della pioggia critica?

Tale individuazione, secondo quanto precede, potrebbe desumersi da due criteri sostanzialmente diversi e indipendenti; cioè in base al solo effetto d'invaso, nella forma:

$$(10'') \qquad \frac{Q_a}{Q_1} = \varepsilon, \text{ ossia: } \qquad j = \frac{\varepsilon Q_1}{\psi A}$$

o in base al solo effetto della corrivazione ritardata, nell'altra

$$(23') \qquad T = \alpha \tau$$

dipendendo, come si è veduto, la costante ε dall'esponente assunto nell'espressione (9) della caratteristica pluviometrica e la costante α anche dalla forma della caratteristica di ritardo $A(t)$.

La coincidenza o meno di queste due condizioni, collegate fra loro dalla $j = j(T)$, dipenderebbe da relazioni teoriche non intonate all'indole approssimata delle presenti induzioni, e che perciò tralasciamo.

La (10'') si mantiene prudenzialmente attendibile anche se l'afflusso meteorico non è uniforme, ossia se l'intensità della precipitazione varia, ad es. con andamento sinusoidale (1) intorno ad un suo valore medio.

Similmente la sua attendibilità non sembra dover essere infirmata, se un'analoga variazione negli afflussi Q_a ad un dato tratto di colatore si considera dipendente dalla ritardata corrivazione. Quindi secondo la (10'') l'individuazione della pioggia critica non dovrebbe riuscire profondamente alterata, allorchè la moderazione d'invaso si consideri sovrapposta all'effetto di corrivazione.

Riferiamoci ora alla (23') e ai diagrammi delle portate Q_1 e Q_2.

Dall'ipotesi della pioggia critica definita (senza invaso) dalla (23) od analoghe, si desume l'ordinata massima $(Q_1)_{max}$ che per l'invaso si riduce a sua volta, posticipandosi, a:

$$(Q_2)_{max} = \eta \, (Q_1)_{max}$$

Si noti ora che per una pioggia più breve, l'ordinata massima del diagramma Q_1 risulterebbe pertanto anticipata e diminuita; ed ancor più sensibile abbassamento avrebbe essa a subire per la detrazione dell'area rappresentatrice del volune d'invaso V, poichè questa detrazione si esplicherebbe sopra una minore durata. Alquanto minore risulterebbe di conseguenza il valore massimo di Q_2 e quindi si esclude che la considerazione dell'invaso debba abbreviare la durata della pioggia più pericolosa (facendo cioè cadere l'individuazione sopra una pioggia più breve ed intensa di quella dianzi specificata).

Invece per una pioggia alquanto più prolungata, la $(Q_1)_{max}$ riuscirebbe bensì diminuita, ma altresì posticipata; perciò l'abbassamento di piena dovuto all'invaso V riuscirebbe attenuato, esplicandosi la detrazione dell'area suddetta sopra una maggiore durata. La preminenza dell'una o dell'altra variazione dipende dalle quantità in gioco; non può quindi escludersi un certo prolungamento della durata di pioggia individuabile come più pericolosa, e con ciò un'effettiva portata massima $(Q_2)_{max}$, sempre minore di quella calcolata con la (25) od analogamente, però meno attenuata che nel rapporto η come sopra espresso.

Nelle applicazioni converrebbe pertanto lasciare qualche margine di sicurezza, considerato anche il senso di approssimazione, che deve guidare queste ricerche, più che di formale e rigoroso sviluppo matematico.

Salvo comunque l'utilità di esperire caso per caso indagini più particolareggiate, gli schemi esposti possono costituire nel loro complesso una traccia di guida, non solo per adeguare il calcolo idraulico ai vari concetti fondamentali, ma anche per l'interpretazione di nuove osservazioni e misure, non mai abbastanza raccomandate.

FRANCESCO MARZOLO.

Padova, R. Scuola d'Ingegneria, settembre 1931-IX.

(1) Cioè la disparità dei valori di v, ad es. fra fognature e bonifiche, di solito sopravanza quella di ψh: la quale riesce attenuata dalla disparità, normalmente in senso contrario, di ψ e dalla dipendenza di h, nel nostro caso, da $\sqrt[3]{\tau}$, variando quindi abbastanza lentamente con l'estensione A del bacino.

(1) E. CAMPINI: memoria citata.

ING. MARIO MARCHETTI
ASSISTENTE PRESSO IL REGIO POLITECNICO DI MILANO

Ricerche sperimentali sui sifoni autolivellatori

Prima relazione

In una relazione preliminare (1) apparsa in questa Rivista sono stati pubblicati ed illustrati i risultati di una numerosa serie di esperienze su modelli di sifoni autolivellatori, instituite nel Laboratorio di Idraulica e Costruzioni Idrauliche della R. Scuola di Ingegneria di Pisa.

Mentre in detta relazione preliminare l'esame dei risultati sperimentali era stato limitato a quanto riguarda il globale funzionamento idraulico, abbiamo ora provveduto al completo esame di tutto il materiale raccolto e fra breve vedrà la luce la nota che compendia i risultati più notevoli che si sono potuti trarre da esso al riguardo del confronto fra le prove eseguite in scala diversa sullo stesso tipo e circa la distribuzione delle pressioni lungo la canna. La presente nota, invece, si limita a considerare il funzionamento in relazione alla entità delle pressioni che si stabiliscono, a regime, nella sezione verticale più alta della canna, ossia della sezione verticale che corrisponde alla soglia di sfioro.

Lo svolgimento di questa nota richiede qualche semplice considerazione analitica, ma fa essenzialmente riferimento al materiale sperimentale ricavato nel Laboratorio di Pisa, specialmente allo scopo di verificare i risultati analitici i quali indicano un modo approssimato atto a determinare l'entità delle depressioni nella detta sezione normale verticale della canna.

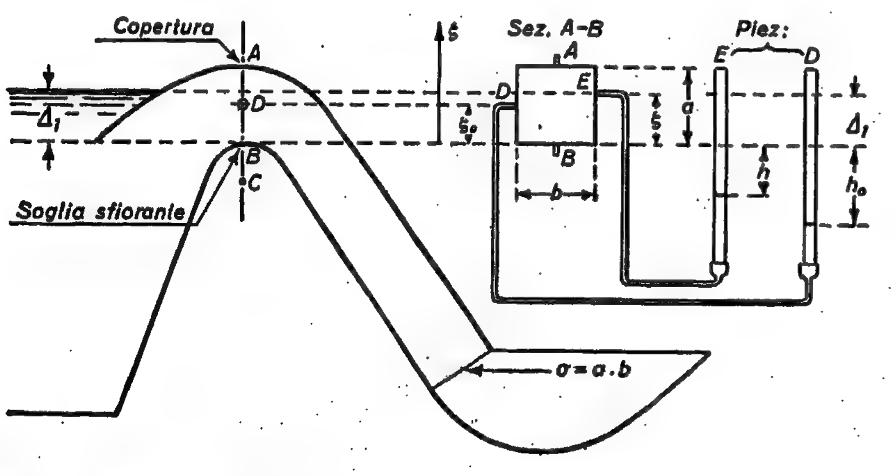


Fig. 1. - Schema generico di un sifone e del dispositivo per la misura delle pressioni nella sezione normale verticale della canna. Simboli adottati.

Tale determinazione è importante perchè la conoscenza della massima depressione vale in alcuni casi a fornire gli elementi per il calcolo statico delle strutture e, principalmente, permette di stabilire fino a qual limite è lecito applicare le leggi di similitudine ai risultati ottenuti su di un modello.

I simboli che si adotteranno sono rappresentati in fig. 1.

L'area normale della canna, per i sifoni che si considereranno, è costante e pari a $\sigma = a\, b$, essendo a l'altezza della sezione e b la sua larghezza.

Con Δ_1 si indica il sopraelevamento che a regime presenta il livello liquido di alimentazione rispetto alla soglia sfiorante e con h e ζ vengono indicate le quote piezometrica e geometrica rispettivamente, sempre rispetto al livello della soglia, corrispondenti ai diversi punti del contorno della sezione AB che è la sezione normale e verticale della canna in corrispondenza della soglia sfiorante.

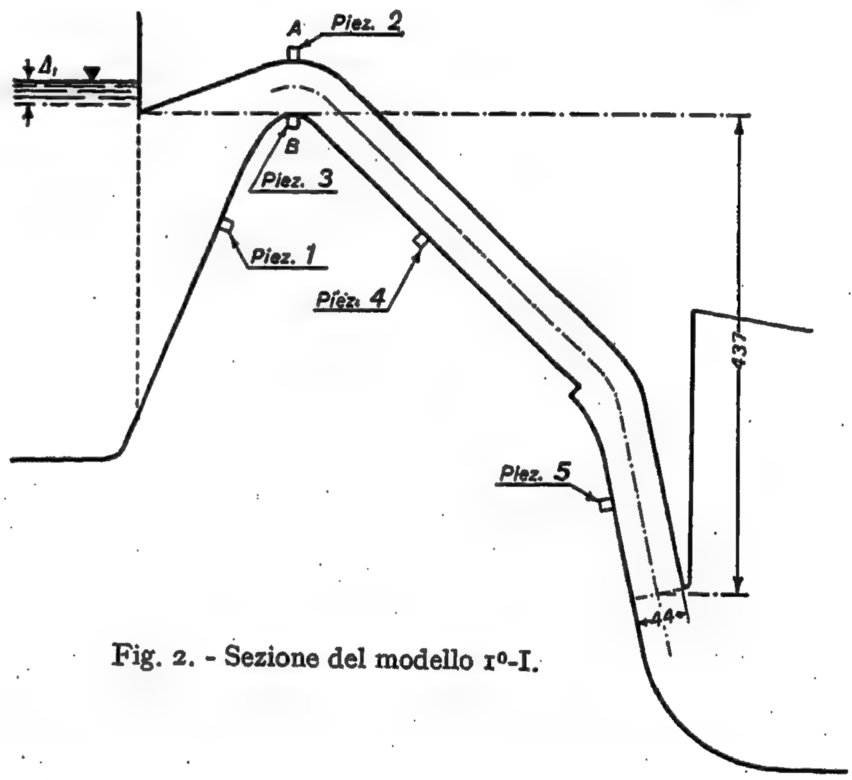


Fig. 2. - Sezione del modello 1°-I.

Poichè a questa sezione si fa continuo riferimento in questa nota per brevità sarà indicata spesso semplicemente con sezione AB.

Si indicano con h_0 la quota piezometrica corrispondente al punto di mezzo dei lati verticali della sezione in parola e con ζ_0 la quota geometrica corrispondente, rispetto allo stesso piano di riferimento.

L'indagine oggetto della presente nota è svolta in modo completo solo per il modello che nella citata relazione preliminare è stato designato 2°-1 e che nelle prove è stato esaminato in due scale; lo schema di esso è mostrato nelle figg. 3 e 4 (in alto a sinistra).

Sull'argomento si sono svolte alcune verifiche relative al modello contrassegnato 1°-I (fig. 2).

Per il modello piccolo 2°-1 le misure sono state effettuate a 7 bocche piezometriche poste al contorno nel modo che risulta dallo schema riportato nella fig. 3 (in alto a sinistra), mentre

(1) Prof. GIULIO DE MARCHI e Ing. MARIO MARCHETTI: « Ricerche sperimentali sui sifoni autolivellatori - Relazione Preliminare ». - *L'Energia Elettrica*, giugno 1929.

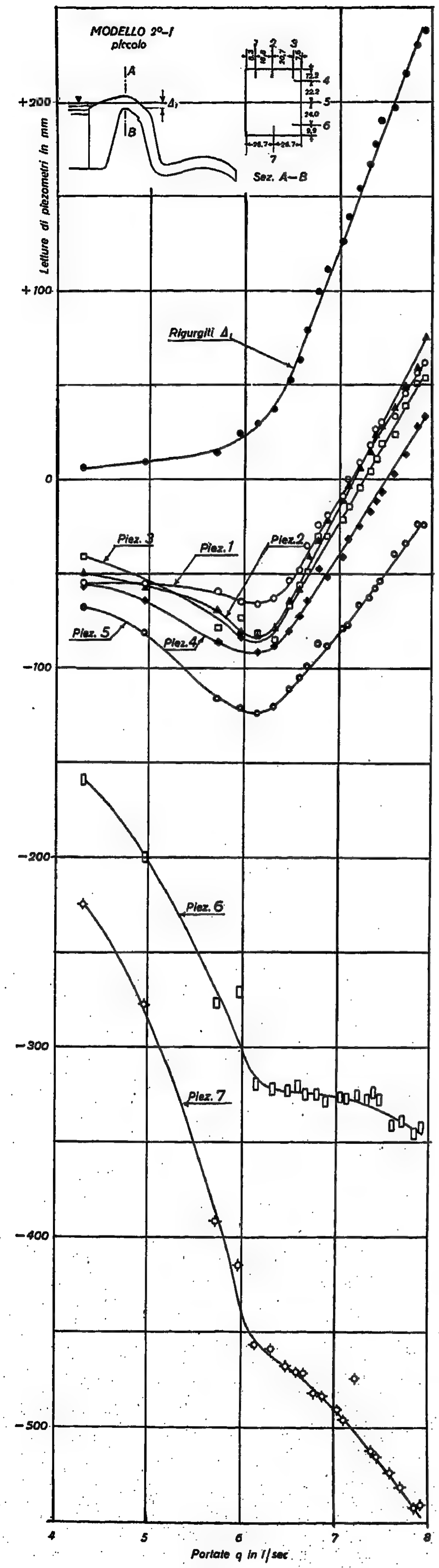


Fig. 3.
Risultati delle prove sul modello 2°-I piccolo.

per il modello grande (fig. 4) le misure furono estese a 12 bocche onde poter riconoscere in modo completo il contorno della corrente nella sezione in esame e riscontrare, in particolare, se il moto si presenta con gli stessi caratteri in tutte le verticali della sezione stessa.

Operando sui modelli del tipo 2°-I di grandezza differente non si è ottenuta una perfetta corrispondenza dei risultati: la cagione di ciò non è stata perfettamente accertata, ma gli scostamenti relativi alle letture piezometriche sono assai lievi ed

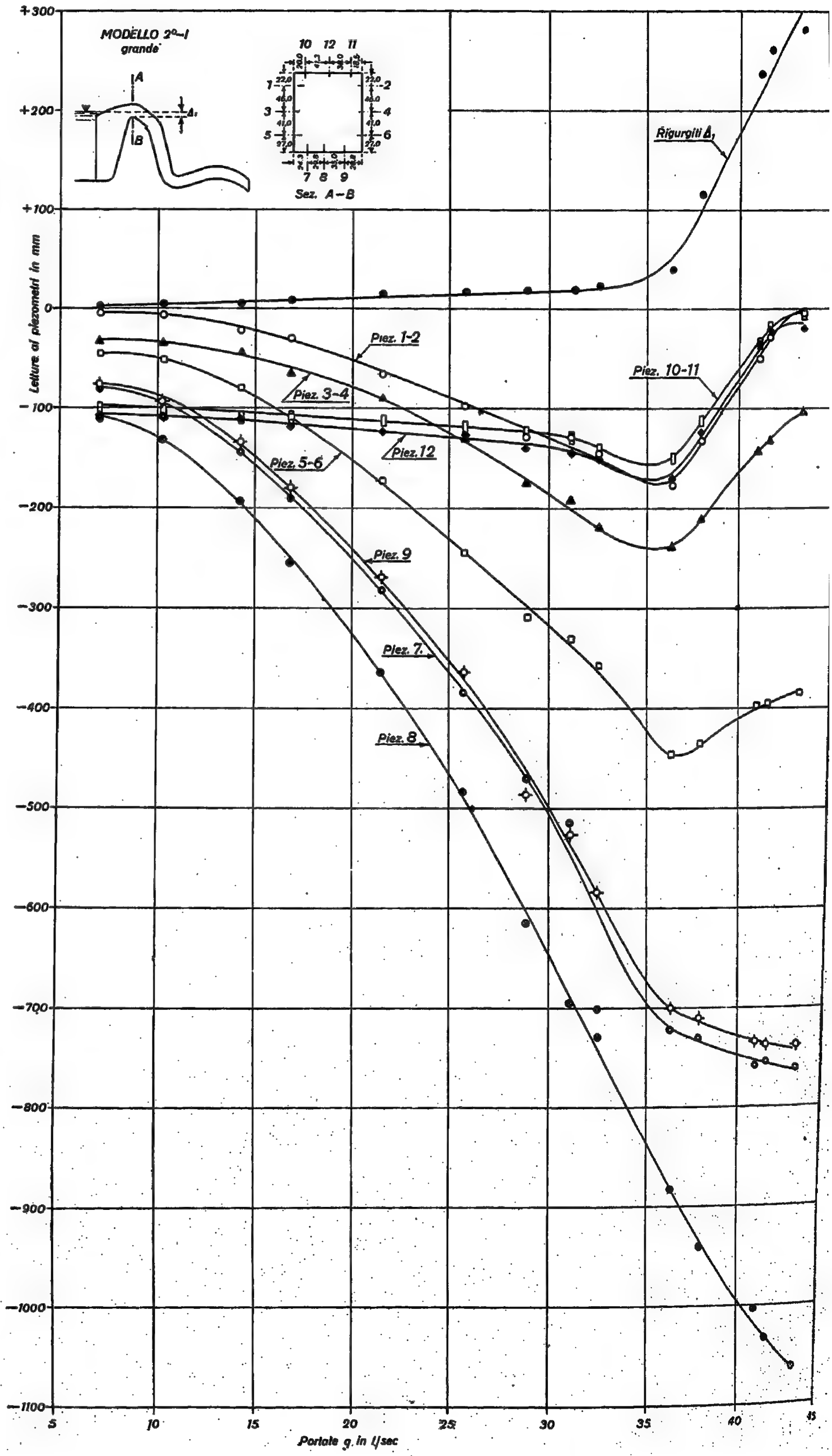


Fig. 4.
Risultati delle prove sul modello 2°-I grande.

in ogni modo di nessuna importanza per quanto ora si tratta. Le prove di cui le citate figg. 3 e 4 riportano i risultati, si estendono dai valori minimi della portata ai massimi consentiti dall'impianto sperimentale, specie per il modello grande.

Nella fig. 4 relativa al modello grande, i diagrammi piezometrici, — compreso quello relativo al rigurgito all'alimentazione Δ_1 —, sono soltanto 9 in luogo di 13, quanti sono stati i piezometri, perchè per alcune coppie di questi e precisamente dei piezometri 10-11, 1-2, 3-4, 5-6 le esperienze hanno dimostrato che le letture piezometriche erano praticamente le stesse, onde i relativi diagrammi sono stati tracciati con i valori medi di esse.

Dall'esame dei grafici sopra detti si traggono immediatamente alcune conclusioni che possono riassumersi come segue:

1°) Le curve delle letture piezometriche nel primo tratto hanno analogo andamento generale. I valori delle depressioni sono piccoli, in valore assoluto, in corrispondenza delle portate molto piccole. Essi crescono in modo assai regolare coll'aumento della portata, secondo diagrammi convessi verso l'alto, mentre il rigurgito a monte aumenta anch'esso regolarmente secondo una legge all'incirca lineare; ciò fino al gomito dei diagrammi di Δ_1, il quale nel modello grande e nel modello piccolo si presenta rispettivamente per l'ascisse l/sec. 6,1 circa e l/sec. 36,2 circa, ascisse le quali, si corrispondono secondo la legge di simiglianza.

Raggiunto tale valore dell'ascissa, il comportamento dei diversi piezometri è diverso l'uno dall'altro: mentre per alcuni di essi le quote piezometriche presentano un minimo nel punto corrispondente alle ascisse sopra scritte, per i piezometri relativi alle bocche poste nella parte più bassa della sezione le ordinate continuano ancora ad essere decrescenti al crescere dell'ascissa, ma i diagrammi relativi in detto punto, da convessi tendono a diventare concavi verso l'alto.

2°) Per il modello piccolo i piezometri 1, 2 e 3 ricavati nella superficie di copertura non dànno luogo esattamente agli stessi risultati: le letture al piez. 1 si discostano alquanto da quelle degli altri due i quali forniscono diagrammi praticamente coincidenti. Non è da escludersi, come si è visto, che per la particolare serie di prove sul modello piccolo sia intervenuto qualche lieve errore sperimentale; in ogni modo gli scostamenti sono insignificanti dal punto di vista pratico.

Invece nel modello grande i piezometri 10, 11, 12 (figg. 4 e 5) che sono nella posizione corrispondente dei precedenti, hanno dato luogo a risultati quasi uguali fra loro. Solo il piez. 12 che si trova in mezzeria ha accusato una depressione maggiore rispetto ai piez. 10 e 11 ad esso laterali.

3°) Si osserva, e ciò meglio risulta dalla fig. 5, che tutti i diagrammi delle letture piezometriche dànno, per le portate più piccole, dei valori sempre minori delle quote geometriche delle rispettive bocche piezometriche: cioè per le portate in parola si verifica una depressione, rispetto all'atmosfera, in tutti i piezometri e perciò il moto non si può mai considerare come completamente libero alla pressione atmosferica.

Per i piezometri posti presso la soglia sfiorante, la depressione è in relazione, come si vedrà, anche alla componente della forza centrifuga che ivi provoca una diminuzione di pressione; ma tale ragione non può sussistere per le bocche poste nella copertura della sezione perchè abbiamo osservato che per le minori portate il moto sulla soglia avviene sotto forma di vena sfiorante. Per queste portate quindi la vena si svolge effettivamente in ambiente che ha una pressione inferiore a quella atmosferica.

Ciò, naturalmente, doveva verificarsi perchè, per questi valori della portata, l'efflusso avviene con rigurgiti Δ_1 nel bacino di alimentazione, molto più piccoli dei carichi corrispondenti ad uno stramazzo di pari lunghezza di soglia e libero nell'aria, il che è, notoriamente, la caratteristica ed il vantaggio dei sifoni rispetto ai comuni stramazzi.

4°) L'andamento dei diagrammi relativi ai piezometri 7, 8 e 9 posti sulla soglia del modello grande, mostra che, all'incirca, coincidono quelli relativi ai piezometri laterali mentre il piezometro centrale fornisce sempre delle depressioni un po' maggiori (fig. 5). Tale comportamento corrisponde a quello

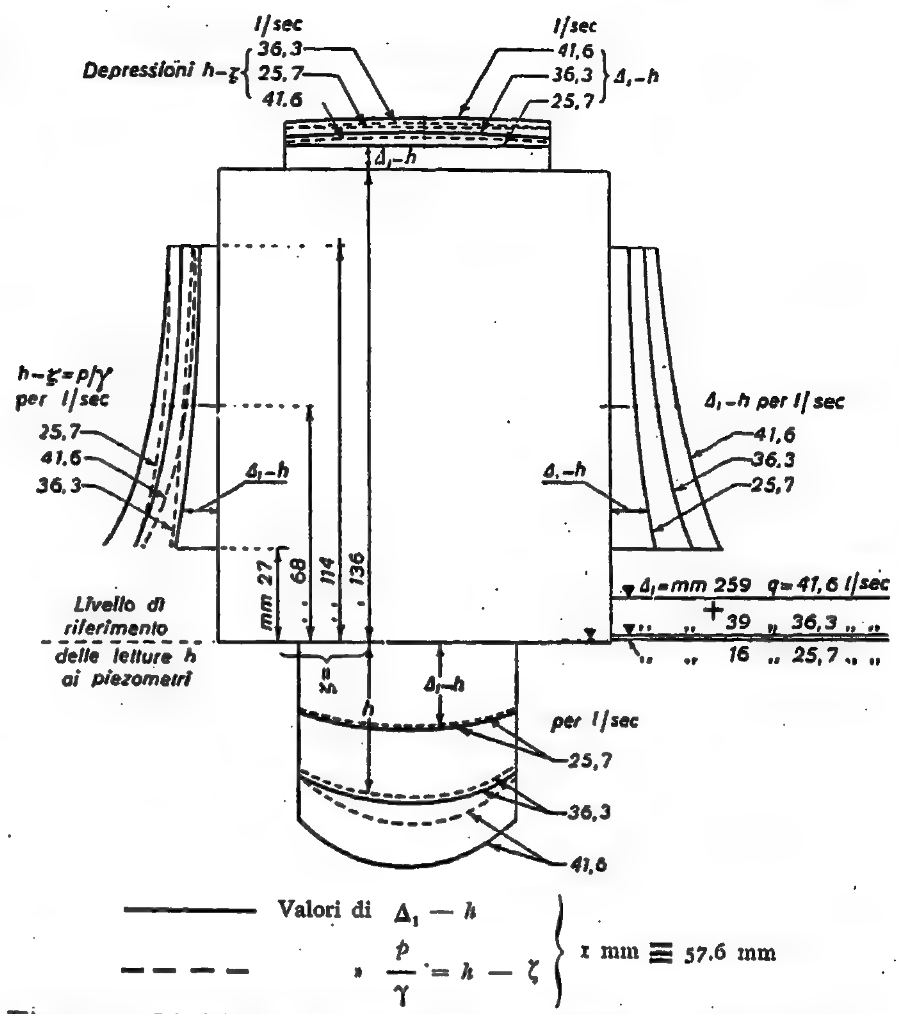


Fig. 5. - Modello 2°-I grande. - Grafici dei valori $\Delta_1 - h$ e delle pressioni. Le letture piezometriche h si considerano negative verso il basso; nelle prove di cui al grafico esse furono sempre negative.

verificato per la parete superiore di copertura, e sta a dimostrare che il movimento della corrente sopra la soglia si può ritenere simmetrico rispetto alla sezione longitudinale mediana del sifone, ma i suoi caratteri variano in misura non trascurabile quando da queste sezioni ci si sposta verso la parete. Ne segue che il moto della corrente sulla soglia non può essere trattato rigorosamente come un moto piano (a due dimensioni).

5°) Coll'aumentare delle portate aumenta il distacco fra i valori delle letture piezometriche relative alle diverse bocche poste a quota differente. Ciò è certo da attribuirsi per la massima parte alla diversa curvatura dei filetti ed al conseguente effetto di forza centrifuga, diverso per i filetti alla diversa quota in relazione appunto alla differente curvatura. Il detto effetto per lo stesso punto cresce con il quadrato della velocità e quindi all'incirca con il quadrato della portata come risulterà in seguito.

6°) La distanza, misurata verticalmente, fra il diagramma dei rigurgiti Δ_1 ed i diagrammi relativi alle letture piezometriche per le diverse bocche, dà direttamente la differenza di quota piezometrica $\frac{p}{\gamma} + \zeta$ (dislivello piezometrico sempre positivo) fra il livello di alimentazione e il punto in cui è aperta la bocca piezometrica che si considera (per i simboli vedi figg. 1 e 6).

La detta distanza rappresenta quindi la somma delle perdite di carico e del carico cinetico, dall'alimentazione fino alla sezione AB, relativi al filetto fluido che passa per la bocca piezometrica che si considera.

In ciò che segue sono esaminati i risultati delle letture piezometriche quali risultano dai diagrammi della fig. 3 e 4.

L'aver riscontrato che il moto non si può considerare rigorosamente piano, e quindi con gli stessi caratteri qualitativi e quantitativi nelle diverse sezioni verticali, porta qualche limitazione alla precisa utilizzazione dei risultati: però è interes-

sante ugualmente osservare in quale modo i risultati delle prove si distaccano da quelli a cui porterebbe il calcolo fondato sulle considerazioni teoriche che partono dal presupposto che il moto piano sopradetto sia rigorosamente verificato.

L'indagine che segue, e che si fonda su alcune semplici premesse analitiche, non ha quindi carattere perfettamente rigoroso. Essa serve a verificare le premesse e le ipotesi dello svolgimento analitico e, principalmente dal punto di vista pratico, serve a trarre alcuni criteri di orientamento per il calcolo idraulico dei sifoni: in particolare mette in relazione il valore della depressione massima che può verificarsi sulla soglia sfiorante — valore che assume tanta importanza nei riguardi della limitazione alla quale va soggetta l'applicabilità dei risultati di laboratorio per il progetto delle opere — coi valori della pressione che si verificano negli altri punti della sezione.

Si supponga, in via di approssimazione, che il moto sia piano e che le traiettorie dei filetti fluidi siano normali alla sezione che si considera; per di più si supponga che esse siano archi di cerchio concentrici.

Ciò sarebbe da ammettersi, se si esclude la presenza di vortici, per le forme per le quali, presso la sezione in parola, le superfici superiore e inferiore appartengano a superfici cilindriche coassiali, come si verifica ad esempio per i modelli come il 2°-I e derivati da esso, e per il modello 1°. In tale caso, ammesso che i filetti estremi abbiano curvatura identica a quella delle pareti, è lecito ritenere che anche gli intermedi abbiano le traiettorie costituite da archi di cerchio concentrici ed aventi lo stesso centro C delle pareti (vedi fig. 6).

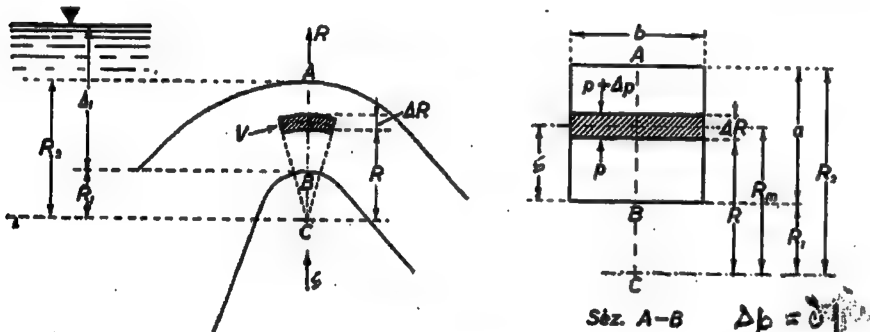


Fig. 6.

Si ricorda che l'equazione di Eulero applicata ad un punto generico di una qualunque traiettoria può scriversi

$$a) \qquad -\frac{1}{g}\frac{d\mathbf{V}}{dt} = \text{grad}\left(\frac{p}{\gamma} + \zeta\right)$$

essendo g l'accelerazione di gravità, γ il peso specifico, $\mathbf{V}$ il vettore velocità, p la pressione e ζ come si è detto la quota geometrica del punto che si considera (positiva verso l'alto), rispetto ad un piano orizzontale di paragone.

La precedente, applicata ad un punto della sezione AB (fig. 6) e proiettata secondo la direzione R tenendo conto che $d\zeta = dR$, che all'accelerazione corrisponde la componente secondo R pari a $\frac{V^2}{R}$ e indicando con ρ la densità del fluido diviene:

$$\frac{1}{g}\frac{V^2}{R} = \frac{1}{\gamma}\frac{\partial p}{\partial R} + 1$$

od anche

$$b) \qquad \frac{\partial p}{\partial R}\,dR = dR\left(\rho\frac{V^2}{R} - \gamma\right)$$

Dalla a) se si considera invece come variabile la quota piezometrica $\frac{p}{\gamma} + \zeta = h$ si ha direttamente:

$$c) \qquad \frac{\partial h}{\partial R}\,dR = \frac{1}{g}\frac{V^2}{R}\,dR$$

Dalla precedente per passare alle differenze finite, si considei lo strato liquido elementare generico compreso fra le superfic cilindriche di raggio R e $R + \Delta R$ ammettendo per semplicit che sia unitaria la dimensione nel senso normale al disegno (sia V_m la velocità del filetto medio.

Le b) e c) precedenti, ponendo $R + \frac{\Delta R}{2} = R_m$, si posson anche scrivere (1):

$$1) \qquad \Delta p = \Delta R\left(\rho\frac{V^2_m}{R_m} - \gamma\right);$$

$$1') \qquad \Delta h = \frac{V^2_m}{g\,R_m}\,.\,\Delta R;$$

La 1) permetterebbe di conoscere il valore delle pressioni (quindi delle velocità nei diversi punti calcolando per differenze finite a partire da un punto per il quale si conoscano i valor degli stessi elementi.

Si è preferito fare uso della 1') che contiene le quote piezometriche, perchè, durante le prove di laboratorio, effettivamente si sono rilevate tali quote (o letture) h rispetto al livello B della

(1) Volendo dimostrare la 1) in altro modo conviene ricorrere all'equazione vettoriale dell'equilibrio dinamico (V. De Marchi: «Idraulica», Hoepli. Pagg. 36 e segg.).

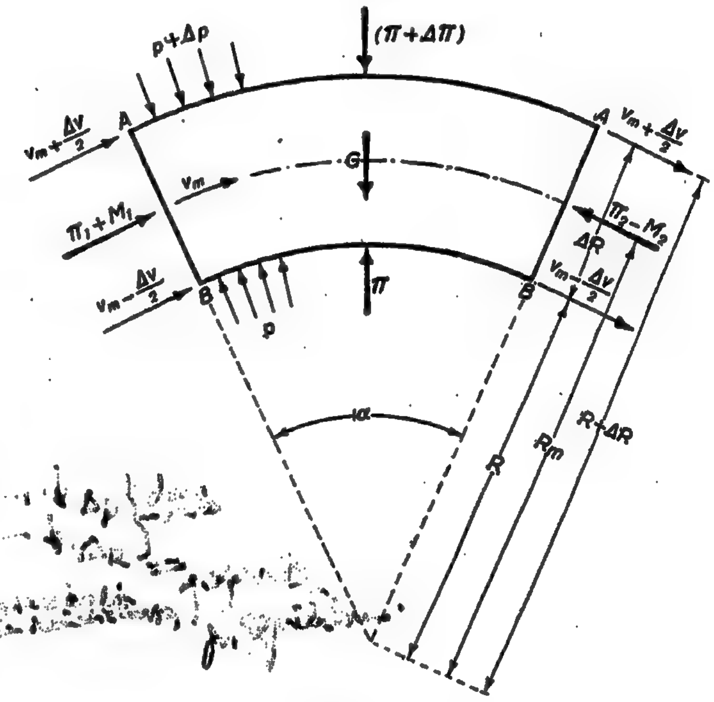


Fig. 7.

Essa, applicata al volume liquido di fig. 7, si scrive:

$$a) \qquad (\Pi + \Delta\Pi) + \Pi + \Pi_1 + \Pi_2 + \mathbf{M}_1 - \mathbf{M}_2 + \mathbf{G} = 0$$

Poichè si suppone che la distribuzione di velocità sulle faccie AB e CD sia la stessa e lineare, trascurando i differenziali di 2° ordine si hanno le uguaglianze scalari

$$M_1 = M_2 = \rho\,.\,V^2_m\,\Delta R$$

$$\Pi_1 = \Pi_2 = \left(p + \frac{\Delta p}{2}\right).\,\Delta R$$

$$b) \qquad \Pi = \alpha\left(pR_m - p\,\frac{\Delta R}{2}\right)$$

$$c) \qquad \Pi + \Delta\Pi = \alpha\left(p\,R_m + R_m\,\Delta p + p\,\frac{\Delta R}{2}\right)$$

$$d) \qquad G = \alpha\,.\,\gamma\,.\,R_m\,.\,\Delta R$$

La componente secondo la verticale del vettore $\Pi_1 + \mathbf{M}_1 + \Pi_2 - \mathbf{M}_2$ è

$$e) \qquad 2\,\Delta R\left(p + \frac{\Delta p}{2} + \rho\,V^2_m\right)\text{sen}\,\frac{\alpha}{2} = \alpha\left(p + \frac{\Delta p}{2} + \rho\,V^2_m\right)\Delta R,$$

per valori di α per cui si possa ritenere $\frac{\alpha}{2} = \text{sen}\,\frac{\alpha}{2}$

Sommando secondo la a), le b) c) d) ed e) e tenendo conto dei segni si ottiene ancora, per α molto piccolo:

$$1 \qquad \Delta p = \Delta R\left(\rho\,\frac{V^2_m}{R_m} - \gamma\right)$$

soglia sfiorante, considerandole, come di consueto, negative verso il basso (vedi fig. 1).

Per chiarezza di simboli si indica con $\delta\,(\Delta_1 - h)$ la differenza finita del dislivello $\Delta_1 - h$. Per tutti i valori della quota piezometrica relativi alla stessa prova ($\Delta_1 = \text{cost}$) la 1') si può anche scrivere:

$$2)\qquad \delta\,(\Delta_1 - h) = -\Delta h = -\frac{V^2_m}{g R_m}\,\Delta R;$$

Infine per il punto generico la velocità del liquido si può esprimere con:

$$3)\qquad v = c\sqrt{2g\,(\Delta_1 - h)}$$

Con c si è indicato un coefficiente numerico di riduzione della velocità torricelliana, corrispondente all'altezza $\Delta_1 - h$, coefficiente che ha il significato che di consueto gli viene assegnato nella foronomia. Nel caso particolare tiene conto delle perdite di energia fra il pelo d'acqua di alimentazione e la sezione che si considera, e del fatto che i filetti fluidi sono costituiti da una mescolanza di aria ed acqua.

Corrispondentemente la velocità media, relativa allo strato di spessore ΔR si otterrà dalla espressione

$$c^2\left[\Delta_1 - h + \frac{\delta\,(\Delta_1 - h)}{2}\right] = \frac{V^2_m}{2g}$$

e la 2) trascurando gli infinitesimi di secondo ordine si scrive

$$4)\qquad \delta\,(\Delta_1 - h) = -2\,c^2\,\frac{\Delta R}{R_m}\,(\Delta_1 - h)$$

La 4) essendo $\Delta_1 - h$ una quantità essenzialmente positiva porta a calcolare degli incrementi negativi del dislivello stesso $\Delta_1 - h$ per i valori di ΔR positivi; ossia la lettura piezometrica h dovrebbe avere valori algebrici crescenti al crescere dalla distanza fra la orizzontale che si considera e quella dalla soglia sfiorante.

La 4) potrebbe utilizzarsi nel calcolo per differenze finite con semplici operazioni, ma un po' laboriose, dei valori della pressione, e quindi della velocità, in diversi punti della sezione alta. Naturalmente le operazioni sono semplificate se si procede alla integrazione della equazione in parola.

L'equazione differenziale a variabili separate è la seguente:

$$\frac{d\,(\Delta_1 - h)}{\Delta_1 - h} = -2\,c^2\,\frac{dR}{R}$$

ed integrando:

$$\log\,(\Delta_1 - h) + c^2 \log R^2 = K = \text{cost}$$

Per il punto posto alla distanza determinata R_n dal centro di curvatura, ed a cui corrisponde la lettura piezometrica h_n si ha:

$$\log\,(\Delta_1 - h) + c^2 \log R^2 = \log\,(\Delta_1 - h_n) + c^2 \log R^2_n$$

Quindi ponendo $c^2 = k$

$$\log\frac{\Delta_1 - h}{\Delta_1 - h_n} = c^2 \log\frac{R_n^2}{R^2} = k \log\frac{R_n^2}{R^2}$$

$$5)\qquad \Delta_1 - h = \left(\frac{R_n}{R}\right)^{2k}(\Delta_1 - h_n)$$

Questa espressione permette di calcolare il valore generico di $\Delta_1 - h$ quando il valore di esso sia conosciuto per un punto qualunque della verticale e sia noto il valore del coefficiente $k = c^2$.

Per un determinato imbocco di sifone, fissato in tutte le caratteristiche geometriche, quando si supponga che il coefficiente c, di riduzione delle velocità torricelliane, rimanga costante qualunque sia la portata si ha che la 5) per i due valori della portata q e q' fornisce i valori relativi al dislivello $\Delta_1 - h$ dati rispettivamente da

$$\Delta'_1 - h' = \left(\frac{R_n}{R}\right)^{2k}(\Delta'_1 - h'_n)$$

$$\Delta''_1 - h'' = \left(\frac{R_n}{R}\right)^{2k}(\Delta''_1 - h''_n)$$

Quindi:

$$6)\qquad \Delta_1' - h' = \frac{\Delta'_1 - h'_n}{\Delta''_1 - h''_n}\,(\Delta''_1 - h'')$$

ossia: i diagrammi dei dislivelli piezometrici relativi alle diverse portate sono tutti diagrammi simili fra loro.

Indicando con b la larghezza della sezione, dalla precedente si ha anche:

$$b\int_{R_1}^{R_2} c\sqrt{2g\,(\Delta'_1 - h')}\,dR =$$

$$= \sqrt{\frac{\Delta'_1 - h'_n}{\Delta''_1 - h''_n}}\;.\,b\,.\int_{R_1}^{R_2} c\sqrt{2g(\Delta''_1 - h'')}\,.\,dR$$

ossia:

$$7)\qquad \frac{q'^2}{q''^2} = \frac{\Delta'_1 - h'_n}{\Delta''_1 - h''_n}$$

la quale conferma, ciò che fu affermato come ovvio a pag. 847, e cioè che, per lo stesso sifone, ma per portate differenti, i dislivelli piezometrici relativi alla stessa orizzontale, stanno fra loro in ragione diretta del quadrato delle portate.

Qualora la costanza del valore di c al variare delle portate e da punto a punto non si fosse ammessa « a priori », invece della 7) sarebbe risultata una relazione complessa fra le portate, i dislivelli ed i particolari valori di $k = c^2$ relativi alle diverse portate.

Effettivamente, però, sembra lecito ammettere che c non vari sensibilmente con la portata, s'intende per lo stesso sifone.

Si vedrà, infatti, in seguito che, almeno per il modello 2°-I, è comprovato dalle esperienze che il coefficiente c di riduzione della velocità torricelliana si può ritenere costante in modo molto approssimato per un esteso campo di variabilità delle portate.

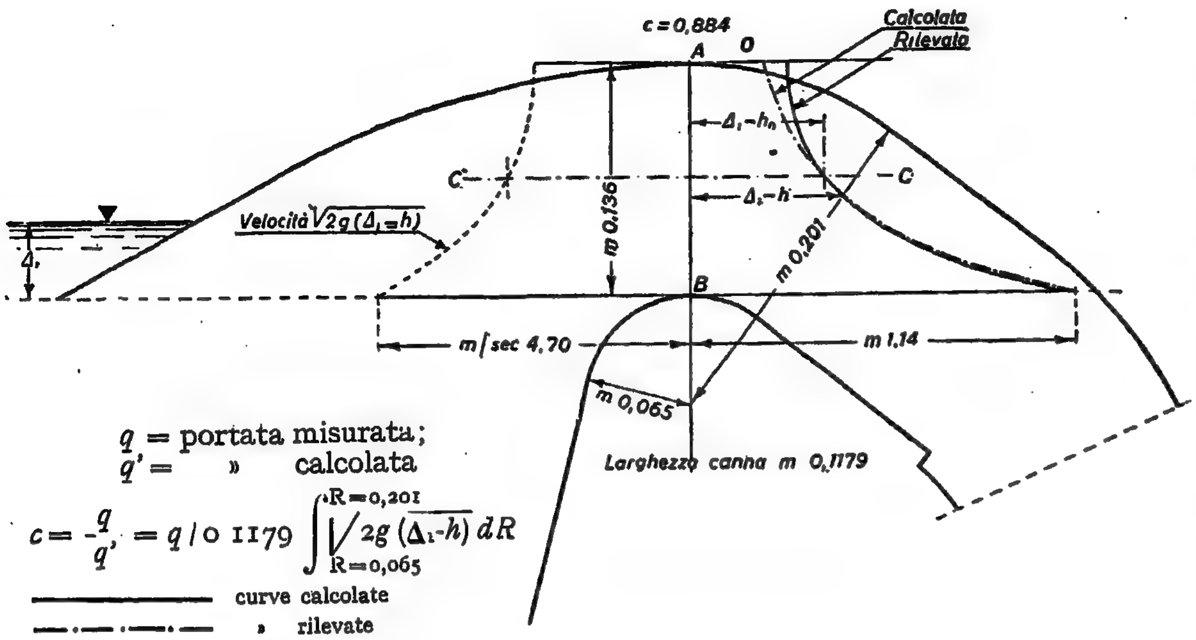
Per verificare questa asserzione e per verifica della 4) o quello che è lo stesso della 5) abbiamo considerati gli esperimenti compiuti sul modello 2°-I per il quale si conoscono i valori delle letture piezometriche in molti punti del contorno della sezione.

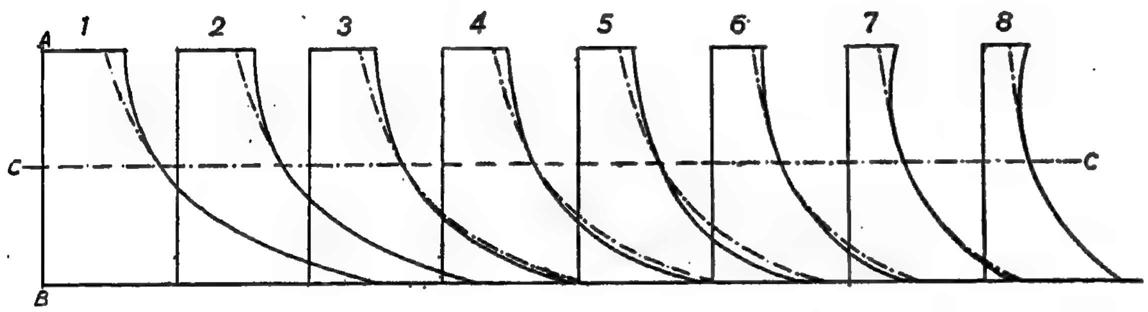
Effettivamente, non sarebbe possibile, a rigore, dedurre dalle dette misure, i valori verificati nell'interno della corrente tanto più, che come abbiamo già più volte detto, il moto non può essere considerato esattamente come piano.

In via di approssimazione abbiamo ammesso che ciò avvenga e che la distribuzione delle quote piezometriche lungo qualsivoglia verticale della sezione sia quella verificata nelle tre coppie di piezometri posti sulle pareti laterali verticali. Per i punti estremi della verticale sono stati adottati i valori medi misurati sulle corrispondenti orizzontali: precisamente per la copertura (punto A della fig. 1) e per la soglia (punto B della stessa figura) è stato ammesso che le quote piezometriche vi fossero rispettivamente pari alle medie di quelle misurate ai tre piezometri (tre sulla superficie superiore e tre sulla superficie inferiore) corrispondenti.

I diagrammi dei $\Delta_1 - h$ tracciati in figura 8 (tratto intero) per diversi valori della portata nel modo anzidetto, contengono

anche una compensazione dei risultati sperimentali perchè si sono adottati per i valori di $\Delta_1 - h$ le distanze misurate direttamente sul disegno di fig. 4, in corrispondenza delle diverse ascisse, fra la curva dei rigurgiti Δ_1 e le curve rappresentanti le letture ai diversi piezometri. La compensazione così operata dei dati sperimentali è quindi pari a quella già ammessa nel tracciamento delle dette curve.





N° diagrammi	FIGURA	VALORI DI		
		q in l/sec	q' in l/sec	c
0	superiore	42.5	48.1	0.884
1	inferiore	40.0	45.4	0.881
2	»	37.5	42.9	0.874
3	»	35.5	40.9	0.869
4	»	35.0	40.0	0.873
5	»	32.5	37.9	0.860
6	»	30.0	34.8	0.862
7	»	27.5	32.2	0.854
8	»	25.0	29.0	0.862
			Media	0.870

Fig. 8 - Modello 2°-I grande - Confronto del risultato dei calcoli con i valori sperimentali.

La 4) essendo $\Delta_1 - h$ essenzialmente positiva porta a calcolare sempre, come si è detto per la 2), degli incrementi negativi della stessa $\Delta_1 - h$ per valori ΔR positivi; le esperienze sul modello 2°-I (fig. 8 diagrammi a linea intera) hanno dimostrato che ciò si verifica per i valori rilevati in corrispondenza dei valori più elevati delle portate; ma per i valori delle portate minori di l/sec. 30 circa, i piezometri 10-11-12 posti sulla superficie di copertura hanno dato luogo a misure piezometriche, sia pure di poco, minori in valore algebrico di quelle relative ai piezometri laterali immediatamente più bassi.

Questo dato di fatto che è in contrasto con la 4) potrebbe essere originato dal verificarsi per i filetti superiori una curvatura inferiore a quella relativa ai cerchi concentrici ammessa dalla 4): ma si ritiene che abbia importanza, forse predominante la presenza dell'aria in seno alla corrente. L'aria tende a portarsi nella parte più alta della sezione, dove il peso specifico della miscela deve quindi risultare minore di quello degli strati inferiori. Per le portate inferiori a l/sec. 23 circa, ciò è risultato nettamente anche dalle prove: dalla finestra laterale era chiaramente visibile che presso la sommità del sifone la corrente conteneva una grande quantità di bolle d'aria mentre nella parte inferiore della corrente ciò non si riscontrava neanche in misura minima. È chiaro che in tale caso la 4) non può essere esattamente verificata perchè essa ammette implicitamente che il peso specifico del liquido sia costante lungo la verticale.

Ritorniamo ora alle verifiche sul modello 2°-I. Dai diagrammi dei $\Delta_1 - h$ sperimentali si sono dedotti i valori delle velocità torricelliane $\sqrt{2g(\Delta_1 - h)}$ e se ne sono tracciati i relativi diagrammi lungo la verticale (linea a tratto di fig. 8).

Graficamente si è calcolata la portata teorica q' che ha la espressione:

$$q' = b \int_{R_1}^{R_2} \sqrt{2g(\Delta_1 - h)}\, dR$$

avendo posto (fig. 1) con b la larghezza della sezione.

Il valore globale per la sezione del coefficiente c di riduzione delle velocità torricelliane è quindi fornito da:

$$c = \frac{q}{q'} = \frac{q}{b\sqrt{2g} \int_{R_1}^{R_2} \sqrt{\Delta_1 - h}\, dR}$$

essendo q la portata sperimentale.

I risultati finali delle operazioni sopra descritte sono riuniti nello specchietto riportato sotto la fig. 8.

Dalla suddetta tabella si nota che effettivamente c decresce con la portata, ma con l'approssimazione dell'1,4 % circa può ritenersi costante in tutto il campo di applicazione dei rilievi sperimentali: quindi una delle ipotesi poste nella discussione teorica può ritenersi verificata con buona approssimazione almeno per il modello in parola.

Volendo verificare in modo preciso che anche la 4), o la 5) che deriva da essa, sono conformi all'esperienza, sarebbe necessario di applicare il coefficiente di riduzione trovato per ogni valore particolare della portata, al rilievo sperimentale compiuto per la depressione per la stessa particolare portata in corrispondenza di un punto qualunque della verticale; calcolare a partire dalla depressione anzidetta i valori per gli altri punti della verticale e fare il confronto con i corrispondenti valori sperimentali.

Per semplicità si è applicato invece il valore medio dianzi trovato in 0.870 e si è fatto uso delle espressioni 5) e 6) che permettono di ridurre i calcoli a quelli relativi ad un solo valore della portata.

Il riassunto di tutte le elaborazioni numeriche è contenuto nella tabella I che segue: nella fig. 8 è eseguito il confronto fra i dati sperimentali ed i risultati dei calcoli svolti come sopra detto.

TABELLA I.

Modello 2-I grande. *Calcolo dei dislivelli piezometrici $\Delta_1 - h$ per le diverse portate e per i diversi punti della verticale*

Iniziando il calcolo dal punto posto a metà altezza e dai valori ivi misurati.

ζ metri	Portata (l/sec)								
	42.5	40.0	37.5	35.5	35.0	32.5	30.0	27.5	25.0
0.000	1.149	1.004	0.904	0.827	0.806	0.709	0.602	0.502	0.410
0.004	1.050	0.920	0.826	0.756	0.737	0.648	0.551	0.459	0.375
0.008	0.964	0.842	0.758	0.694	0.676	0.595	0.505	0.421	0.344
0.018	0.795	0.694	0.624	0.571	0.557	0.490	0.416	0.347	0.284
0.028	0.669	0.584	0.526	0.481	0.469	0.412	0.350	0.292	0.239
0.048	0.497	0.435	0.391	0.358	0.349	0.307	0.261	0.217	0.178
0.068	0.389	0.340	0.306	0.280	0.273	0.240	0.204	0.170	0.139
0.088	0.318	0.275	0.248	0.227	0.221	0.194	0.165	0.138	0.112
0.108	0.261	0.228	0.207	0.188	0.183	0.161	0.137	0.114	0.093
0.128	0.221	0.193	0.174	0.159	0.155	0.136	0.116	0.097	0.079
0.136	0.208	0.182	0.163	0.150	0.146	0.128	0.109	0.091	0.074

Nella tabella II seguente è instituito il confronto fra i risultati dei calcoli sopra svolti ed i risultati sperimentali, limitatamente alla soglia di sfioro ed alla orizzontale più alta della superficie di copertura. Per il numero d'ordine dei piezometri si fa riferimento allo schema posto in alto a sinistra della fig. 4.

TABELLA II.

Valori di $\Delta_1 - h$ per il modello 2°-I

Portata sperim. l/sec.	Media ai piezometri 7, 8, 9				Media ai piez. 10, 11, 12		
	Misur. mm	Calcol. mm	Scost. mm	Scost. %	Misur. mm	Calcol. mm	Scost. mm
42.5	1123	1149	+ 26	+ 2.3	287	208	— 79
40.0	970	1004	+ 34	+ 3.5	239	182	— 43
37.5	877	904	+ 27	+ 3.0	215	163	— 52
35.5	789	827	+ 38	+ 4.8	199	150	— 49
35.0	768	805	+ 37	+ 4.8	193	146	— 47
32.5	667	709	+ 42	+ 6.3	165	128	— 37
30.0	571	602	+ 31	+ 5.4	142	109	— 33
27.5	478	502	+ 24	+ 5.0	143	91	— 52
25.0	409	410	+ 1	+ 0.0	146	74	— 72

La precedente tabella II che riassume i più interessanti fra i risultati rappresentati dai grafici di fig. 8 mostra che il calcolo eseguito con la formola 5), conduce a valori assai prossimi a quelli sperimentali.

Si vuol rilevare che non vi è petizione di principio perchè il calcolo utilizza una espressione algebrica che si ottiene immediatamente dalle relazioni fondamentali dell'idrodinamica e che ammette come necessaria la conoscenza di *un solo valore* sperimentale di $\Delta_1 - h$ per la determinazione successiva della stessa quantità nei diversi punti della verticale, mentre i valori posti a confronto con i risultati di essa, sono essenzialmente sperimentali.

La fig. 8 mostra che i diagrammi sperimentali e quelli calcolati presentano un ottimo accordo per la parte inferiore al punto posto a metà altezza il che risulta pure dalla tabella sopradetta dalla quale appare che fra il valore calcolato per $\Delta_1 - h$ in corrispondenza della soglia e il valore medio rilevato ai tre piezometri ivi posti, lo scostamento è sempre assai piccolo ed inferiore al 5,5% in eccesso, se si esclude ciò che avviene solo per la portata di l/sec 32,5.

Lo scostamento relativo è invece assai forte per quanto riguarda la superficie di copertura.

Ma devesi osservare che ciò ha scarsa importanza pratica perchè la conoscenza precisa della pressione in tale posizione non è in generale, richiesta per il calcolo statico dei sifoni: in secondo luogo se si pone mente che lo scostamento massimo assoluto è di 79 mm e che non conviene progettare opere simili al modello 2°-I grande, che siano di dimensioni maggiori di quanto risulta dal rapporto 0,11 circa (1) è chiaro che l'errore è di lieve importanza dal punto di vista del calcolo statico della copertura il quale, ci sembra, sia l'unica applicazione per cui interesserebbe il valore della pressione sulla parete in parola.

Quanto precede oltre confermare con l'esperienza le ipotesi assunte a base dello svolgimento analitico, assicura che si potrebbero calcolare le $\Delta_1 - h$ lungo la verticale quando si conoscesse tale quantità per un punto qualunque della verticale stessa. Ciò effettivamente non avviene per quei tipi di sifoni per i quali non sono state fatte le misure di pressione e perciò si è tentata una indagine per conoscere, se possibile, la relazione tra i valori della portata e il dislivello piezometrico che si ha tra il bacino di alimentazione e la bocca piezometrica posta a metà altezza nella sezione AB (fig. 1).

Per questo sono state calcolate le portate q'' che risultano applicando a tutta l'area della detta sezione la velocità torricelliana corrispondente al valore $\Delta_1 - h_0$ misurato per il particolare punto suddetto, ossia:

$$q'' = a.\,b.\,\sqrt{2\,g\,(\Delta_1 - h_0)}$$

essendo h_0, come è già stato detto, la lettura piezometrica relativa, appunto, alla bocca D, posta a metà altezza della sezione e sulla parete laterale verticale (fig. 1).

I calcoli sono eseguiti per tutti i modelli provati nel Laboratorio di Pisa (2) salvo quello contrassegnato 1° per il quale non sono state fatte le misure alla bocca piezometrica posta come in D.

Nella tabella III che segue, abbiamo adottati a base del calcolo, i valori che si ottengono misurando sulle curve ottenute colla compensazione dei risultati sperimentali; in tale modo non è stato tenuto conto degli eventuali scarti di esperienza. In detta tabella si trovano anche calcolati gli scostamenti relativi fra i valori della portata calcolata q'' e quella rilevata, scostamenti riferiti a quest'ultima.

Dalla citata tabella risulta:

1°) Per i modelli presi in esame se si esclude ciò che avviene per le minori portate e salvo i due tipi 4° e 5° si può calcolare un valore della portata assai prossimo a quello sperimentale, moltiplicando l'area della sezione AB ($\sigma = a.\,b$) per la velocità torricelliana corrispondente al livello piezometrico $\Delta_1 - h_0$ misurato in laboratorio tra l'alimentazione e la bocca posta a metà altezza della detta sezione (3).

(1) Con tale rapporto la depressione sulla soglia dell'opera verrebbe a potere assumere il valore di m. 9.00 con valore tollerabile del rigurgito Δ_1 di alimentazione.

(2) Per le caratteristiche geometriche dei modelli vedi la citata relazione preliminare.

(3) Per i tipi 4° e 5°, soglia a spigolo vivo, per i quali si verificano i fortissimi scostamenti di cui alla tabella III si ricorda che per quanto detto a pag. 3 non vale neanche tutto lo sviluppo analitico che precede.

TABELLA III.

Modello 2°-I piccola scala 1ª Serie q	q''	Scost. %	2°-I (piccolo) 2ª Serie q	q''	Scost. %	2°-I (grande) q	q''	Scost. %
1.84	2.18	+18.7	7.80	8.36	+ 7.2	42.5	44.25	+ 4.1
2.46	2.58	+ 4.9	7.40	8.02	+ 8.4	40.0	41.40	+ 3.5
3.28	3.47	+ 5.8	7.00	7.53	+ 7.6	37.5	39.30	+ 4.8
3.74	3.89	+ 4.0	6.60	7.00	+ 6.1	35.5	37.60	+ 5.8
4.32	4.46	+ 3.2	6.20	6.56	+ 5.8	35.0	37.10	+ 6.0
5.42	5.45	+ 0.5	6.00	6.38	+ 6.3	32.5	34.80	+ 7.1
7.08	7.41	+ 4.6	5.80	6.16	+ 6.2	30.0	32.10	+ 7.0
6.82	7.07	+ 3.7	5.40	5.66	+ 4.8	27.5	29.25	+ 6.4
6.23	6.46	+ 3.7	5.00	5.11	+ 2.2	25.0	26.45	+ 5.8
5.70	5.62	— 1.4	4.60	4.74	+ 3.0	22.5	23.60	+ 4.9
						20.0	23.10	+ 5.5
						17.5	19.20	+ 9.7
						15.0	17.24	+15.0
						12.5	15.23	+22.0
						10.0	13.70	+37.0
						7.5	13.08	+72.2

2°-X (piccolo) q	q''	Scost. %	2°-X (grande) q	q''	Scost. %	3°-I (piccolo) q	q''	Scost. %
8.40	8.92	+ 6.2	48.0	50.6	+ 5.4	4.60	4.64	+ 0.9
8.00	8.52	+ 6.5	44.0	46.28	+ 5.0	5.00	5.05	+ 1.0
7.60	8.12	+ 6.8	40.0	42.0	+ 5.0	5.40	5.58	+ 3.3
7.20	7.79	+ 8.2	36.0	37.80	+ 5.0	5.80	6.04	+ 4.1
6.80	7.21	+ 6.0	32.0	33.4	+ 4.5	6.20	6.45	+ 4.0
6.40	6.66	+ 4.0	28.0	29.2	+ 4.3	6.60	6.96	+ 5.4
6.00	6.15	+ 3.0	24.0	25.0	+ 4.2	7.00	7.46	+ 6.6
5.60	5.73	+ 2.3	20.0	20.7	+ 3.5	7.40	7.94	+ 6.8
5.20	5.34	+ 2.7	16.0	16.8	+ 5.0			
4.80	4.875	+ 1.5	12.0	14.1	+ 17.5			
4.40	4.62	+ 5.0	8.0	12.7	+ 56.0			
4.00	4.11	+ 2.2	4.0	11.8	+ 195.0			
3.60	3.71	+ 3.0						

6° - (piccolo) q	q''	Scost. %	5° - (piccolo) q	q''	Scost. %	4° (grande) q	q''	Scost. %
7.20	7.34	+ 1.9	3.76	5.56	+48.0	24.0	61.7	+ 157
6.80	6.86	+ 0.9	2.69	3.55	+32.0	22.7	49.4	+ 118
6.40	6.60	+ 3.1	2.30	3.09	+34.4	21.4	42.3	+ 98
6.00	6.17	+ 2.8	1.54	1.97	+28.0	20.0	28.6	+ 43
5.60	5.56	+ 0.7	1.09	2.27	+ 108	18.3	25.6	+ 40
5.20	5.22	+ 0.5	3.80	6.42	+69.0	14.9	21.2	+ 49
4.80	4.85	+ 1.0	3.64	5.37	+47.3	12.3	18.0	+ 46
4.40	4.60	+ 4.5	3.50	5.12	+46.3	11.0	16.4	+ 49
4.00	4.23	+ 5.7	3.40	4.72	+20.0	8.6	12.8	+ 49
3.60	3.83	+ 6.4	3.24	4.76	+ 148	6.8	11.95	+ 76
3.20	3.53	+11.0	3.00	4.10	+37.0	5.2	10.55	+ 103
2.80	3.13	+11.8				3.7	9.74	+ 168
2.40	2.82	+17.5						

q = portata sperimentale (l/sec); $q'' = a.\, b.\, \sqrt{2\, g\, (\Delta_1 - h_0)}$ (l/sec); scostamento $= \dfrac{q'' - q}{q}$.

2°) Il minimo valore dello scostamento si presenta per le portate intermedie che sono all'incirca quelle corrispondenti al gomito dei relativi diagrammi di Δ_1.

3°) Lo scostamento medio fra le portate calcolate e rilevate entro i limiti sottoindicati è il seguente:

Modello								
2°-I	piccolo	fra portate di l/sec	2.58	e l/sec	8.32	scost. %	+4.5
2°-I	grande	» » » »	20.00	» »	42.5	» »	+5.5
2°-X	piccolo	» » » »	3.60	» »	8.4	» »	+4.5
2°-X	grande	» » » »	16.00	» »	48.00	» »	+4.7
3°-I	piccolo	» » » »	4.60	» »	7.4	» »	+4.0
6°	»	» » » »	3.60	» »	7.2	» »	+2.8

4°) In via di prima approssimazione si può quindi ritenere che la portata sia rappresentabile con la espressione

$$8)\qquad q = 0{,}95\ a.\ b.\ \sqrt{2\, g\, (\Delta_1 - h_0)}$$

Per dedurre il valore dello scostamento medio si sono esclusi i valori ottenuti per le portate più piccole. Ciò, però, è perfettamente logico perchè per esse il sifone nella sezione *AB* non funziona a canna piena e quindi perderebbe senso il calcolo della portata nel modo ora detto.

Per mezzo della 8) si può procedere in modo approssimativo, al calcolo delle pressioni, o dei dislivelli piezometrici per i diversi punti della verticale e per le diverse portate.

Infatti dalla 8) si ha:

$$\alpha)\qquad \Delta_1 - h_0 = \frac{q^2}{0{,}95^2 \cdot \sigma^2 \cdot 2\, g}$$

Ossia, per un sifone di cui si conoscono le caratteristiche geometriche, si può calcolare il valore del dislivello per la orizzontale posta a metà altezza della sezione: indi si possono applicare le espressioni 5) e 6) per il calcolo dei dislivelli relativi alle altre orizzontali.

Effettivamente per il calcolo secondo le dette espressioni occorre anche conoscere il valore $k = c^2$ che è pari al quadrato del coefficiente globale di riduzione della velocità torricelliana. Esso si può calcolare in via preliminare secondo le considerazioni che seguono.

La 5), tenendo conto in modo esplicito del dislivello $\Delta_1 - h_0$ relativo alla orizzontale posta a metà altezza e a cui corrisponde il valore R_0 del raggio di curva, si scrive:

$$\Delta_1 - h = \left(\frac{R_0}{R}\right)^{2k} (\Delta_1 - h_0)$$

nella quale si conosce come si è detto in via di approssimazione che $\Delta_1 - h_0$ è dato dalla:

$$\Delta_1 - h_0 = \frac{q^2}{0.95^2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot 2\, g}$$

essendo con i soliti simboli a l'altezza $R_2 - R_1$, della sezione e b la larghezza della medesima.

D'altra parte deve essere:

$$b.\ c. \int_{R_1}^{R_2} \sqrt{2\, g\, (\Delta_1 - h)}\ dR =$$

$$= b.\ c. \sqrt{2\, g\, R_0^k} \int_{R_1}^{R_2} \frac{(\Delta_1 - h_0)^{1/2}}{R^k}\, dR = q$$

od anche:

$$b.\ c.\quad \sqrt{2\, g}\ R_0^k \int_{R_1}^{R_2} \left(\frac{q^2}{0.95^2 \cdot 2\, g\, a^2\, b^2}\right)^{1/2} \frac{dR}{R^k} = q$$

$$\therefore \quad c\,R_0^{\,k} \int_{R_1}^{R_2} \frac{d\,R}{R^k} = 0.95 \,.\, a.$$

$$\frac{c\,R_0^{\,k}}{1-k}\,(R_2^{\,1-k} - R_1^{\,1-k}) = 0.95\ a$$

Tenendo conto che

$$c = k^{1/2} \qquad a = R_2 - R_1$$

e ponendo per semplicità

$$1 - k = x$$

si ha che deve essere soddisfatta l'equazione in

$$\beta) \qquad R_0^{(1-x)}\,(R_2^{\,x} - R_1^{\,x}) = 0.95\,(R_2 - R_1)\,\frac{x}{(1-x)^{1/2}}$$

Il procedimento sopra espresso si è applicato ai modelli 2°-I grande e 1°, risolvendo preliminarmente, per tentativi, la β.

Per il modello 2°-I la β) risulta soddisfatta per $x = 0{,}22$ a cui corrispondono $k = 0{,}78$; $c = 0{,}883$.

E si ha per la portata di l/sec 42,50:

$$\Delta_1 - h_0 = \frac{\overline{0{,}0425}^{\,2}}{0.95^2 \times 0.01605^2 \times 19.62} = \text{m. } 0{,}395$$

Quindi per la orizzontale corrispondente alla soglia sfiorante (punto B di fig. 1) since $\Delta_1 = 0{\cdot}262$, (Rosabone B. $R_0 = {\cdot}395 - {\cdot}262 = {\cdot}133$ and $R = {\cdot}395 + {\cdot}262 = {\cdot}657$

$$\Delta_1 - h_B = \left(\frac{\text{m } 0.133}{\text{m. } 0.65}\right)^{1.56} \times \text{m } 0{,}395 = \text{m } 1.206$$

Per il punto A (orizzontale sulla copertura)

$$\Delta_1 - h_A = \left(\frac{\text{m. } 0.133}{\text{m } 0.201}\right)^{1.56} \times \text{m } 0.395 = \text{m } 0.208$$

Per il modello 1° la β) risulta soddisfatta per $x = \sim 0{,}27$ a cui corrispondono $k = 0{,}73$; $c = 0{,}854$ e si ha

$$\Delta_1 - h_0 = \frac{0.000064}{0.95^2 \times 0.00264^2 \times 19.6} = \text{m } 0.515$$

per la portata di l/sec 8.

Quindi per la soglia sfiorante

$$\Delta_1 - h_B = \left(\frac{0.042}{0.020}\right)^{1.46} \times \text{m } 0.515 = \text{m } 1.52$$

per la copertura:

$$\Delta_1 - h_A = \left(\frac{0.042}{0.046}\right)^{1.46} \times \text{m } 0.515 = \text{m } 0{,}278$$

Con i procedimenti già applicati, in possesso dei risultati ora dedotti, si possono calcolare i valori corrispondenti a qualsiasi altro valore della portata tenendo conto che i dislivelli stanno in ragione diretta dei quadrati delle portate. Ciò è stato fatto per l'intervallo delle portate sperimentali per le quali è possibile istituire il confronto fra i rilievi di pressione calcolati con quelli rilevati. I risultati dei calcoli e il detto confronto si trovano riuniti nelle tabelle IV e V che seguono.

TABELLA IV.

Confronto fra i risultati sperimentali e quelli dei calcoli diretti relativi alle pressioni al contorno delle sezione AB

Modello 2°-1 grande

Portata sperimentale l/sec	$\Delta_1 - h$ calcolati mm		$\Delta_1 - h$ Valori sperimentali mm				Scostamenti in mm				Scostamenti in %	
	in A [1]	in B [2]	max in A [3]	media in A [4]	max in B [5]	media in B [6]	in A [1]-[3]	in A [1]-[4]	in B [2]-[5]	in B [2]-[6]	([2]-[5])/[5]	([2]-[6])/[6]
42.5	208	1206	290	287	1326	1123	— 82	— 79	—120	+ 83	— 9.1	+ 7.4
40.0	184	1068	246	239	1172	998	— 62	— 55	—104	+ 70	— 8.9	+ 7.0
37.5	162	939	224	215	1010	877	— 62	— 53	— 71	+ 62	— 7.0	+ 7.1
35.5	145	842	210	199	890	789	— 65	— 54	— 48	+ 53	— 5.4	+ 6.7
35.0	141	818	204	193	868	768	— 63	— 52	— 50	+ 50	— 5.8	+ 6.5
32.5	133	707	176	165	764	667	— 43	— 32	— 57	+ 40	— 7.5	+ 6.0
30.0	104	601	156	142	668	571	— 52	— 38	— 67	+ 30	— 10.0	+ 5.2
27.5	87	505	150	143	570	484	— 63	— 56	— 65	+ 21	— 11.4	+ 4.3
25.0	72	417	144	136	480	409	— 72	— 64	— 63	+ 8	— 13.1	+ 2.0

TABELLA V.

Confronto fra i risultati sperimentali e quelli dei calcoli diretti, relativi alle pressioni al contorno della sezione AB.

Modello I°

Portata sperim. l/sec	Valori di $\Delta_1 - h$ (mm) per la orizzontale superiore (A)			Valori di $\Delta_1 - h$ (mm) per la orizzontale inferiore (B)			
	Sperim.	Calcol.	Scostam.	Sperim.	Calcol.	Scostamento mm	Scostamento %
8	200	278	+ 78	1410	1520	+110	+ 7.8
7	144	213	+ 68	1080	1162	+ 82	+ 7.6
6	100	156	+ 56	805	852	+ 47	+ 5.8
5	90	108	+ 18	570	592	+ 22	+ 3.9
4	76	69	— 7	368	380	+ 12	+ 3.3
3	50	39	— 11	212	213	+ 1	+ 0.5

Il confronto della tabella IV, ha effettivamente ragione di essere solo per quanto riportano le colonne 9ª, 11ª e 13ª le quali si riferiscono ai valori medi, perchè anche il procedimento di calcolo conduce a determinare solamente i valori medi relativi alle orizzontali.

La detta tabella mostra che i valori dei dislivelli piezometrici corrispondenti agli estremi della verticale, calcolati partendo dal solo presupposto che la portata sia rappresentabile colla espressione:

$$q = 0.95 \;.\; \sigma.\ \sqrt{2\,g\,(\Delta_1 - h_0)}$$

e senza fare riferimento a nessun ulteriore risultato sperimentale, sono abbastanza concordanti con quelli forniti direttamente dalle prove se si considerano i valori medi relativi alla soglia

sfiorante. Per questi il calcolo porta a considerare sempre dei valori delle depressioni in eccesso rispetto a quelle effettive.

Invece se si considera il lato alto della sezione (A) dalla Tabella IV si ha che il calcolo fornisce, per le depressioni, dei risultati che sono in difetto rispetto ai valori misurati: ma è altresì necessario osservare che il valore del dislivello piezometrico in tale orizzontale può interessare solo se considerato in sè stesso e che lo scostamento dei valori calcolati rispetto a quelli misurati va riguardato solamente in valore assoluto. Inoltre, a tale proposito, si osserva che ammessa in 9 metri la massima depressione attuabile in un sifone, i valori estremi calcolati e contenuti nella colonna (2), porterebbero a ritenere che i rapporti possibili delle opere effettive rispetto al modello non dovessero superare i valori di 7,4 e 21,5 cosicchè ne risulterebbero per la superficie di copertura dei valori del dislivello in difetto di m. 0.55 ÷ 1.55 circa rispetto agli effettivi.

Tale scostamento non è grande in sè stesso e non ha importanza per i calcoli di stabilità della struttura perchè essa deve essere calcolata con ipotesi cautelative per tener conto che ivi, durante la fase di adescamento, la depressione massima che si può formare è superiore a quella che si stabilisce durante il funzionamento a regime.

Per quanto riguarda il confronto fra i risultati dei calcoli ed i massimi valori del dislivello piezometrico rilevati nella mezzeria della soglia sfiorante, le colonne (10ª) e (12ª) mostrano che effettivamente lo scostamento è sensibile e che sarebbe prudenziale aumentare del 10% i valori calcolati per tener conto che il moto non si può considerare piano (a due dimensioni).

Per il modello 1º (vedi tavella V) gli scostamenti fra i valori rilevati sono dell'ordine di quelli sopradetti parlando del modello 2º-I.

La tabella V mostra che i risultati del calcolo riguardanti la orizzontale della soglia sfiorante, sono stati sempre cautelativi rispetto a quelli ottenuti sperimentalmente. Manca il modo di instituire il confronto fra i valori relativi alle orizzontali perchè, per il modello 1º sono state fatte solo le letture piezometriche in mezzeria della orizzontale inferiore e superiore di copertura.

È da rilevare che il modello 1º presenta la particolarità di avere l'arrotondamento sulla soglia ottenuto con un arco di cerchio che, a pari salto, è circa 2,2 volte minore di quello del modello 2º-I, ossia una curvatura assai superiore e molto forte anche se considerata in sè stessa.

Riassumendo, da tutta l'indagine che precede e che riguarda l'imbocco dei sifoni si può ritenere risulti quanto segue:

1º) Per tutti i modelli sperimentati a Pisa, salvo i tipi 4º e 5º, la portata in via di buona approssimazione è rappresentabile con la espressione

$$q = 0.95 . \sigma . \sqrt{2 g (\Delta_1 - h_0)}$$

essendo Δ_1 il rigurgito misurato all'alimentazione rispetto alla soglia ed h_0 la lettura (rispetto alla soglia) osservata per la bocca piezometrica posta a metà altezza della sezione verticale sopra la soglia di sfioro.

2º) Le espressioni 5) che tengono solo conto della curvatura dei filetti liquidi hanno permesso di calcolare direttamente per i modelli 2º-I e 1º in modo assai approssimato, il massimo dislivello piezometrico, ed il medio dislivello piezometrico, esistenti fra l'alimentazione e la soglia di sfioro.

Non si può fondatamente affermare che i precedenti risultati possano essere generalizzati a tutti i tipi di sifone perchè la generalizzazione si fonderebbe sui soli rilievi e sulle sole verifiche relative ai modelli 2º-I e 1º.

I detti modelli non presentano, però, nessuna spiccata singolarità di forma. L'imbocco è in entrambi piuttosto graduale con la soglia arrotondata ed, in corrispondenza della sezione verticale sopra la soglia, è costituito da due superfici cilindriche coassiali.

Si ritiene che, quando si verifichino le circostanze ora dette, sia applicabile, almeno in via di buona approssimazione, il procedimento di calcolo esposto secondo le formule 5) e seguenti. Tale procedimento permette di dedurre, in particolare, le quantità $\Delta_1 - h$ corrispondenti alle diverse portate e alla soglia di sfioro e quindi consente di conoscere le quote piezometriche relative, quando si conoscano i rigurgiti determinati con esperienze sommarie.

In particolare, in via di sicuro orientamento, si può stabilire uno degli elementi, e forse il più importante, per la limitazione dei rapporti di simiglianza geometrica che possono essere applicati ai risultati (relazione fra i rigurgiti e portate) conseguiti provando su di un'opera per la quale non si siano potuti eseguire i rilievi di pressione.

ING. MARIO MARCHETTI

ING. PROF. CELESTINO LAMPIS
DEL R. POLITECNICO DI MILANO

Metodo grafico applicato al calcolo delle correnti di corto circuito di una rete ad anello chiuso alimentata in più punti

I. Impostazione del problema.

II. Principio informativo del metodo grafico proposto: 1) metodo analitico; 2) metodo grafico; 3) concordanza tra i due metodi e impiego del metodo grafico.

III. Trattazione mediante casi pratici: 1) calcolo delle impedenze, (centrale A, centrale B e linee); 2) corto circuito nelle sbarre omnibus della centrale B (calcolo analitico e calcolo grafico); 3) corto circuito in punto intermedio della linea C (calcolo grafico partendo dal sezionamento della centrale A e calcolo grafico partendo dal sezionamento della centrale B).

Il calcolo delle correnti di c. c. in una rete ad anello chiuso alimentata da più centrali è un problema assai complesso, che si risolve in differenti maniere per lo più in via approssimata.

Viene presentato un metodo grafico che consente il calcolo stesso con un'approssimazione che si presume maggiore e con non minore rapidità dei metodi in uso, sui quali il metodo grafico che s'intende esporre presenta inoltre il vantaggio di dare direttamente una rappresentazione vettoriale delle correnti e delle cadute di tensione nei singoli tratti dell'anello.

Il metodo stesso è applicabile anche ad altri problemi.

I. – IMPOSTAZIONE DEL PROBLEMA.

Supponiamo di essere in presenza di una rete ad anello chiuso alimentata per es. in due punti diversi. Sia cioè un caso come quello schematizzato dalla fig. 1, dove due centrali A e B sono tra di loro collegate attraverso due linee C e D che raccolgono diverse utenze. Nel caso

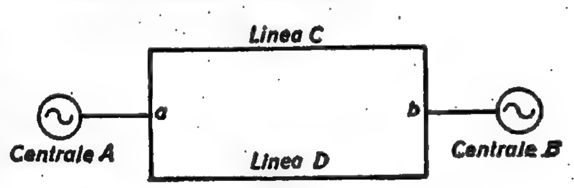


Fig. 1.

che le linee abbiano una resistenza ohmica non trascurabile rispetto a quella induttiva, la fig. 1 può essere meglio rappresentata dalla fig. 2, dove la linea C è stata divisa nelle due tratte che limitano una certa utenza U, sulle sbarre di derivazione della quale ammettiamo che avvenga un corto circuito nell'anello.

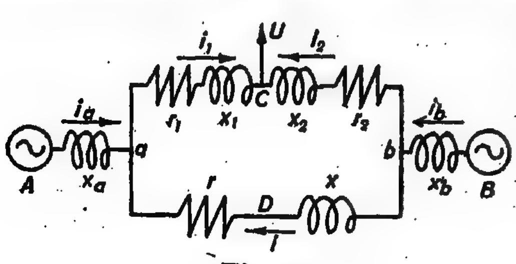


Fig. 2.

Indicando con e_a ed e_b le f. e. m. delle centrali A e B (supposto che ciascuna centrale si comporti come un generatore unico) relative alle condizioni di eccitazione e di carico del momento che precede il corto circuito, possiamo scrivere le seguenti equazioni riferentisi ai valori istantanei nel momento stesso ed al funzionamento normale:

$$i_1 = i_a + i$$
$$i_2 = i_b - i$$
$$e_a = x_a\, i_a + z_1\, i_1 + v_c$$
$$e_b = x_b\, i_b + z_2\, i_2 + v_c$$
$$e_b = x_b\, i_b + z\, i + z_1\, i_1 + v_c$$

essendo v_c la tensione d'esercizio disponibile (e nota) nel punto C. Per mantenere costante questa tensione v_c al variar del carico potranno essere infinite le coppie di valori e_a ed e_b a seconda della ripartizione delle potenze attiva e reattiva fra le due centrali.

Quindi nella generalità il problema di calcolare le 5 correnti incognite essendo date le singole resistenze e reattanze e la v_c è indeterminato, e per renderlo solubile occorre stabilire di volta in volta i valori particolari di e_a ed e_b che naturalmente in pratica saranno variabili solo entro certi limiti.

Per il caso del corto circuito in C, in cui v_c diventa nullo, tutti gli autori sono concordi nel partire dall'ipotesi che $e_a = e_b$ e nell'assumere come valore comune la tensione d'esercizio nel punto in cui il c. c. avviene. Così facendo il problema diventa determinato e riferendoci ai valori efficaci possiamo scrivere in forma vettoriale:

1) $\mathbf{I}_1 = \mathbf{I}_a + \mathbf{I}$
2) $\mathbf{I}_2 = \mathbf{I}_b - \mathbf{I}$
3) $\mathbf{x}_a\, \mathbf{I}_a + \mathbf{z}_1\, \mathbf{I}_1 = \mathbf{V}$
4) $\mathbf{x}_b\, \mathbf{I}_b + \mathbf{z}_2\, \mathbf{I}_2 = \mathbf{V}$
5) $\mathbf{x}_b\, \mathbf{I}_b + \mathbf{z}\mathbf{I} + \mathbf{z}_1\, \mathbf{I}_1 = \mathbf{V}$

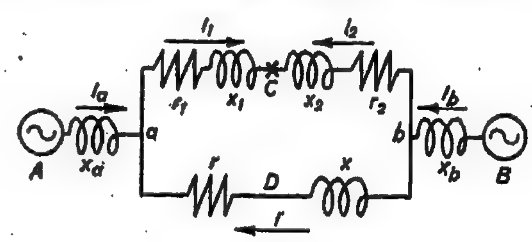


Fig. 3.

essendo $\mathbf{V}$ la tensione nel punto C concatenata o di fase a seconda che sono concatenati o di fase i valori delle r e delle x.

Abbiamo allora cinque equazioni vettoriali e cinque vettori (le correnti) incogniti, oltre alla direzione di $\mathbf{V}$ di cui è noto il solo valore numerico. Questa incognita però si elimina senz'altro riferendosi ad un sistema di assi di cui uno coincida con la $\mathbf{V}$ stessa.

Il calcolo delle correnti di c. c. dello schema in esame è così ridotto alla risoluzione del sistema delle 5 equazioni. Questa è tutt'altro che semplice, sopratutto è lunga e fastidiosa. Perciò in pratica il problema si risolve per lo più in via approssimata introducendo delle ipotesi semplificative, per es. trascurando le resistenze ohmiche rispetto alle induttive.

In questo caso la direzione della $\mathbf{V}$ viene a coincidere con la direzione delle x, ed incognite restano solo le correnti normali alla $\mathbf{V}$ e tante quante sono le equazioni che si possono allora risolvere con procedimento algebrico, come un sistema scalare.

Le direzioni più non interessano e del resto si riducono a due, una per la **V** e l'altra per le **I**. Questa semplificazione nuoce però alla esattezza e spesso si ottengono dei valori non abbastanza approssimati.

È vero che le correnti di corto circuito non occorre conoscerle con precisione, ma è vero altresì che gli errori che si commettono nel loro calcolo sono spesso rilevanti e che poi quest'errore si moltiplica nelle conseguenze (termiche e meccaniche) che sono proporzionali al quadrato dell'intensità.

Questo ed altri procedimenti analitici sono talvolta lunghi e come sempre nei calcoli numerici è facile incorrere in qualche errore senza che se ne abbia il controllo.

Ritorneremo in seguito su questi metodi per far vedere pregi e difetti di alcuni di essi.

Per intanto vogliamo esporne uno grafico, che ci pare preferibile agli altri per differenti ragioni.

È anch'esso, ben inteso, approssimato, ma con un'approssimazione, come vedremo, variabile a piacere con la scala del disegno e con un diverso numero di tentativi. Presenta poi il grande vantaggio di dare un quadro completo della distribuzione delle correnti e degli altri vettori in valore e posizione, è abbastanza rapido e ogni operazione controlla le precedenti, sicchè si arriva alla fine con la sicurezza di non avere sbagliato.

II. – Principio informativo del metodo grafico proposto.

Premettiamo qualche chiarimento sul concetto informativo del metodo e rimandiamo l'esposizione precisa ad alcuni esempi, con i quali soltanto se ne può chiarire il meccanismo e fare un confronto con gli altri metodi.

Cominciamo da un caso semplice. Riprendiamo in esame la fig. 1 e supponiamo che il corto circuito avvenga nel punto b, ossia nelle sbarre omnibus della centrale B (fig. 4).

1) *Metodo analitico.*

Il calcolo delle correnti di corto circuito lungo le linee C e D, provenienti dalla centrale A, è allora analiticamente facile, tuttavia richiede un certo tempo ed attenzione perchè bisogna calcolare l'impedenza z_s complessiva dell'arco doppio. Le trasformazioni che questo calcolo richiede sono indicate nel 1° caso pratico che si trova risolto più avanti.

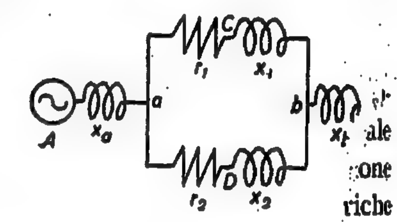


Fig. 4.

In via di principio, supposto per un momento d'avere calcolato z_s e le sue componenti r_s ... dette, ed x_s (fig. 14) questa soluzione, generalmente seguita, può presentarsi come segue (fig. 6).

Scelto un vettore $\mathbf{V}_{cc} = \mathbf{OE} = \mathbf{I}\,(z_s + x_a)$ di valore uguale alla tensione **V**, tracciamo un semicerchio con diametro pari a tale valore ed inscriviamovi il triangolo ONE, avente per cateti i valori

$$\mathbf{ON} = r_s\,\mathbf{I} \quad ; \quad \mathbf{NE} = (x_a + x_s)\,\mathbf{I}$$

La direzione **ON** che assume r_s **I** è quella che compete alla corrente totale **I** che il corto circuito in b richiama dalla centrale A, il cui valore $\dfrac{V_{cc}}{z_s + x_a}$ sia OQ.

Se T è il punto che divide NE nelle due parti $x_a\,I$ ed $x_s\,I$, essendo $NT = x_s\,I$, i valori $OD = I_1$ ed $OC = I_2$ delle componenti di I scaturiscono immediatamente dividendo OT per le impedenze z_1 e z_2. Tracciando poi un semicerchio con diametro OT ed inscrivendovi due triangoli ON_1T ed ON_2T con i cateti:

$$ON_1 = r_1 I_1;\;\; N_1T = x_1 I_1;\;\; ON_2 = r_2 I_2,\;\; N_2T = x_2 I_2$$

avremo in $\mathbf{ON}_1$ ed in $\mathbf{ON}_2$ le direzioni di $\mathbf{I}_1$ ed $\mathbf{I}_2$, nei due rami dell'anello.

Fin qui dunque la soluzione nota ed ineccepibile, che applicheremo in seguito in alcuni esercizi per avere un confronto, ed alla quale si può fare l'appunto di richiedere un notevole complesso di operazioni algebriche ed aritmetiche.

2) *Metodo grafico.*

Il metodo grafico allo studio risolve il problema con maggior speditezza e semplicità. A noi per il momento interessa soltanto

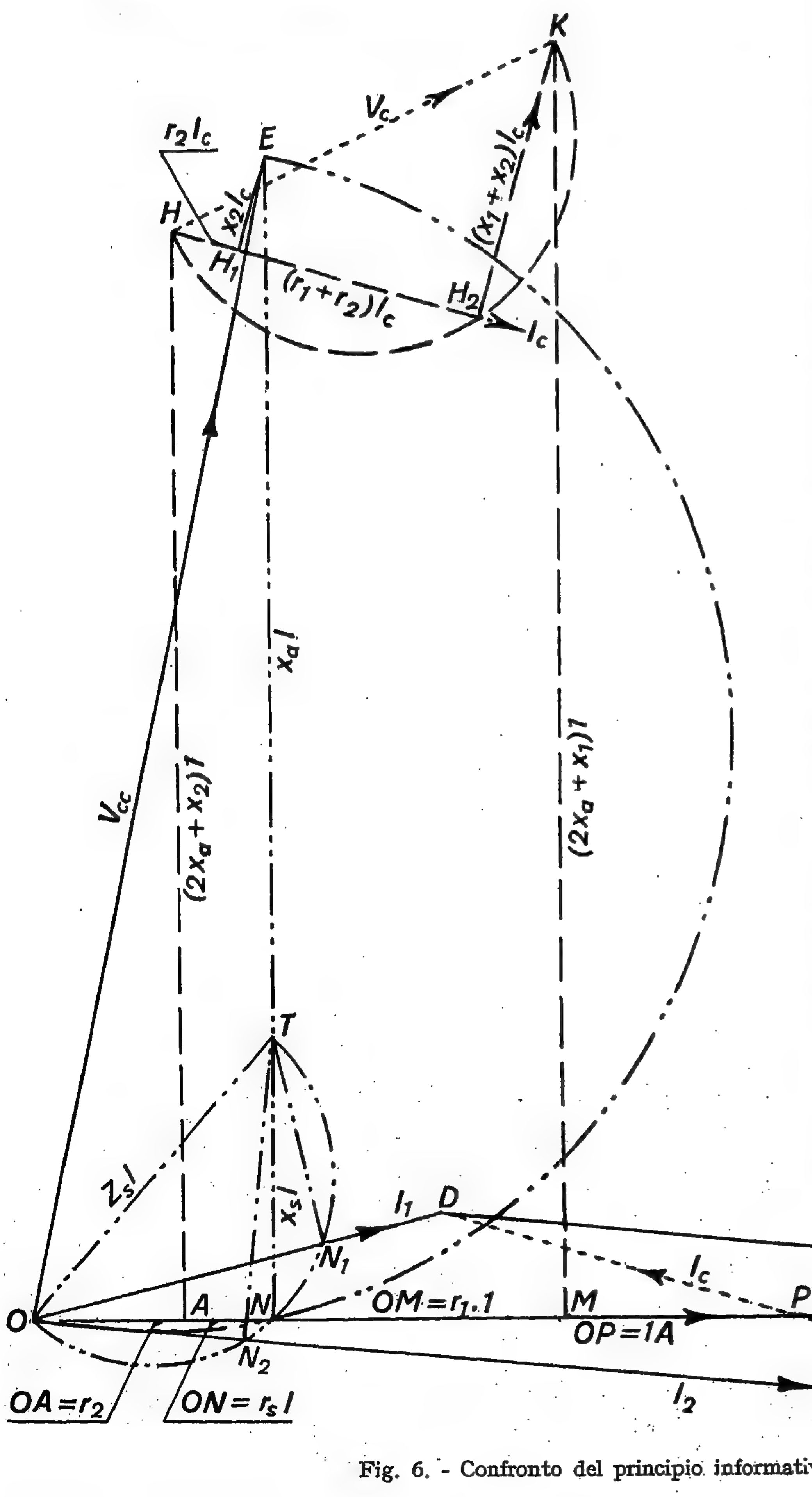


Fig. 6. - Confronto del principio informativo del metodo grafico col metodo analitico.

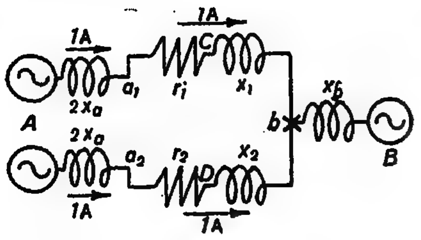


Fig. 5.

di esprimerne lo spirito informatore e per questo il circuito semplice in esame è particolarmente adatto.

Immaginiamo la centrale A divisa in due parti *uguali* e supponiamo che ciascuna metà eroghi la corrente di 1 Ampère. Apriamo l'anello come indica la fig. 5 e seguiamo le cadute di tensione che le correnti unitarie provocano lungo i due rami del circuito andando da A verso b; avremo:

	caduta ohmica	caduta induttiva
lungo $A a_1 Cb$	r_1	$2x_a + x_1$
» $A a_2 Db$	r_2	$2x_a + x_2$

Sommando nella fig. 6, queste cadute, dopo aver scelto una direzione fondamentale OP per le correnti, arriveremo:

lungo il percorso $A a_1$ Cb al punto K che individua il vettore $\mathbf{OK} = [r_1 + j\ (2\ x_a + x_1)] . 1$;

lungo il percorso $A a_2$ Db al punto H che individua il vettore $\mathbf{OH} = [r_2 + j\ (2x_a + x_2)] . 1$.

Se i due punti H e K risultassero coincidenti saremmo in presenza di una condizione di equilibrio ed il vettore $\mathbf{OH} = \mathbf{OK}$ rappresenterebbe la tensione fra A e b corrispondente all'immagine fatta di alimentare i due rami del circuito con correnti unitarie. Ma questa coincidenza si presenterà nel solo caso in cui i due rami del circuito siano identici nel qual caso la soluzione del problema sarebbe immediata.

In genere H e K saranno punti distinti, ossia i due vettori $\mathbf{OH}$ ed $\mathbf{OK}$ avranno direzioni e valori diversi. Questo significa che le correnti di 1 Ampère arriveranno in b dopo aver provocato nei due rami del circuito cadute di tensione differenti. Si sarà cioè creata una condizione di non equilibrio di cui è parametro, nel punto b, il vettore $\mathbf{OK} - \mathbf{OH} = \mathbf{H\,K} = \mathbf{V}_c$. Questo vettore rappresenta una tensione che noi diremo di *compensazione*, perchè possiamo pensare che reagisca nell'interno dell'anello, contro lo stato di non equilibrio creatosi e provochi la circolazione di una corrente $\mathbf{I}_c$ di senso e di valore tale che composta con le correnti unitarie preesistenti stabilisca l'equilibrio.

Il valore di $\mathbf{V}_c$ ci sarà dato dal disegno, quello di $\mathbf{I}_c$ l'avremo dividendo $\mathbf{V}_c$ per l'impedenza interna $\mathbf{Z}_i$ dell'anello, che è nota. Dobbiamo cioè per un momento supporre l'anello nuovamente saldato in a, e la tensione $\mathbf{V}_c$ agente su di esso (fig. 7).

Procedendo per chiarimento analiticamente avremo:

$$\mathbf{V}_c = \mathbf{H\,K} = [r_1 + j\ (2\,x_a + x_1) - r_2 - j\ (2\,x_a + x_2)] . 1 =$$
$$= [r_1 - r_2 + j\ (x_1 - x_2)] . 1$$

$$\mathbf{I}_c = \frac{\mathbf{V}_c}{\mathbf{Z}_i} = \frac{[r_1 - r_2 + j\ (x_1 - x_2)] . 1}{r_1 + r_2 + j\ (x_1 + x_2)}$$

e come valore numerico sarà

$$I_c = \sqrt{\frac{(r_1 - r_2)^2 + (x_1 - x_2)^2}{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2}}$$

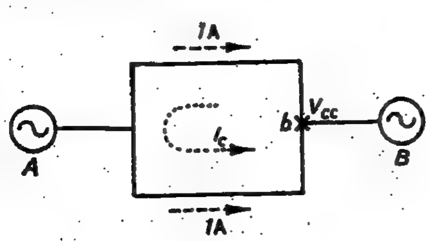


Fig. 7.

Ci manca la direzione di $\mathbf{I}_c$, che però si trova facilmente nel disegno. Basta tracciare il semicerchio di diametro HK ed inscrivervi il triangolo delle cadute provocate da $\mathbf{I}_c$ nell'interno dell'anello. La direzione che prende il cateto $(r_1 + r_2)$ $\mathbf{I}_c$ è la dizione stessa di $\mathbf{I}_c$.

Avuta la $\mathbf{I}_c$, che chiameremo *corrente di compensazione*, in valore e fase, non resta che sommarla e sottrarla con la corrente fondamentale $OP = 1$ Ampère: il vettore $\mathbf{I}_1 = \mathbf{OD}$, differenza, rappresenterà la corrente nel ramo $A\ a_1\ C\,b$ ed il vettore $\mathbf{I}_2 = \mathbf{OC}$, somma, darà la corrente nel ramo $A\ a_2\ D\,b$. Come controllo la somma vettoriale $\mathbf{I}_1 + \mathbf{I}_2$ dovrà dare il vettore $\mathbf{OQ}$ il cui valore numerico è 2 Ampère.

Conosciuto come le due correnti unitarie in definitiva si son suddivise nei due rami del circuito ripetiamo il procedimento di prima, partendo ancora da A e sommando nel disegno le nuove cadute che provocano le due correnti $\mathbf{I}_1$ ed $\mathbf{I}_2$. Questa volta arriveremo a due punti H' e K' coincidenti (coincidenti in questo caso in cui il problema è ridotto al corto circuito in un anello alimentato da un solo punto) in E ed il vettore $\mathbf{OE} = \mathbf{V}_{cc}$ rappresenterà la tensione, ormai determinata, che nel nostro circuito, percorso tra A ed a, da 2 Ampère e poi da $\mathbf{I}_1$ e da $\mathbf{I}_2$, alimenterà il corto circuito nel punto b.

In effetto per avere $\mathbf{V}_{cc}$ non sarà necessario ripetere tutta la costruzione, basterà partire dal punto H ed aggiungervi le cadute suppletive provocate nella linea D dalla sola corrente di compensazione, come è stato fatto nella fig. 6, dove partendo da H per arrivare in E è bastato aggiungere i segmenti $\mathbf{H\,H_1} = \mathbf{r}_2\,\mathbf{I}_c$ ed $\mathbf{H_1 E} = \mathbf{x}_2\,\mathbf{I}_c$. Si sarebbe analogamente potuto partire da K sommando le cadute (contrarie alle precedenti) provocate da $\mathbf{I}_c$ lungo la linea C.

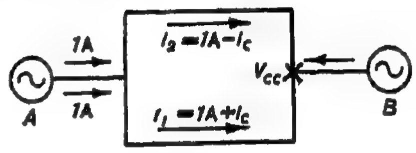


Fig. 8.

Ora in realtà la tensione di corto circuito sarà quella stessa della linea, di valore V noto.

Ragionando a ritroso possiamo dire che le correnti che il corto circuito in b richiama dalla centrale A e che percorrono i due rami dell'anello, saranno date dalle correnti elementari $\mathbf{I}_1$ ed $\mathbf{I}_2$ dianzi calcolate, moltiplicate per il *fattore di conversione*

$$f_c = \frac{V}{V_{cc}}.$$

Queste premesse, con l'esame della fig. 6, individuano il metodo di calcolo grafico che s'intende seguire.

Nel caso semplice considerato per chiarimento sono stati fatti alcuni richiami analitici, ma in realtà il problema si risolve graficamente con poche linee, come si vedrà nel 1° esempio che segue. Di calcolo non occorre che la divisione $\frac{V_c}{Z_i}$.

3) *Concordanza fra i due metodi. Impiego del metodo grafico.*

Se a questo punto confrontiamo le due soluzioni, che nella fig. 6 di proposito sono state messe assieme, si vede che esse conducono allo stesso risultato.

Con la soluzione solita si parte dal valore della tensione applicata V ed attraverso le singole r ed x si arriva alle correnti incognite.

Col metodo allo studio si parte fissando la direzione ed un valore elementare (2 A) della corrente risultante ed attribuendo valori uguali ed unitari alle correnti nei due rami. Rettificando con il procedimento esposto questa ipotesi, attraverso $\mathbf{V}_c$, $\mathbf{I}_c$ ed f_c, si arriva ad una soluzione coincidente con la prima.

L'interesse del metodo allo studio risiede però sopratutto nella soluzione di casi in cui la rete ad anello sia alimentata in più punti, come quello presentato dalla fig. 3.

Applicando ad un tale schema il procedimento sopra esposto, volendo calcolare la distribuzione delle correnti nel caso di corto circuito in C, non ci sarà che ripetere lungo il percorso $A\ a_1\ C$ le operazioni di prima mentre lungo il ramo $A\ a_2\ Db\ C$ il problema sarà complicato dal fatto che arrivando in b alla corrente elementare proveniente da A bisognerà sommare il contributo della centrale B, (fig. 9) e con la somma fare il percorso $b\ C$. Questa difficoltà è facilmente superabile ma il risultato

sarà di arrivare a due punti come H' e K' che non potranno, se non per pura combinazione, coincidere perfettamente e ciò in conseguenza appunto del contributo proveniente dalla centrale B.

Però — e lo dimostreremo con esercizi pratici — dopo non più di tre tentativi si arriva ad avvicinare talmente i punti come H' e K' (estremi dei vettori dovuti alle cadute lungo l'anello provocate dalle correnti unitarie composte di volta in volta con le correnti di circolazione) da poter prendere come estremo del vettore $\mathbf{V}_{cc}$ il punto medio del segmento $H'\,K'$ (od $H''\,K''$ se c'è stato un terzo tentativo) commettendo un errore praticamente trascurabile.

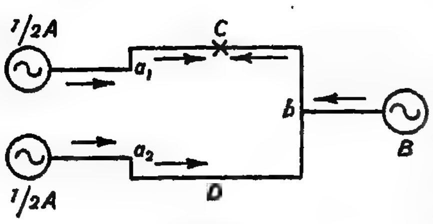


Fig. 9.

Queste premesse che riusciranno molto più comprensibili in seguito ci permettono di sintetizzare il principio informativo del metodo nelle seguenti operazioni:

1° Aprire l'anello dividendo in due parti *uguali* una delle centrali e far percorrere i due rami da correnti pari all'unità, arrivando a stabilire la tensione di compensazione $\mathbf{V}_c = \mathbf{H\,K}$.

2° Determinare la corrente di circolazione $\mathbf{I}_c$ che scaturisce dividendo $\mathbf{V}_c$ per l'impedenza interna del circuito e comporre $\mathbf{I}_c$ con la corrente unitaria arrivando alle risultanti nei singoli tratti.

3° Ripetere queste operazioni una seconda volta e se occorre una terza. Si arriverà così ad una condizione praticamente di equilibrio e ad individuare la corrispondente $\mathbf{V}_{cc}$, tensione che alimenta il corto circuito nel punto considerato nell'ipotesi che l'anello sia percorso dalle correnti elementari risultanti nell'ultimo tentativo fatto.

Il rapporto fra la tensione effettiva di esercizio e la $\mathbf{V}_{cc}$ ci darà il *fattore di conversione*, per cui basterà moltiplicare le correnti elementari per avere quelle che effettivamente si presentano in caso di corto circuito.

III. – Trattazione mediante casi pratici.

Passiamo a risolvere alcuni esercizi che serviranno a lumeggiare il meccanismo del metodo che naturalmente non è stato possibile precisare nelle brevi premesse fatte.

Cominciamo da un caso semplice, come quello che ci ha servito per esporre il principio informativo, per il quale essendo agevole il controllo analitico avremo facilmente la dimostrazione numerica della attendibilità del metodo stesso.

Ci atterremo a casi concreti, con valori caratteristici di macchine e di linee ricavati da impianti attualmente in esercizio.

Premettiamo che per il calcolo delle impedenze dei generatori, trasformatori ecc., ci serviremo delle formule e dei metodi noti, dei quali citeremo le fonti. In altre parole non si vuole aggiungere nulla a quella che è la traduzione di una rete di distribuzione in schema, che è la premessa indispensabile per l'applicazione di qualsiasi metodo di calcolo di correnti di c. c. Si vuole invece partire dallo schema ricavato con i sistemi in uso ed a questo applicare un metodo nuovo basato sui principi esposti.

Sia un complesso come quello della fig. 10, costituito da due centrali con relative sbarre omnibus a 6,6 e 22 kV, collegate da due linee dalle quali sono derivate varie utenze. Vogliamo calcolare le correnti di corto circuito nei due punti tipici dell'anello: *a*) le sbarre omnibus di una delle centrali; *b*) un punto intermedio di una delle linee.

Le grandezze strettamente necessarie per risolvere il problema sono indicate nella fig. 10.

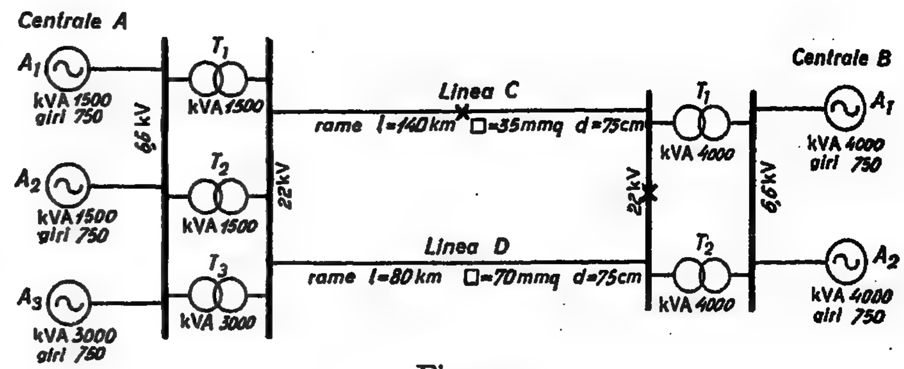


Fig. 10.

1°) *Calcolo delle impedenze.*

a) *Centrale A.*

3 alternatori a 750 giri, 2 da 1500 kVA, 1 da 3000 kVA. Applichiamo la formula

$$Z_A = \frac{1000\ .\ V^2}{m_p\ .\ P}\ (1)$$

in cui V è espresso in kV e P in kVA, m_p è un coefficiente che dipende dalle caratteristiche costruttive della macchina e che nel caso nostro possiamo ritenere pari a 2,7 (eccitazione normale).

Le impedenze relative a 6,6 kV e a 22 kV sono:

Impedenze \ Tensione in kV		6,6	22
1° e 2° alternatore	Ω	5,38	59,8
3° alternatore	»	5,38	59,8
Complessive dei 3 alternatori	»	**2,69**	**29,9**

2 trasformatori da 1500 kVA ed 1 da 3000 kVA, con tensione di corto circuito $V_{cc} = 3{,}3\ \%$.

Usiamo la formula

$$Z_T = \frac{10\ .\ V_{cc}\ .\ V^2}{P}\ (1)$$

dove V_{cc} è la tensione di c. c. in %; V si esprime in kV e P in kVA.

Le impedenze relative a 6,6 kV e a 22 kV sono le seguenti:

Impedenze \ Tensione in kV		6,6	22
1° e 2° trasformatore	Ω	0,478	5,32
3° trasformatore	»	0,478	5,32
Complessive dei 3 trasform.	»	**0,239**	**2,66**
» degli alternatori e dei trasformatori (per fase)	»	**2,93**	**32,56**
Complessive degli alternatori e dei trasformatori (concatenate)	»	**5,07**	**56,4**

b) *Centrale B.*

2 alternatori da 4000 kVA l'uno, a 750 giri e 2 trasformatori ciascuno da 4000 kVA, con $V_{cc} = 5\ \%$.

Le impedenze degli alternatori e dei trasformatori, relative a 6,6 kV e a 22 kV, sono:

(1) Pantzbieter. *Siemens Zeitschrift*, 1922, pagg. 436 e 592.

Impedenze \ Tensione in kV		6,6	22
1° e 2° alternatore	Ω	2,015	22,4
1° e 2° trasformatore	»	0,272	3,02
Complessive alternatori e trasformatori (per fase)	»	**2,287**	**25,42**
Complessive alternatori e trasformatori concatenate) ..	»	**3,96**	**44,0**

c) *Linee.*

Valori in Ω di:	r	X	Z
per la linea *D* lunga 80 km e costituita da una terna di 70 mmq di rame, distanza tra i fili 75 cm, si può ritenere, a 15° e 50 periodi e per km;	0,249	0,334	0,417
per la linea *C* lunga 140 km e costituita da una terna di 35 mmq, il resto come sopra, si può ritenere, ancora per km;	0,499	0,356	0,613
quindi complessivamente per la linea *D* (80 km)	**19,9**	**26,7**	
e per la linea *C* (140 km)	**69,9**	**49,9**	

I valori calcolati sono riassunti nella fig. 11 che costituisce lo schema dal quale partire per il calcolo delle correnti di corto circuito, nell'ipotesi che questo sia trifase e simmetrico. Non si è tenuto conto della capacità che però influisce notevolmente solo per c. c. verso terra.

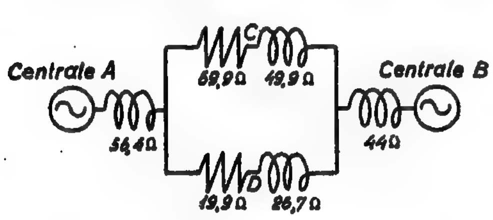


Fig. 11.

Queste semplificazioni per altro non interessano il metodo che vogliamo esporre, il quale si sviluppa indifferentemente qualunque sia lo schema di partenza e quindi all'infuori delle premesse che riflettono la natura del c. c.

2°) *Corto circuito nelle sbarre omnibus della Centrale B.*

a) *Calcolo analitico.*

Fu già detto che il calcolo della corrente di corto circuito, nelle sbarre omnibus delle centrali *A* o *B*, come in genere il calcolo delle correnti in un anello alimentato da un'unica centrale, è analiticamente facile.

In questo, come in circuiti più complicati, si può fare uso dei numeri complessi ricavando le correnti nella forma

$$a + j\,b$$

e da queste risalendo mediante un disegno, in base alle resistenze e reattanze dei singoli tratti in linea, ad un diagramma (sempre utile per l'interpretazione dei problema) che rappresenti in modo completo la distribuzione delle correnti e delle tensioni del circuito in esame (confr. figg. 69, 70). Questo è il metodo più esatto ma in genere è anche il più lungo e quello che fino al completamento della soluzione tiene meno a contatto con la realtà fisica.

Può essere preferibile trasformare il circuito calcolandone l'impedenza complessiva ed in base a questa ricavare direttamente la corrente totale dalla quale poi si risale facilmente alle altre correnti e caratteristiche del problema (confr. figg. 23, 80,89).

Noi seguiremo a preferenza questo secondo sistema tutte le volte che il circuito sarà ridotto o riducibile ad un anello alimentato da un solo punto, com'è il caso attuale, per il quale dunque cominciamo col calcolo della

Impendenza equivalente dell'arco doppio.

Indicatala con Z_S, possiamo scrivere (fig. 12):

$$\frac{1}{Z_S} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} = \frac{1}{r_1 + j\,x_1} + \frac{1}{r_2 + j\,x_2} = \frac{r_1 - j\,x_1}{r_1^2 + x_1^2} + \frac{r_2 - j\,x_2}{r_2^2 + x_2^2} =$$

$$= \frac{r_1}{r_1^2 + x_1^2} + \frac{r_2}{r_2^2 + x_2^2} - \frac{j\,x_1}{r_1^2 + x_1^2} - \frac{j\,x_2}{r_2^2 + x_2^2} \qquad \text{(a)}$$

e sostituendo i singoli valori (fig. 15),

$$\frac{1}{z_S} = \frac{69{,}9}{69{,}9^2 + 49{,}9^2} + \frac{19{,}9}{19{,}9^2 + 26{,}7^2} - \frac{j\,49{,}9}{69{,}9^2 + 49{,}9^2} -$$

$$- \frac{j\,26{,}7}{19{,}9^2 + 26{,}7^2} = \frac{69{,}9}{7376} + \frac{19{,}9}{1109} - \frac{j\,49{,}9}{7376} - \frac{j\,26{,}7}{1109} =$$

$$= 0{,}02738 - j\,0{,}03087$$

ed in valore numerico

$$\frac{1}{z_S} = \sqrt{0{,}02738^2 + 0{,}03087^2} = \sqrt{0{,}001706} = 0{,}0413$$

da cui infine si ricava $z_S = 24{,}2$ Ohm

Siccome il calcolo dell'impedenza di un arco doppio capiterà diverse volte nel corso di questo lavoro, per non dover sempre

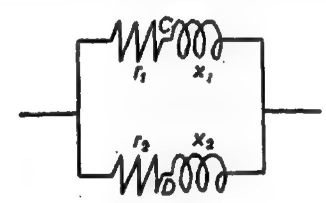


Fig. 12.

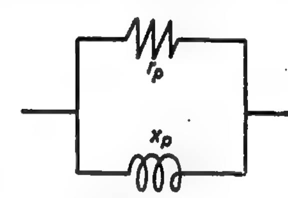


Fig. 13.



Fig. 14.

ricorrere ai numeri complessi presentiamo alcune formule algebriche che permettono il calcolo stesso con rapidità. Basta compiere le successive trasformazioni indicate qui sotto e che sono corrispondenti alle trasformazioni dei circuiti delle figg. 12, 13 e 14:

$$r_p = \frac{(r_1^2 + x_1^2)\ \ (r_2^2 + x_2^2)}{r_2\,(r_1^2 + x_1^2) + r_1\,(r_2^2 + x_2^2)}$$

$$x_p = \frac{(r_1^2 + x_1^2)\ \ (r_2^2 + x_2^2)}{x_2\,(r_1^2 + x_1^2) + x_1\,(r_2^2 + x_2^2)}$$

$$z_p = \frac{r_p \, . \, x_p}{\sqrt{r_p^2 + x_p^2}}$$

$$r_S = \frac{z_p^2}{r_p}; \quad x_S = \frac{z_p^2}{x_p}; \quad z_S = \sqrt{r_S^2 + x_S^2} = z_p$$

Che l'uso di queste formule sia corretto possiamo verificarlo ripetendo il calcolo numerico di prima.

$$r_p = \frac{(69{,}9^2 + 49{,}9^2)\ \ (19{,}9^2 + 26{,}7^2)}{19{,}9\,(69{,}9^2 + 49{,}9^2) + 69{,}9\,(19{,}9^2 + 26{,}7^2)} =$$

$$= \frac{(4886 + 2490)\ (396 + 713)}{19{,}9 \cdot 7376 + 96{,}9 \cdot 1109} = \frac{818\ \ .}{14{,}7 + 7{,}75} = 36{,}45\ \Omega$$

$$x_p = \frac{818 \cdot 10^4}{26{,}7 \cdot 7376 + 49{,}9 \cdot 1109} = \frac{818}{19{,}7 + 5{,}53} = 32{,}4\ \Omega$$

$$z_p = \frac{36{,}45 \cdot 32{,}4}{\sqrt{36{,}45^2 + 32{,}4^2}} = \frac{1181}{\sqrt{1330{,}00 + 1049{,}76}} = \frac{1181}{48{,}8} =$$

$$= 24{,}2\ \Omega$$

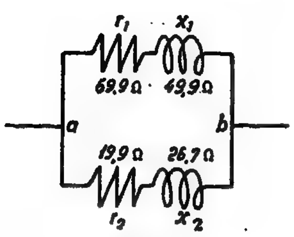


Fig. 15.

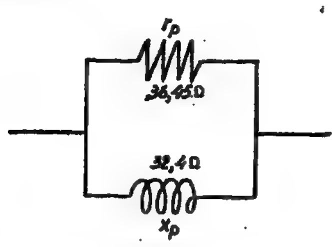


Fig. 16.

che coincide col valore ricavato partendo dai numeri complessi.

Abbiamo ancora:

$$r_s = \frac{24{,}2^2}{36{,}45} = \frac{586}{36{,}45} = 16{,}08\ \Omega$$

$$x_s = \frac{24{,}2^2}{32{,}4} = \frac{586}{32{,}4} = 18{,}08\ \Omega$$



Fig. 17.

e come controllo:

$$z_s = \sqrt{16{,}08^2 + 18{,}08^2} = \sqrt{258 + 327} = 24{,}2\ \Omega = z_p$$

Questo secondo modo di disporre il calcolo dell'impedenza equivalente di un arco doppio è preferibile perchè dopo calcolata la corrente totale facilita l'operazione di andare a ritroso alla ricerca delle singole correnti e tensioni, metodo al quale abbiamo detto di volerci attenere.

Per il resto è evidente, a parte il controllo numerico fatto, che le ultime formule scritte sono derivate dall'impostazione fatta con i numeri complessi.

Basta infatti osservare che l'espressione (a) si sarebbe potuta scrivere nella forma

$$\frac{1}{\underline{z}_s} = \frac{1}{\underline{z}_p} = \frac{1}{r_p} - j\,\frac{1}{x_p} \qquad \text{(b)}$$

avendo r_p ed x_p i valori già visti. Questo dice anche come sia lecito agli effetti della impedenza complessiva ritenere la fig. 12 equivalente alla 13. Il passaggio poi alla r_s ed x_s (fig. 14) è immediato, scrivendo in base alla (b)

$$\frac{1}{z_s^2} = \frac{1}{z_p^2} = \frac{1}{r_p^2} + \frac{1}{x_p^2} = \frac{r_p^2 + x_p^2}{r_p^2 \cdot x_p^2}$$

ossia $z_s^2 = z_p^2 = \dfrac{r_p^2\, x_p^2}{r_p^2 + x_p^2}$; ovvero $z_s = z_p = \dfrac{r_p\, x_p}{\sqrt{r_p^2 + x_p^2}}$

che permette appunto di ritenere z_s come somma di r_s ed x_s, in quanto

$$z_s^2 = r_s^2 + x_s^2 = \frac{z_p^4}{r_p^2} + \frac{z_p^4}{x_p^2} = \frac{z_p^4\,(x_p^2 + r_p^2)}{r_p^2 \cdot x_p^2} = \frac{z_p^4}{z_p^2} = z_p^2 = z_s^2$$

risulta un'identità.

Naturalmente queste formule sono solo riferite ai valori numerici. Nello stabilire poi la direzione dei singoli vettori occorre dalla fig. 12 risalire direttamente alla 14, saltando cioè la fig. 13.

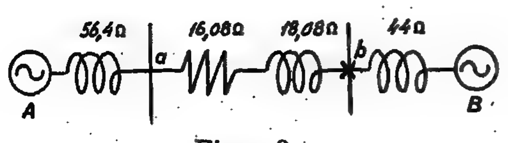


Fig. 18.

Il nostro schema si riduce ormai a quello della fig. 18 ed il calcolo della corrente di corto circuito nelle sbarre omnibus diventa immediato. Per le sbarre b, della centrale B abbiamo, con provenienza da A (figg. 19-20):

$$z = \sqrt{74{,}48^2 + 16{,}08^2} = \sqrt{5\,550 + 259} = 76{,}2\ \Omega$$

$$I_a = \frac{22\,000\ \text{V}}{76{,}2\ \Omega} = 289\ \text{A}$$

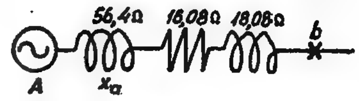


Fig. 19.

e con provenienza da B

$$I_b = \frac{22\,000\ \text{V}}{44\ \Omega} = 500\ \text{A.}$$

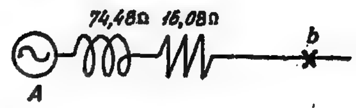


Fig. 20.

Complessivamente dunque il corto circuito trifase nelle sbarre b verrebbe ad essere alimentato con 289 Ampère dal lato A e con 500 dal lato B.

Volendo le correnti delle due linee C e D, occorre fare un passo indietro. Riferendoci alla fig. 15 avremo che la tensione fra i punti a e b sarà:

$$V_{ab} = z_s\, I = 24{,}2 \cdot 289 = 6995\ \text{V}$$

e quindi la corrente I_1 nella linea C è

$$I_1 = \frac{V_{ab}}{z_1} = \frac{6995}{\sqrt{69{,}9^2 + 49{,}9^2}} = \frac{6995}{85{,}9} = 81{,}4\ \text{A}$$

e la corrente I_2 nella linea D:

$$I_2 = \frac{V_{ab}}{z_2} = \frac{6995}{\sqrt{19{,}9^2 + 26{,}7^2}} = \frac{6995}{33{,}3} = 210\ \text{A}$$

In definitiva dunque la distribuzione delle correnti nel caso di corto circuito nel punto b risulta numericamente quella indicata nella fig. 21 e vettorialmente quella riportata nella fig. 23, in una scala tutta particolare della quale si dirà appresso (1).

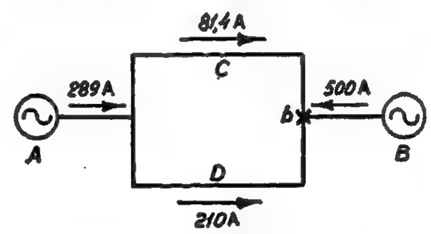


Fig. 21.

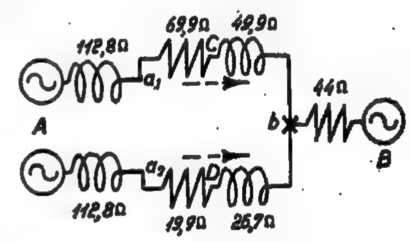


Fig. 22.

b) Calcolo grafico.

Supponiamo la centrale A divisa in due parti uguali, di reattanza doppia, ed immaginiamo che ciascuna metà eroghi la corrente di 1 Ampère. Seguiamo graficamente le cadute di tensione che si creano da A fino in b, dove si suppone che avvenga il corto circuito. Abbiamo (fig. 22):

Percorso	CADUTA	
	ohmica	induttiva
lungo $A\ a_1\ C\ b$ V	69,9	112,8 + 49,9 = 162,7
» $A\ a_2\ D\ b$ V	19,9	112,8 + 26,7 = 139,5

Scelta nel disegno (fig. 23) la **OP** come direzione fondamentale per le correnti, portando nella direzione stessa le cadute ohmiche e normalmente quelle induttive, arriviamo ai punti H e K.

(1) I valori numerici precedenti e quelli che seguono sono ottenuti col regolo da 50 cm.

A solo scopo indicativo si vedono espresse in molti casi 4 ed anche 5 cifre significative mentre per calcoli del genere non è razionale andare oltre i percento.

Questi punti non coincidono, segno che la corrente di 1 Ampère arrivando in b ha creato una condizione di non equilibrio: lungo il percorso $A\, a_1 C b$ ha provocato la caduta **OK** e lungo il percorso $A\, a_2 D\, b$ la caduta **OH**. La differenza vettoriale fra queste due tensioni è **HK** = 55,5 V.

Questa tensione agisce nell'anello e provoca in esso una *corrente di compensazione* I_c che tende a stabilire nel circuito l'equilibrio.

Per avere il valore di questa corrente basta osservare che l'impedenza interna dell'anello è

$$z_i = \sqrt{r_i^2 + x_i^2} = \sqrt{(69{,}9 + 19{,}9)^2 + (49{,}9 + 26{,}7)^2} =$$
$$= \sqrt{8064 + 5868} = 118\ \Omega$$

La corrente di compensazione avrà dunque il valore numerico

$$I_c = \frac{55{,}5\ \text{V}}{118\ \Omega} = 0{,}47\ \text{A}$$

La sua direzione è anche facile a trovare. Basta tracciare un semicerchio con diametro $H\,K$ ed inscrivervi le due cadute interne all'anello, ohmica $r_i\, \mathbf{I}_c$ ed induttiva $x_i\, \mathbf{I}_c$; la direzione che prende $r_i\, \mathbf{I}_c$ è la direzione della $\mathbf{I}_c$. Numericamente risultano:

$$r_i I_c = 89{,}8 \,.\, 0{,}47 = 42{,}2\ \text{V} \qquad x_i I_c = 76{,}6 \,.\, 0{,}47 = 36\ \text{V}$$

Conosciuta la $I_c = 0{,}47$ A anche nella sua direzione **H H₂** il problema è definito.

Basta osservare che le cadute provocate nell'interno dell'anello dalla I_c si suddividono così:

Percorso	Cadute in V	
	ohmiche	induttive
lungo $a_1\, C\, b$	$r_1 I_c = 69{,}9 \,.\, 0{,}47 = 32{,}9$	$x_1 I_c = 49{,}9 \,.\, 0{,}47 = 23{,}45$
lungo $a_2\, D\, b$	$r_2 I_c = 19{,}9 \,.\, 0{,}47 = 9{,}3$	$x_2 I_c = 26{,}7 \,.\, 0{,}47 = 12{,}55$
Totali	42,2	36

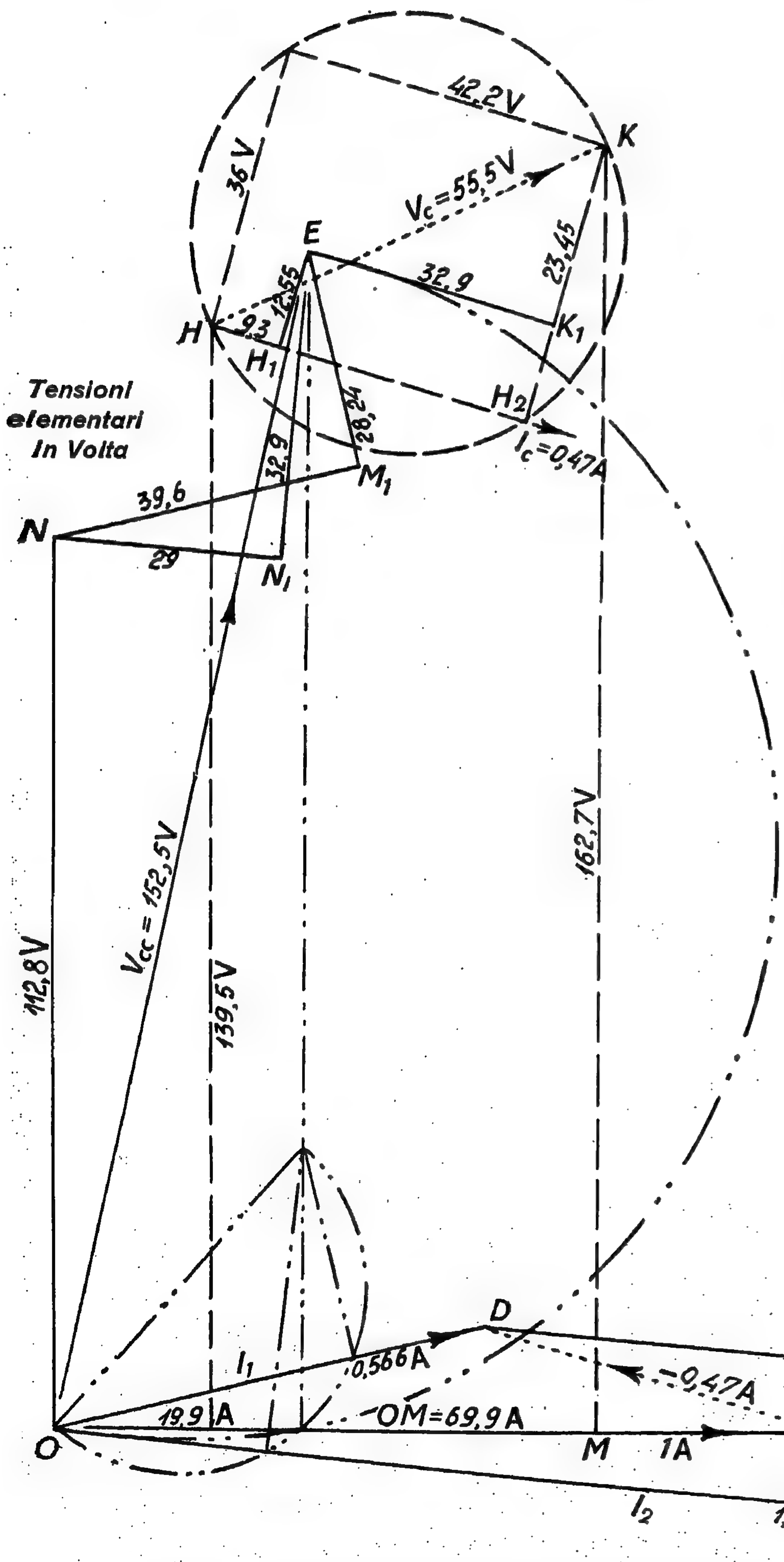
Portando $r_2 \mathbf{I}_c$ lungo **H H₁** ed $x_2 \mathbf{I}_c$ normalmente si arriva al punto E, che collegato con l'origine individua esattamente il vettore $V_{cc} = OE = 152{,}5$ V, tensione di c. c. agente nel punto b qualora i due rami del circuito siano percorsi dalle correnti elementari $\mathbf{I}_1$ ed $\mathbf{I}_2$ risultanti dalla composizione della corrente unitaria **OP** con la corrente di circolazione $\mathbf{I}_c$.

In effetto in b agirà la tensione di 22 kV e per avere le correnti di c. c. effettive occorrerà moltiplicare le intensità che si presentano nel nostro modello per il *fattore di conversione*.

$$f_c = \frac{22\,000}{152{,}5} = 144.$$

Quanto alla distribuzione delle correnti basta sommare e sottrarre nel disegno alla $OP = 1\ A$, la $I_c = 0{,}47\ A$. Si ottengono le due correnti I_1 ed I_2 che percorrono, nell'ipotesi fatta, i due rami dell'anello (figg. 24 e 25). Come prova dell'esattezza del disegno la loro somma geometrica deve dare $OQ = 2$ A.

Moltiplicando queste due correnti elementari per il fattore



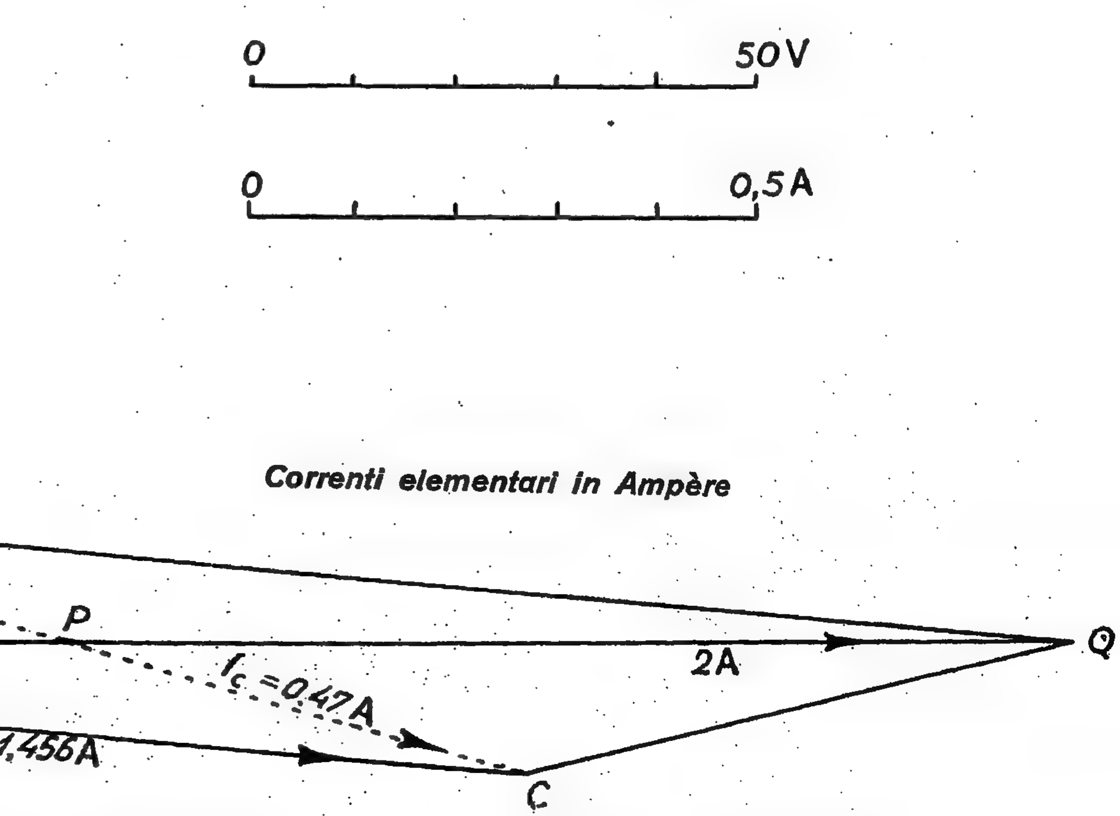


Fig. 23. - Corto circuito sulle sbarre omnibus della centrale B. Confronto dei valori numerici ottenuti col metodo grafico con quelli ricavati analiticamente.

$f_c = 144$ otteniamo le correnti effettive di corto circuito nel punto b, provenienti dalla centrale A (fig. 26).

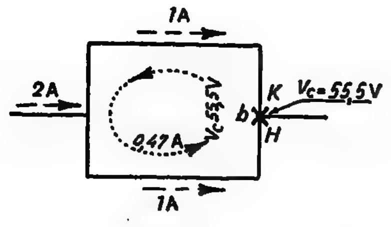


Fig. 24.

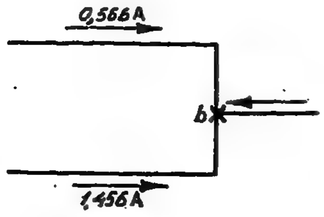


Fig. 25.

Per via analitica avevamo trovato valori praticamente coincidenti (fig. 21). Ciò conferma che il metodo grafico seguito è corretto e dà un'approssimazione più che sufficiente anche quando, nel disegnare si è usata una scala abbastanza grande come nel caso della fig. 23, il cui originale ha avuto dimensioni inferiori a cm² 20 × 20.

Completato il quadro delle correnti, avuto riguardo anche della centrale B, per la quale si ha la corrente elementare $\frac{152,5 \text{ V}}{44 \, \Omega} = 3,465$ A, possiamo riassumerne i valori nelle figg. 27 e 28.

Tornando un momento indietro nella costruzione osserviamo che una volta fatto il primo tentativo e deter-

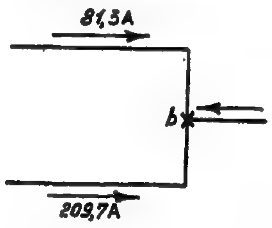


Fig. 26.

minata la corrente di circolazione $I_c = 0,47$ A, si può arrivare al punto E estremo di $\mathbf{V}_{cc}$ partendo da H e som-

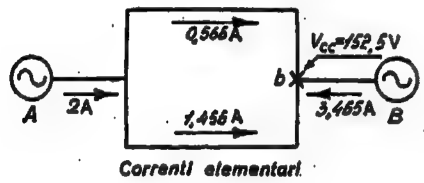


Fig. 27.

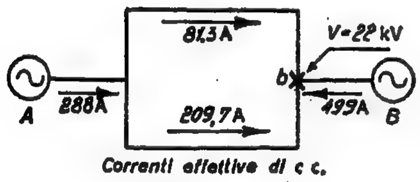


Fig. 28.

mando geometricamente $r_2 I_c = 9,3$ V ed $x_2 I_c = 12,55$ V (com'è stato fatto prima), oppure partendo da K e sommando geometricamente $- r_1 I_c = - 32,9$ V e $- x_1 I_c = - 23,45$ V.

Si può anche individuare E ripartendo dall'origine (v. sempre fig. 23) e sommando direttamente, se si segue la via $A\,a_1\,C\,b_1$, i vettori: $1/2\,\mathbf{x}_a . 1 + (r_1 + x_1)\,\mathbf{I}_1 = \mathbf{ON} + \mathbf{NM}_1 + \mathbf{M}_1\mathbf{E}$,

se si segue la via $A\,a_2\,D\,b$, i vettori: $1/2\,\mathbf{x}_a . 1 + (r_2 + x_2)\;\mathbf{I}_2 = \mathbf{ON} + \mathbf{NN}_1 + \mathbf{N}_1\mathbf{E}$.

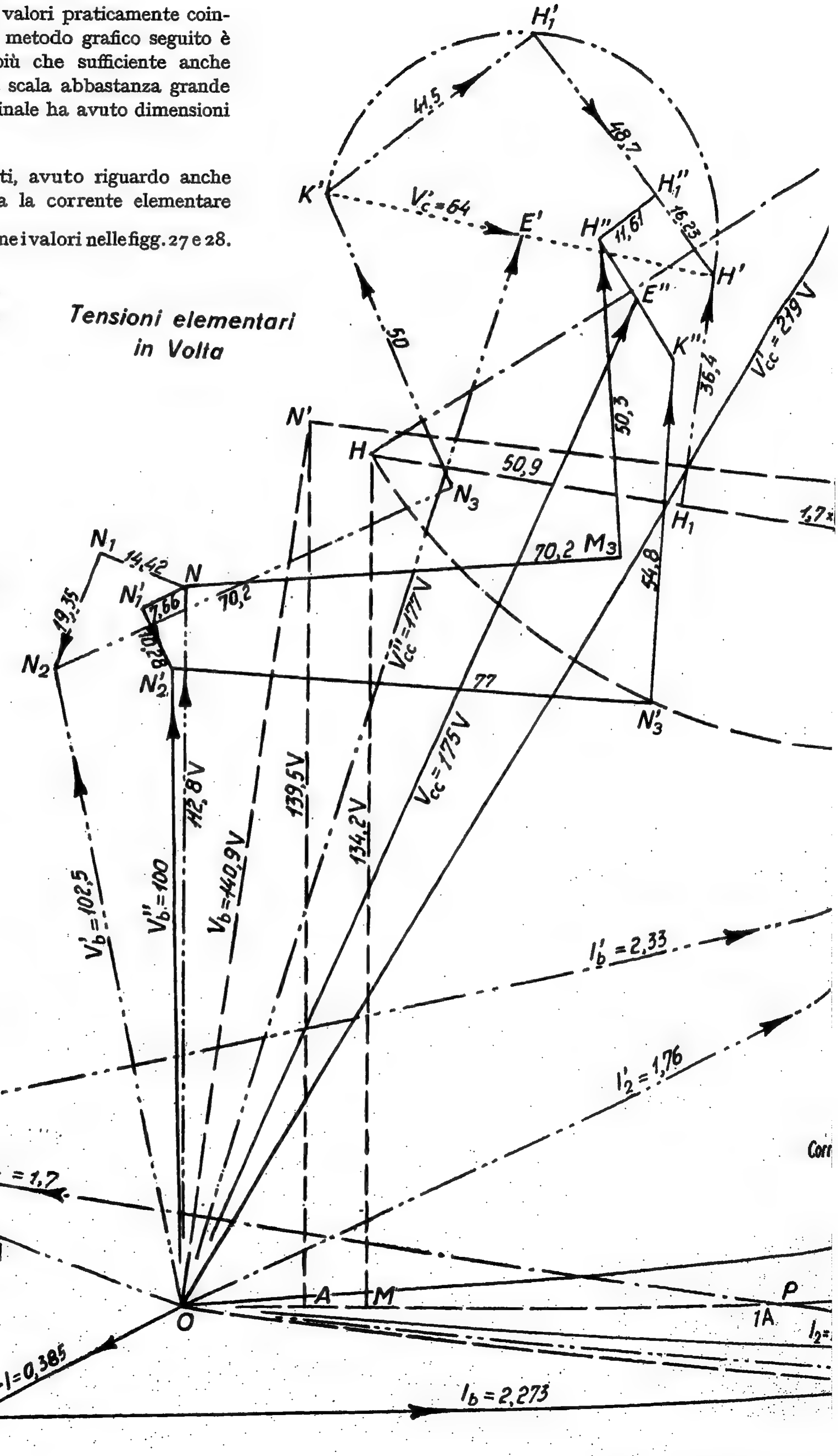
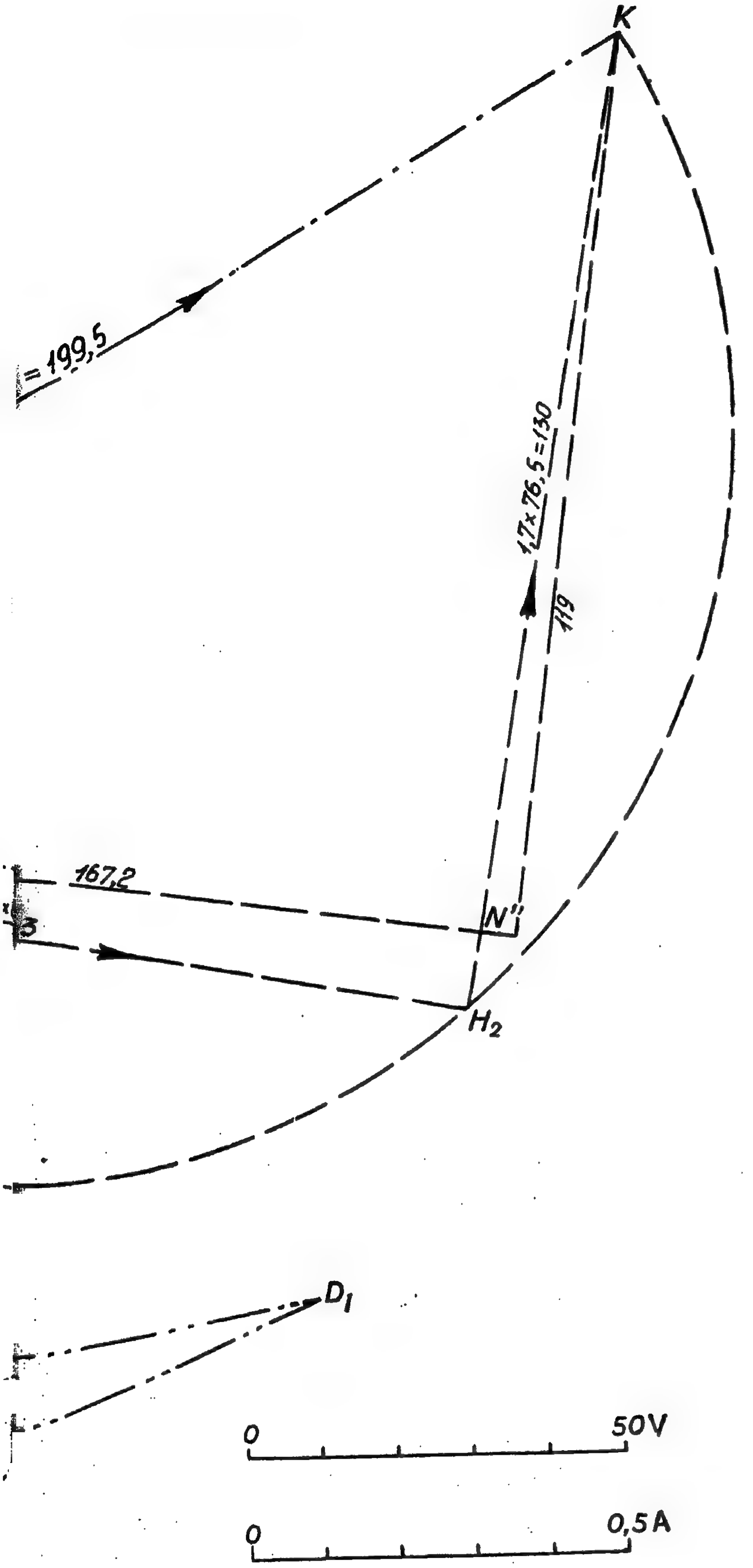


Fig. 31. - Calcolo grafico parz



Per un caso come quello ora risolto, nel secondo tentativo basta fare il percorso di una sola delle due linee partendo da H o da K (conviene graficamente sommare le cadute della linea con impedenza minore) dato che per entrambe si arriva allo stesso punto E, dove vanno a coincidere i due punti H' e K'.

Quando invece si tratta di anello alimentato da più centrali, in cui i punti come H, K.... H', K'.... H'', K'' saranno distinti e per E sarà d'uopo prendere il punto medio del segmento.... H'' K'', occorre naturalmente seguire le cadute di tensione lungo entrambe le linee. In questo caso in pratica è più agevole dal lato grafico nel seguire il percorso diretto come $A\ a_1\ C$ (fig. 9) di partire da H per passare ad H' e ad H'', mentre nel seguire il percorso $A\ a_2\ DbC$ è più facile ripartire ogni volta dalla centrale ch'è stata sezionata, seguire cioè la costruzione come $\mathbf{ON} + \mathbf{N\,N_1} + \mathbf{N_1\,E}$.

Questo particolare apparirà meglio negli esempi successivi. In questo caso sono state segnate tutte e quattro le costruzioni mentre bastava la prima, per la quale le sole linee utili sono quelle indicate nella fig. 6 dalla spezzata $OAHH_1E$.

Riprendendo in esame la stessa fig. 6, notiamo che è costruita in base ai valori numerici sopra ricavati (e riportati nella fig. 23), traduce cioè in disegno in una data scala il caso reale appena trattato. Questa circostanza completa la dimostrazione data al Cap. II dell' identità della soluzione analitica col risultato finale della soluzione grafica.

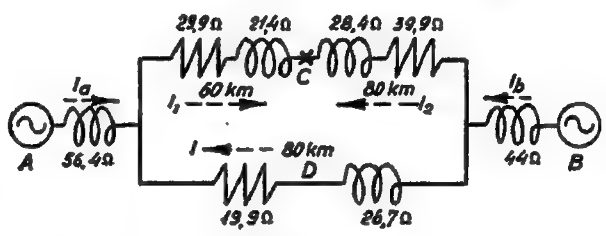


Fig. 29.

Naturalmente la soluzione analitica dà direttamente i valori effettivi delle correnti di corto circuito mentre la soluzione grafica li dà nella scala del disegno moltiplicata per il *fattore di conversione*. Quindi volendo tradurre le due soluzioni nello stesso disegno bisogna prima portare a termine quella grafica in una certa scala e poi riportare i valori della soluzione analitica adottando come scala quella precedente moltiplicata per il *fattore di conversione*, così come è stato fatto appunto nelle figure 6 e 23.

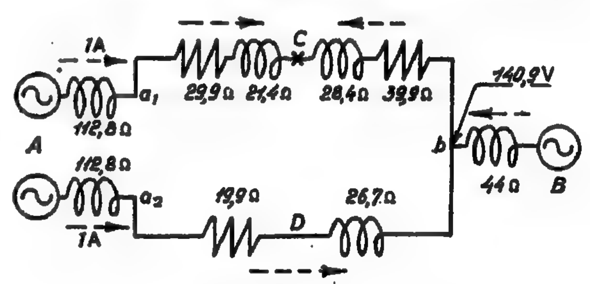


Fig. 30.

3°) *Corto circuito in un punto intermedio della linea C.*

Supponiamo che ad 80 km dalla centrale B si stacchi dalla linea C un'utenza e che nelle sue sbarre di derivazione avvenga un corto circuito.

Come fu detto sin da principio è questo un caso in cui il calcolo analitico delle correnti di c. c. è lungo e fastidioso. Riteniamo particolarmente appropriato il metodo grafico.

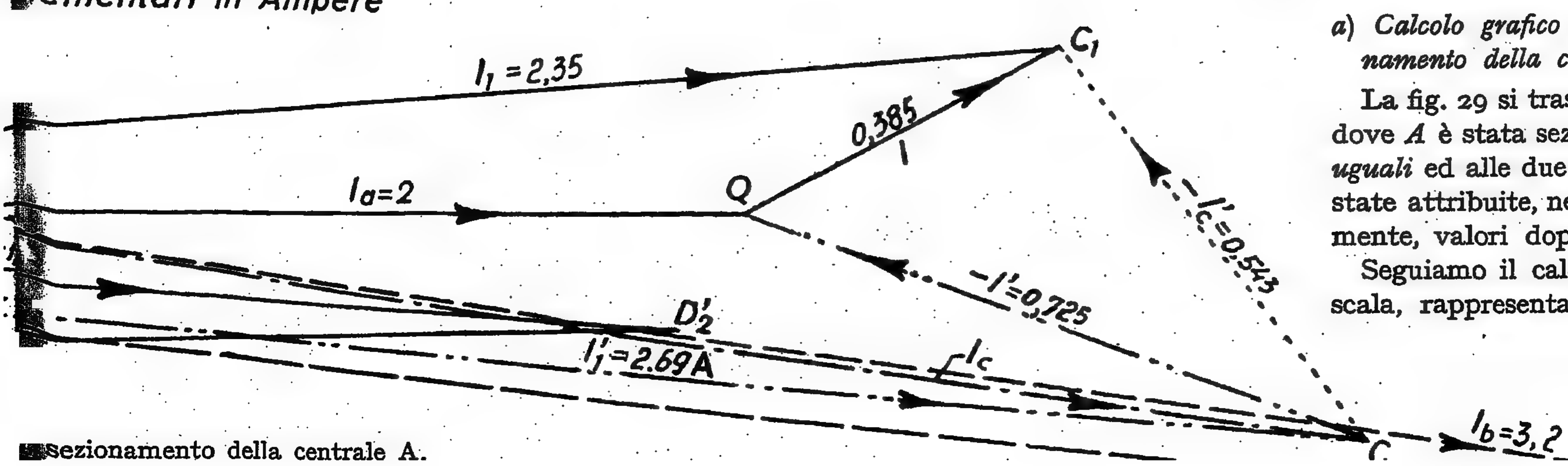
Lo schema presenta nella fattispecie i valori indicati nella fig. 29.

a) Calcolo grafico partendo dal sezionamento della centrale A.

La fig. 29 si trasforma nella fig. 30, dove A è stata sezionata in due parti *uguali* ed alle due mezze centrali sono state attribuite, nello schema naturalmente, valori doppi della reattanza.

Seguiamo il calcolo nel disegno, in scala, rappresentato dalla figura 31.

...elementari in Ampère



...sezionamento della centrale A.

Le due metà della centrale A inviino ciascuna 1 Ampère al punto C, dove avviene il c. c.

Le varie cadute di tensione andando da A verso C per le due vie possibili sono:

	Cadute in V	
	ohmiche	induttive
Lungo $A\ a_1\ C$	29,9	112,8 + 21,4 = 134,2
» $A\ a_2\ D\ b$	19,9	112,8 + 26,7 = 139,5

Le cadute lungo $A\ a_1\ C$ prese la prima lungo la direzione fondamentale per le correnti OP, l'altra normalmente, ci portano al punto H, essendo $OM = 29$ V ed $MH = 134,2$ V.

Le cadute lungo $A\ a_2\ D\ b$ ci portano in N', cosicchè in b si presenta la tensione $\mathbf{V}_b = \mathbf{ON'}$.

Dal disegno si ricava $ON' = 140,9$ V.

Essendoci in b 140,9 V, la centrale B erogherà $I_b = \dfrac{140,9\ \text{V}}{44\ \Omega} =$ $= 3,2$ A, corrente che in figura è stata presa lungo $\mathbf{P\ P_1}$, a 90° in ritardo rispetto alla tensione $\mathbf{O\ N}$.

Sommando la corrente fondamentale di 1 Ampère (in figura è $\mathbf{O\ P}$) che ha percorso $A\ a_2\ b$, con la corrente 3,2 Ampère che proviene da B, abbiamo nella risultante $\mathbf{O\ P_1}$, in valore numerico pari a 4,19 Ampère, la corrente con cui percorrere il tratto $b\ C$. Nel tratto stesso si hanno perciò le seguenti cadute in V:

ohmica	induttiva
39,9 . 4,19 = 167,2	28,4 . 4,19 = 119

che riportiamo nel disegno, la prima secondo $\mathbf{N'N''}$ parallela alla corrente $\mathbf{O\ P_1}$, la seconda su $\mathbf{N''\ K}$ normale.

Il segmento $H\ K$ rappresenta la differenza di tensione che si è prodotta nel punto C.

Nel disegno risulta

$$\mathbf{H\ K} = \mathbf{V}_c = 199,5\ \text{V}$$

e poichè l'impedenza interna dell'anello è

$$z = \sqrt{(19,9 + 29,9 + 39,9)^2 + (26,7 + 21,4 + 28,4)^2} =$$
$$= \sqrt{8046 + 5852} = 117,9\ \Omega$$

si ricava il valore

$$I_c = \frac{199,5}{117,9} = 1,7\ \text{A}$$

della *corrente di circolazione* che nell'interno dell'anello si compone con quella fondamentale di 1 Ampère e tende a stabilire nel circuito la condizione di equilibrio.

Per avere la direzione di $\mathbf{I}_c$ tracciamo nella fig. 31 un semicerchio con diametro $H\ K$ ed inscriviamovi l'angolo retto i cui lati sono proporzionali alla caduta ohmica e a quella induttiva che la corrente I_c stessa provoca nell'interno dell'anello. Essendo le resistenze interne all'anello in Ω le seguenti:

ohmica	induttiva
19,9+29,9+39,9=89,7	26,7+21,4+28,4=76,5,

le cadute in V dovute alla corrente di compensazione I_c sono:

ohmica	induttiva
89,7 . 1,7 = 152,3	76,5 . 1,7 = 130

Dette cadute, riportate in figura, sono i cateti $\mathbf{H\ H_2}$ ed $\mathbf{H_2\ K}$: la direzione $\mathbf{H\ H_2}$ è quella di I_c.

Siamo così pervenuti dopo questo primo tentativo alla distribuzione di correnti rappresentata dalla fig. 32.

Bisogna ora ripetere il cammino di prima partendo ancora dalla centrale A con la corrente unitaria $\mathbf{OP}$ composta dopo a_1 ed a_2 con $\mathbf{I}_c$, nella speranza che si arrivi a due punti H', K' coincidenti o quasi.

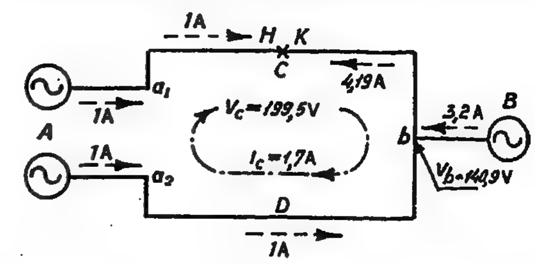


Fig. 32.

Componendo anzitutto nel disegno la $\mathbf{I}_c$ con la corrente $\mathbf{OP}$, otteniamo (figg. 31 e 33) rispettivamente come somma e come differenza:

$\mathbf{I'_1} = \mathbf{O\ P} + \mathbf{P\ C} = \mathbf{O\ C}$, in valore numerico $O\ C = 2,69$ A,

$\mathbf{I'} = \mathbf{O\ P} + \mathbf{P\ D} = \mathbf{O\ D}$, in valore numerico $O\ D = 0,725$ A,

essendo OD negativo e quindi da indicare, agli effetti della corrispondenza con le equazioni vettoriali, con $- I'$.

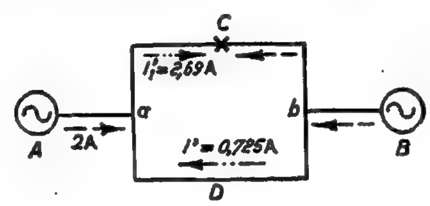


Fig. 33.

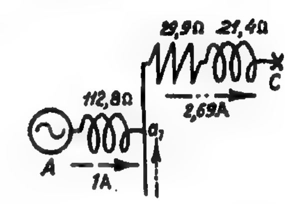


Fig. 34.

Andando da A verso C direttamente la corrente fino ad a_1 è di 1 Ampère e la caduta 112,8 V, dopo a_1 è di 2,69 Ampère e le cadute in V sono (fig. 34):

ohmica	induttiva
29,9 . 2,69 = 80,5	21,4 . 2,69 = 67,6

Per trovare la tensione risultante in C con questa nuova distribuzione di correnti lungo il percorso $A\ a_1\ C$ occorrerebbe dunque sommare partendo da O le tre cadute 112,8, 80,5, 57,6 V nelle tre direzioni $\mathbf{M\ H}$, $\mathbf{O\ C}$ e normale ad $\mathbf{O\ C}$.

Si arriverebbe così ad H'.

Ma per arrivare ad H' più semplicemente basta partire da H e sommare le due cadute che provoca $\mathbf{I}_c$ (fig. 35):

ohmica	induttiva
29,9 . 1,7 = 50,9	21,4 . 1,7 = 36,4

riportandole la prima parallelamente secondo $\mathbf{H\ H_1}$, la seconda normalmente secondo $\mathbf{H_1\ H'}$.

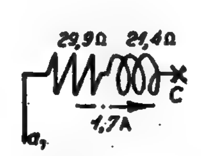


Fig. 35.

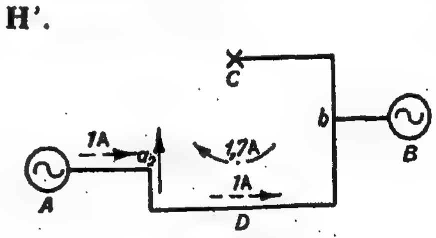


Fig. 36.

Vediamo ora lungo $A\ a_2\ b$ (fig. 36).

Nel tratto $A\ a_2$ la corrente di 1 Ampère provoca la caduta di 112,8 V che portiamo stavolta su $\mathbf{ON}$ normale alla fondamentale $\mathbf{OP}$.

Nel tratto $a_2\ D\ b$ circolano 0,725 Ampère che danno luogo alle cadute (fig. 37):

ohmica	induttiva
0,725 . 19,9 = 14,42	0,725 . 26,7 = 19,35

che portiamo nel disegno della fig. 31 rispettivamente secondo $\mathbf{N\ N_1}$ parallela a $\mathbf{O\ D}$ e secondo $\mathbf{N_1\ N_2}$ normale. La somma $\mathbf{V'_b} = \mathbf{O\ N_2}$, pari in figura a 102,5 V, rappresenta la tensione

affacciata alla centrale B. Questa centrale, equivalente ad una reattanza pura di 44 Ohm, invia perciò verso b la corrente $\mathbf{I'}_b$ numericamente pari a (fig. 38)

$$\frac{102{,}5\ \mathrm{V}}{44\ \Omega} = 2{,}33\ \mathrm{A}$$

normale ed in ritardo rispetto a $\mathbf{V'}_b$, e rappresentata nel disegno da $\mathbf{D\,D_1}$. La somma geometrica.

$$-\mathbf{I'} + \mathbf{I'}_b = \mathbf{O\,D} + \mathbf{D\,D_1} = \mathbf{O\,D_1} = \mathbf{I'_2}$$

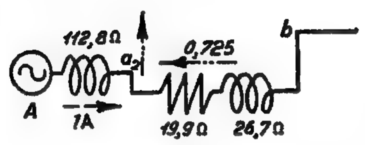


Fig. 37.

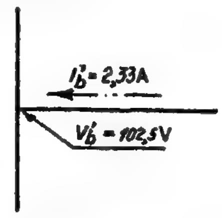


Fig. 38.

pari ad 1,76 A è la corrente risultante con la quale dobbiamo percorrere il tratto $b\ C$.

Lungo tale percorso troviamo le cadute (fig. 39):

ohmica	induttiva
1,76 . 39,9 = 70,2	1,76 . 28,4 = 50

riportate nel disegno secondo $\mathbf{N_2\,N_3}$ ed $\mathbf{N_3\,K'}$, rispettivamente parallela e normale ad $\mathbf{O\,D_1}$.

Come per arrivare ad H' oltre che da O si è visto che si poteva partire più brevemente da H così anche a K' si può passare partendo da K, ma in questo caso, dato il contributo proveniente da B, è preferibile ripartire da O com'è stato fatto.

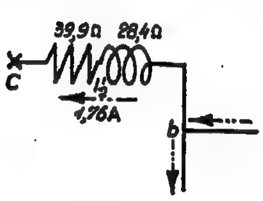


Fig. 39.

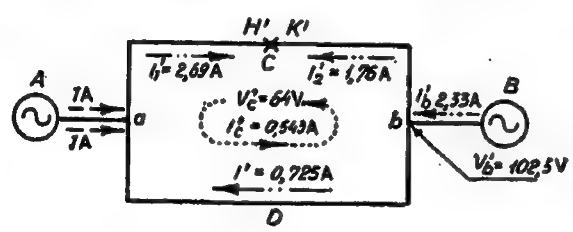


Fig. 40.

Siamo così arrivati alla fine del secondo tentativo che ci ha portati dalla coppia di punti H, K all'altra H', K'. Questi due punti sono ancora notevolmente discosti tra di loro: la distribuzione di correnti ora stabilita non rappresenta quindi una condizione di equilibrio, ma provoca nel punto C una nuova *tensione di compensazione* $\mathbf{V'}_c = \mathbf{K'\,H'}$, la quale a sua volta agendo nell'anello genera la corrente di circolazione $\mathbf{I'}_c$.

Dal disegno, fig. 31, ricaviamo in valore numerico $V'_c = 64$ V, e poichè abbiamo visto essere l'impedenza interna dell'anello $z = 117{,}9$ Ohm, risulta

$$I'_c = \frac{64\ \mathrm{V}}{117{,}9\ \Omega} = 0{,}543\ \mathrm{A}.$$

La direzione di $\mathbf{I'}_c$ si trova come prima, tracciando il semicerchio di diametro $H'\,K'$ ed inscrivendovi l'angolo delle cadute ohmica ed induttiva provocate da $\mathbf{I'}_c$ stessa nell'anello.

Le cadute risultano in valore numerico:

ohmica	induttiva
0,543 . 89,7 = 48,7	0,543 . 76,5 = 41,5

riportate nel disegno secondo $\mathbf{H'\,K'_1}$ e $\mathbf{H'_1\,K'}$. La direzione $\mathbf{H'_1H'}$ è quella di $\mathbf{I'}_c$.

Con questo secondo tentativo siamo così passati dalla distribuzione di correnti rappresentata nella fig. 32 a quella della fig. 40, con una tensione ed una corrente di circolazione ridotte a ca. 1/3 ma ancora tali da rendere opportuno un terzo tentativo.

Per questo componiamo anzitutto $\mathbf{I'_1}$ con $-\mathbf{I'}_c$ e $-\mathbf{I'}$ con I'_c, ossia sommiamo $\mathbf{O\,C}$ con $\mathbf{C\,C_1}$ ed $\mathbf{O\,D}$ con $\mathbf{D\,D_1'}$. Otteniamo le risultanti $\mathbf{I_1} = \mathbf{OC_1}$, $-\mathbf{I} = \mathbf{OD'_1}$, essendo numericamente

$$OC_1 = 2{,}35\ \mathrm{A} \qquad OD'_1 = 0{,}385\ \mathrm{A}$$

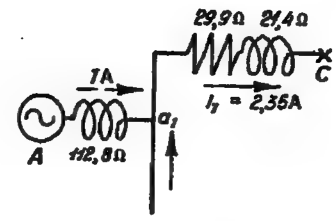


Fig. 41.

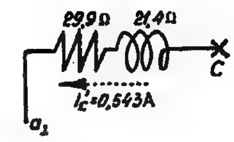


Fig. 42.

e vettorialmente: $\mathbf{OC_1} = \mathbf{I_1} = \mathbf{I'_1} - \mathbf{I'}_c$; $\mathbf{OD'_1} = -\mathbf{I} = -\mathbf{I'} + \mathbf{I'}_c$.

Per arrivare ad H'' possiamo ripartire da O, e sommare le cadute indicate nella fig. 41, riportate nel disegno secondo $\mathbf{ON}$, $\mathbf{N\ M_2}$ ed $\mathbf{M_2\,H''}$, rispettivamente pari a 112,8, 70,2 e 50,3 V. Potremo anche partire da H' ed aggiungere le cadute in V indicate nella fig. 42, dovute alla corrente di circolazione I'_c:

ohmica	induttiva
0,543 × 29,9 = 16,23	0,543 . 21,4 = 11,61

riportate in figura secondo $\mathbf{H'\,H''_1}$ ed $\mathbf{H''_1H''}$, ossia negativamente.

Ripetiamo ora il percorso $A\ a_2\,D\ b$ (fig. 43).

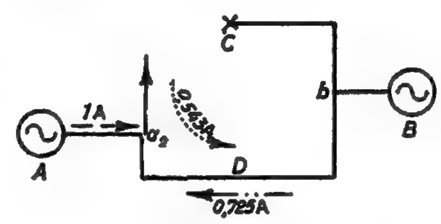


Fig. 43.

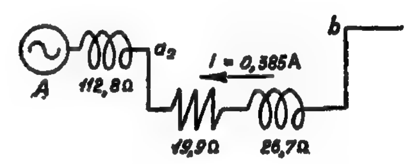


Fig. 44.

Partendo nella fig. 31 dall'origine e sommando le cadute provocate dalla $-\mathbf{I} = \mathbf{OD'_1}$ secondo la fig. 44 risultano le seguenti cadute in V:

	ohmiche	induttive
nel tratto $A\ a_2$	—	1 . 112,8 = 112,8
nel tratto $a_2\ b$	0,385 . 19,9 = 7,66	0,385 . 26,7 = 10,28

rappresentate nel disegno da $\mathbf{ON}$, $\mathbf{N\,N'_1}$ parallela ad $\mathbf{OD'_1}$ ed $\mathbf{N'_1\ N'_2}$ normale. La $\mathbf{O\,N'_2}$ rappresenta la nuova tensione in b, pari a 100 V. Avremo perciò (fig. 45):

$$I_b = \frac{\mathbf{ON'_2}}{\mathrm{x}_b} = \frac{\mathbf{V''}_b}{\mathrm{x}_b} \text{ ed in numeri } \frac{100\ \mathrm{V}}{44\ \Omega} = 2{,}273\ \mathrm{A}$$

normale ed in ritardo rispetto ad $\mathbf{O\ N'_2}$ e riportata nel disegno secondo $\mathbf{D'_1\,D'_2}$, di modo che:

$\mathbf{I_2} = -\mathbf{I} + \mathbf{I}_b$ ossia $\mathbf{OD_2'} = \mathbf{OD'_1} + \mathbf{D'_1\,D'_2}$ rappresenta la corrente nel tratto $b\ C$ che è di 1,93 A.

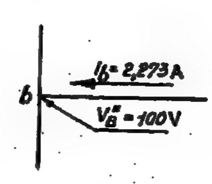


Fig. 45.

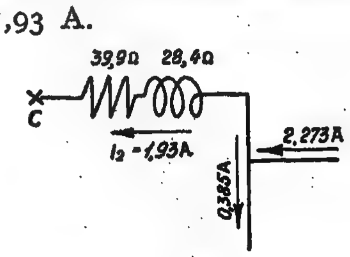


Fig. 46.

Le cadute lungo questo tratto sono perciò (fig. 46):

ohmica	induttiva
39,9 . 1,93 = 77 V	28,4 . 1,93 = 54,8 V

che riportate nella fig. 31 la prima su $\mathbf{N'_2\,N'_3}$ parallela ad $\mathbf{OD'_2}$, la seconda su $\mathbf{N'_3\,K''}$ normale, ci portano al punto K''.

Il problema è così virtualmente risolto. I punti H'' e K'' invero non coincidono ancora, esiste un'ulteriore tensione $\mathbf{V''}_c$ e corrente $\mathbf{I''}_c$ di circolazione pari rispettivamente a 22,5 V ed a

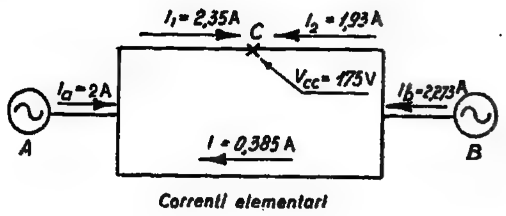


Fig. 47.

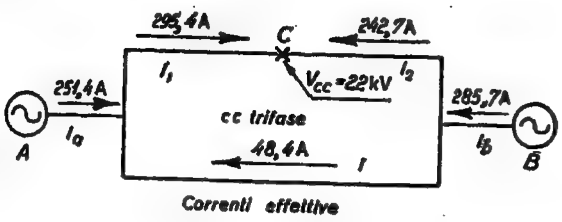


Fig. 48.

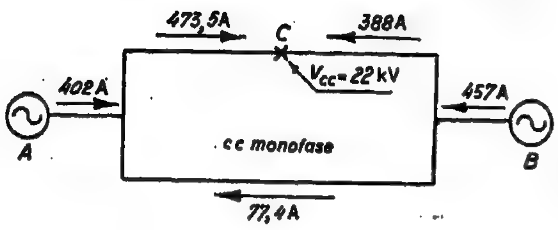


Fig. 49.

$\dfrac{22{,}5\ \text{A}}{117{,}9\ \Omega} = 0{,}19$ A, ma l'effetto di questa può ormai valutarsi con approssimazione più che sufficiente prendendo il punto E'', medio di $H''\,K''$, come estremo del vettore $\mathbf{V}_{cc} = \mathbf{0\ E''}$ che rappresenta la tensione che alimenta il corto circuito permanente nel punto C quando le correnti nei singoli tratti dell'anello sono quelle riassunte dalla fig. 47 in valore numerico e dal disegno della fig. 31 come direzione reciproca.

Dal disegno risulta $\mathbf{0\ E''} = \mathbf{V}_{cc}$ ed in valore numerico $V_{cc} = 175$ V. Si ha perciò il *fattore di conversione*.

$$f_c = \frac{22\,000}{175} = 125{,}7$$

per il quale occorre moltiplicare le correnti elementari della fig. 47 per avere quelle effettive in caso di corto circuito trifase, riassunte nella fig. 48.

Diciamo qui incidentalmente che nel caso di corto circuito fra due fasi molti autori moltiplicano per 1,6 i valori ottenuti per il corto circuito trifase. Nel caso nostro verrebbero cioè assunti i valori indicati nella fig. 49.

Ad esercizio risolto si può fare qualche utile considerazione tra i risultati parziali dei tre tentativi fatti. Alla fine del primo la distribuzione delle correnti elementari è quella rappresentata dalla fig. 32, cui corrisponde nel disegno (fig. 31) una $V'_{cc} = 219$ V e quindi un *fattore di conversione* di $\dfrac{22\,000}{219} = 100{,}4$. Volendoci arrestare dopo il primo tentativo la distribuzione delle correnti sarebbe quindi quella della fig. 50.

Dopo il secondo tentativo le correnti elementari sono quelle indicate nella fig. 40, cui corrispondono una tensione $V''_{cc} =$ $= 177$ V, un *fattore di conversione* $\dfrac{22\,000}{177} = 124{,}3$ e quindi le correnti effettive della fig. 51.

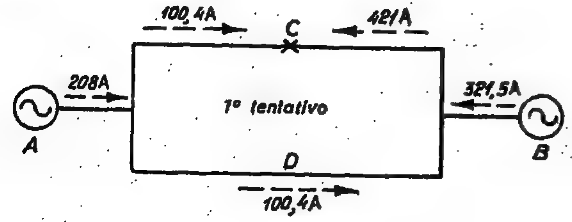


Fig. 50.

Ora dal confronto delle figure 50, 51 e 48 e dal disegno della fig. 31 si vede che il primo tentativo deve considerarsi come totalmente lontano dal vero e fra l'altro dà (in questo caso) una direzione sbagliata, per la corrente lungo la linea D. Il secondo tentativo può invece ritenersi di prima approssimazione, con i vettori in valore e direzione non troppo discosti dal vero. Col

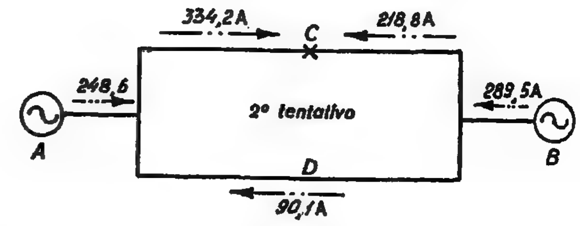


Fig. 51.

terzo tentativo si arriva infine a valori che sono praticamente esatti, come vedremo anche in base alle soluzioni seguenti.

b) Calcolo grafico partendo dal sezionamento della centrale B.

Ripetiamo il calcolo per il caso di corto circuito nel punto C partendo dal sezionamento della centrale B allo scopo di far vedere che si arriva praticamente agli stessi risultati di prima, ciò che conferma l'attendibilità del metodo e dimostra la sua grande approssimazione.

Procediamo speditamente, avendo ormai imparato il meccanismo, riferendoci al disegno della fig. 53.

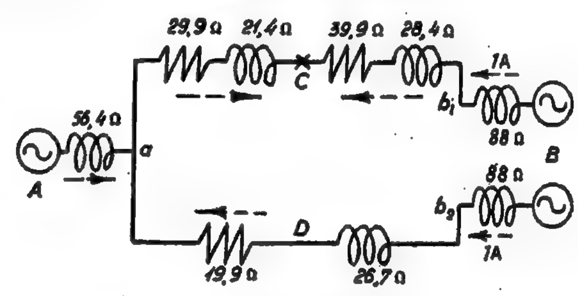


Fig. 52.

Abbiamo (v. fig. 52) le seguenti cadute in V:

	ohmiche	induttive	
Lungo $B\,b_1\,C$	39,9	88+28,4=116,4	che portano al punto H
» $B\,b_2\,a$	19,9	88+26,7=114,7	che portano al punto N'

tensione in a $\mathbf{V_a} = \mathbf{0N'}$, in valore numerico 116,5 V.

La centrale A invia la corrente $\dfrac{116{,}5}{56{,}4} = 2{,}07$ A, normale ad $\mathbf{0N'}$ e che composta con $\mathbf{0P}$ pari ad 1 Ampère dà la risultante $\mathbf{0\ P_1}$ pari a 3,06 A. Questa corrente provoca nel tratto $a\ C$ le cadute in V:

ohmica	induttiva
29,9.3,06 = 91,5	21,4.3,06 = 65,5

che portiamo la prima parallelamente ad $\mathbf{0P_1}$ in $\mathbf{N'\ N''}$, la seconda normalmente in $\mathbf{N''\ K}$.

Otteniamo $\mathbf{HK} = \mathbf{V}_c$; $V_c = 95$ V, ed essendo l'impedenza interna z dell'anello 117,9 Ω, si ha

$$I_c = 0{,}806\ \text{A}$$

Abbiamo così ottenuto la distribuzione di correnti elementari indicata nella fig. 54.

Per avere la direzione di $\mathbf{I}_c$ calcoliamo le cadute che essa provoca nell'interno dell'anello, dove abbiamo:

resistenza ohmica	caduta ohmica in V	resistenza induttiva	caduta induttiva in V
89,7	89,7.0,806=72,3	76,5	76,5.0,806=61,7.

La $\mathbf{I}_c$ prende la direzione $\mathbf{H\ H_1}$.

Passiamo al secondo tentativo.

Sommando la corrente fondamentale di 1 Ampère con la corrente di circolazione $I_c = 0{,}806$ Ampère, risulta, in valore

numerico (fig. 55), come somma, 1,805 Ampère = OC, come differenza 0,217 Ampère = OD.

Lungo Bb_1 (fig. 56) si ha ancora la caduta induttiva 1.88 = 88 V

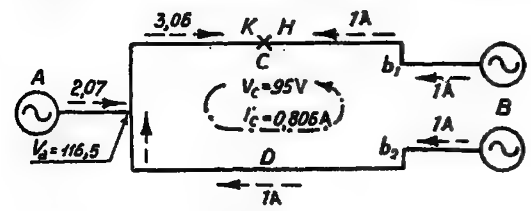


Fig. 54.

normale alla fondamentale **OP** che portiamo partendo da O in **O N'**; lungo $b_1 C$ ci sono poi le cadute in V:

ohmica	induttiva
39,9 . 1,805 = 72	28,4 . 1,805 = 51,25

che portiamo la prima lungo **N M₂** parallela ad **O C**, la seconda in **M₂ H'** normalmente.

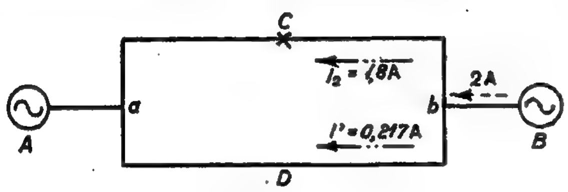


Fig. 55.

Nel tratto $B b_2 a$ abbiamo, dopo la caduta in centrale di 88 V, quelle lungo $b_2 a$ dovute alla corrente OD = 0,217 Ampère (fig. 57)

19,9 . 0,217 = 4,32 V   26,7 . 0,217 = 5,8 V

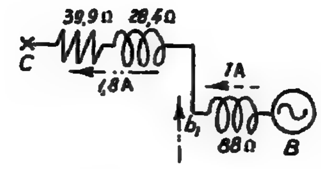


Fig. 56.

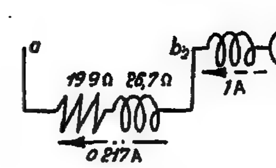


Fig. 57.

che prendiamo in **N N₁** ed **N₁ N₂** parallelamente e normalmente ad **O D**.

Il vettore **O N₂** è la tensione in a, pari a 95,5 V. Perciò da A proviene la corrente $\frac{95,5}{56,4}$ = 1,694 A (fig. 58) ch'è normale ad **ON₂** e che sommiamo ad **O D**. La risultante è **I'₁ = O D₁**, in valore numerico OD_1 = 1,79 A.

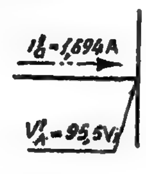


Fig. 58.

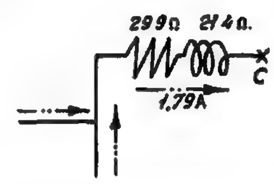


Fig. 59.

Tra a e C ci sono perciò le cadute in V (fig. 59):

ohmica	induttiva
1,79 . 29,9 = 53,55	1,79 . 21,4 = 38,3

che van prese l'una in **N₂ N₃** parallela ad **O D₁**, l'altra lungo **N₃ K'** normale.

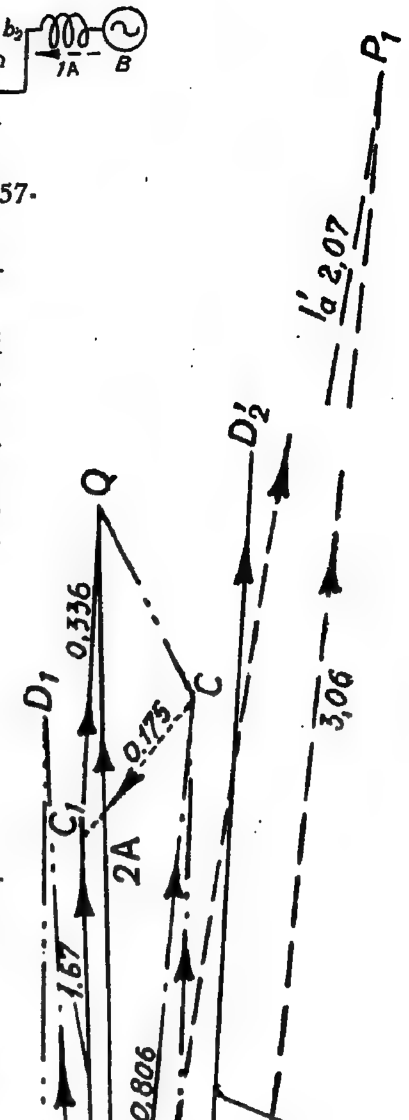
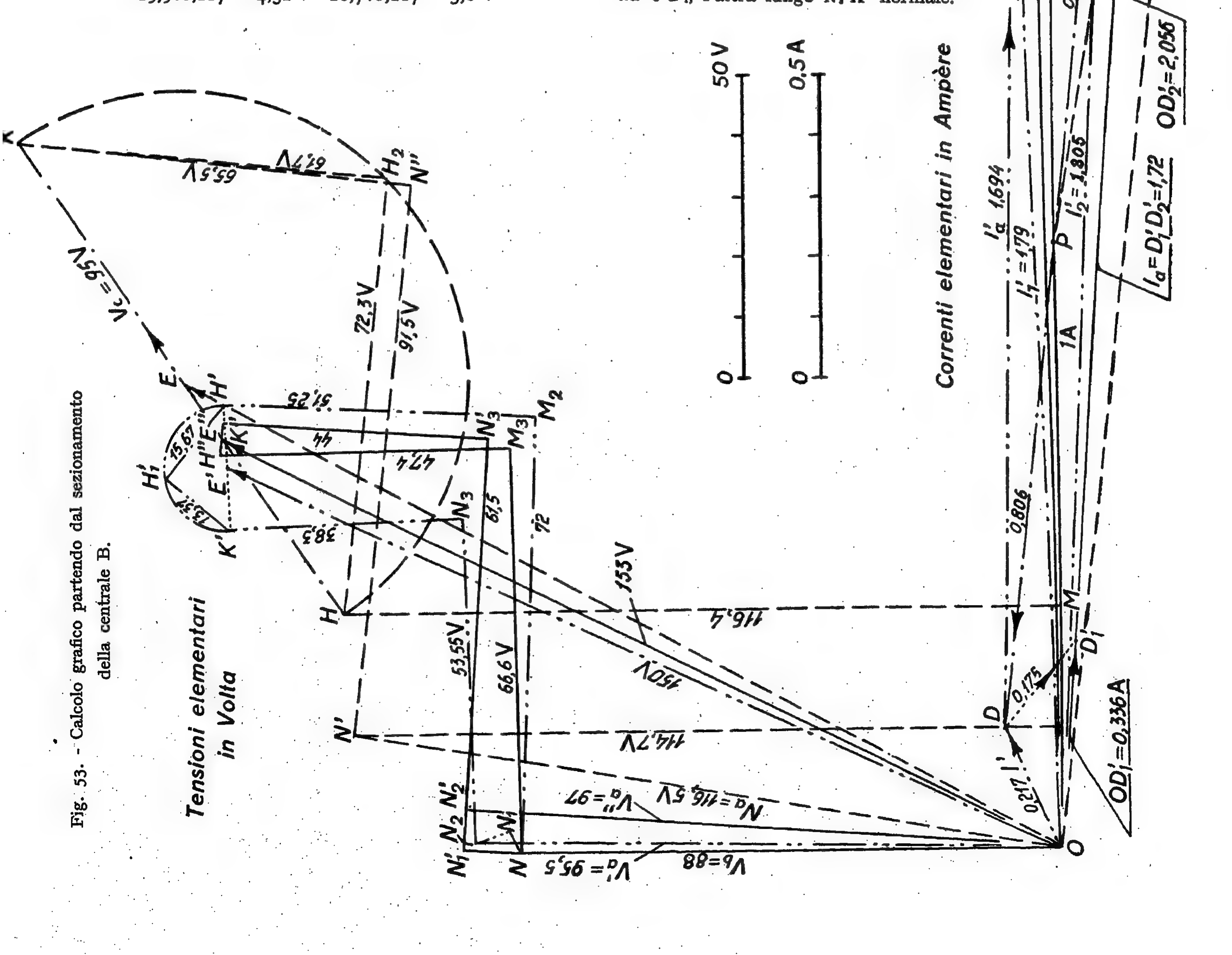



Fig. 53. - Calcolo grafico partendo dal sezionamento della centrale B.

La distribuzione delle correnti elementari alla fine di questo secondo tentativo è riassunta numericamente nella fig. 60, dove compaiono anche la tensione di circolazione $\mathbf{V'_c} = \mathbf{K'H'}$ che dal disegno (fig. 53) risulta pari a 20,6 V e la I'_c nell'interno del l'interno dell'anello pari a $\frac{20{,}6\ V}{117{,}9\ \Omega} = 0{,}175$ A.

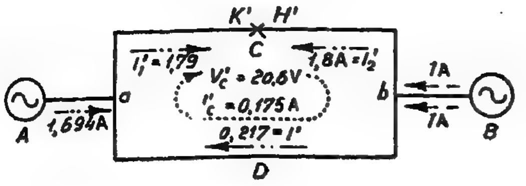


Fig. 60.

I due punti H' e K' sono così vicini che si sarebbe tentati di fermarsi assumendo il punto medio E' come estremo del vettore V'_{co}. Così facendo sarebbe: $O E' = V'_{cc} = 150$ V e quindi $f'_c = \frac{22\,000}{150} = 146{,}7$ ed infine moltiplicando per questo coefficente le correnti elementari della fig. 60 si avrebbero le correnti

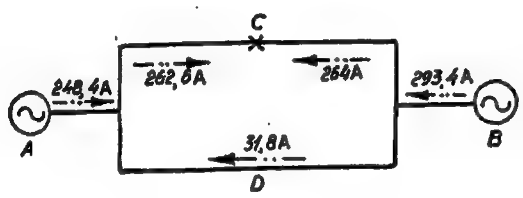


Fig. 61.

effettive di c. c. della fig. 61. Questi valori invero sono lungo le linee C e D parecchio discosti da quelli della fig. 48, ch'erano stati assunti come definitivi.

Procediamo perciò al 3° tentativo, per vedere se la distribuzione delle correnti varia sensibilmente, riferendoci sempre al disegno della fig. 53.

La corrente di circolazione $I'_c = 0{,}175$ A genera le cadute interne all'anello espresse in V:

ohmica	induttiva
0,175.89,7=15,67	0,1747.76,5=13,37

che portiamo in $\mathbf{H'H'_1}$ ed in $\mathbf{K'H'_1}$. La direzione $\mathbf{H'_1H'}$ è quella di $\mathbf{I'_c}$.

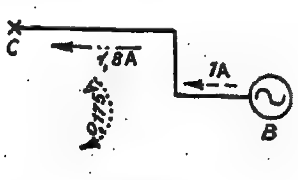


Fig. 62.

Partendo da B verso C abbiamo sempre la caduta induttiva $O\,N = 88$ V, poi le cadute

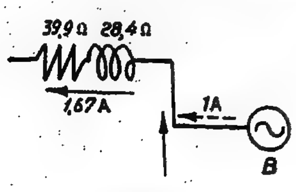


Fig. 63.

provenienti dalla risultante di 1,8 A con 0,175 A (fig. 62), ossia di $\mathbf{O\,C} + \mathbf{C\,C_1} = \mathbf{O\,C_1}$ che risulta di 1,67 A. Questa corrente genera le cadute (fig. 63) in V:

ohmica	induttiva
1,67.39,9=66,6	1,67.28,4 = 47,4

che portate dopo $\mathbf{O\,N}$ l'una parallela ad $\mathbf{OC_1}$ l'altra normale ci conducono in H''.

Partendo da B verso D (fig. 64) componiamo (fig. 53) $\mathbf{OD}$

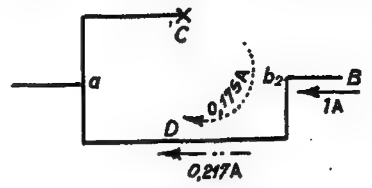


Fig. 64.

con $\mathbf{D\,D'_1}$. La risultante $\mathbf{OD'_1}$ in valore numerico 0,336 A, provoca lungo $b_2\,a$, le cadute (fig. 65) in V:

ohmica	induttiva
0,336.19,9=6,68	0,336.26,7=8,97

che portiamo in $\mathbf{N\,N_1'}$ ed $\mathbf{N_1'N_2'}$, rispettivamente normale e parallela ad $\mathbf{O\,D'_1}$.

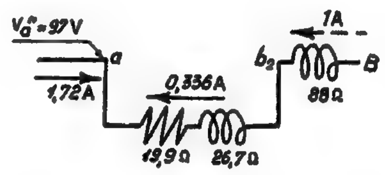


Fig. 65.

La $\mathbf{O\,N'_2}$ è la tensione che si presenta davanti alla centrale A, la quale invia la corrente $I_a = \frac{97}{56{,}4} = 1{,}72$ A normale ad $\mathbf{O\,N_2'}$ e che sommata ad $\mathbf{O\,D'_1}$ dà $\mathbf{O\,D_2'}$ (nella fig. 53, $\mathbf{O\,D'_1}$ e $\mathbf{D'_1\,D'_2}$ risultano sulla stessa direzione).

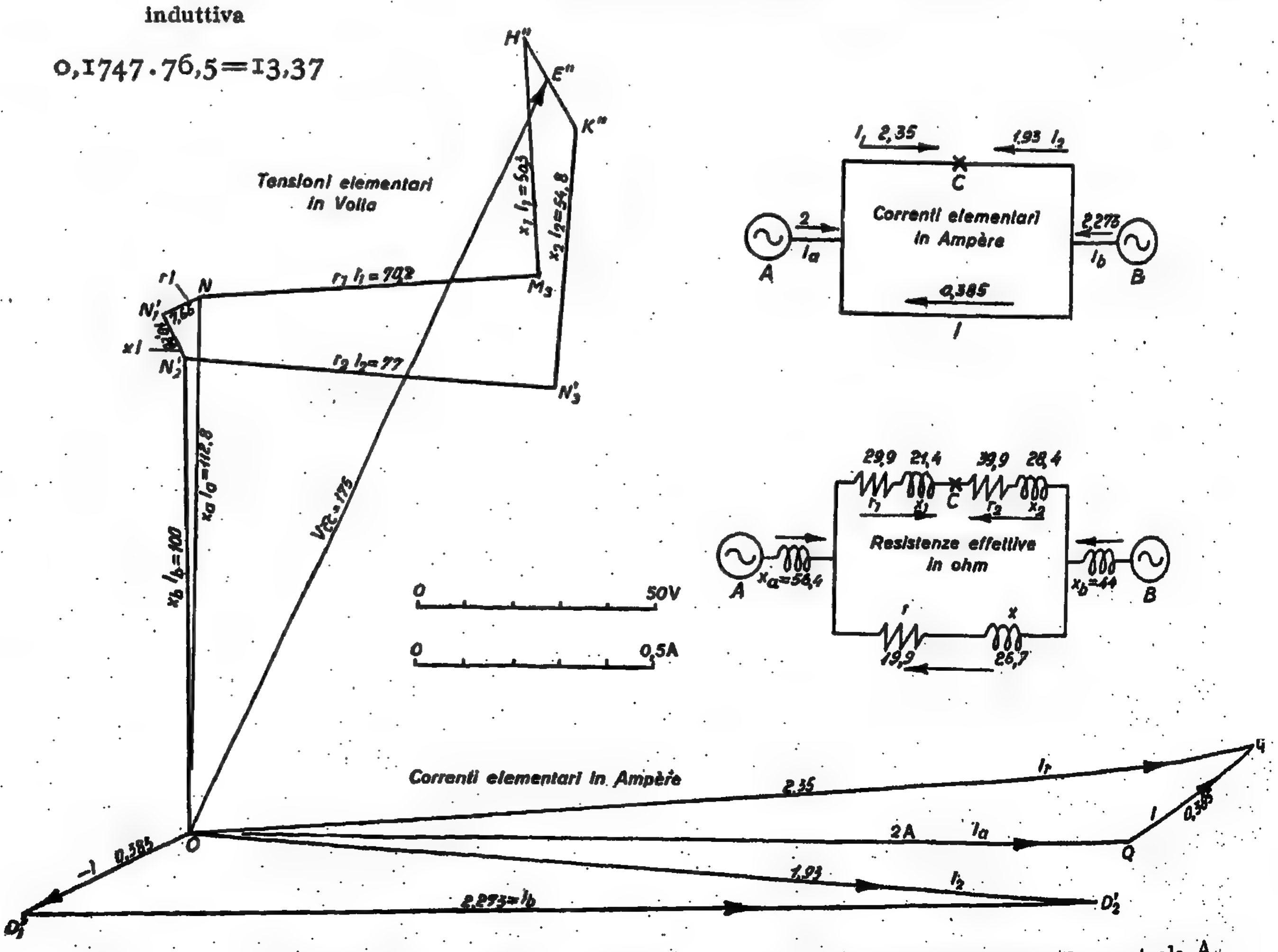


Fig. 69. - Terzo tentativo del calcolo grafico partendo dal sezionamento della centrale A.

La $O D_2' = 2{,}056$ A crea tra a e C le cadute (fig. 66) in V:

ohmica	induttiva
29,9×2,056=61,5	21,4.2,056=44

che riportate in $N_2'N_3'$ ed $N_3'K''$ ci conducono a K''.

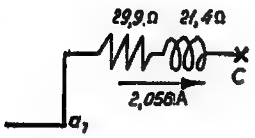


Fig. 66.

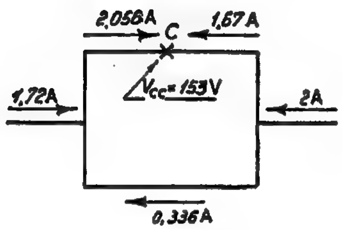


Fig. 67.

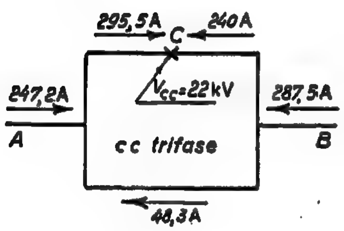


Fig. 68.

Una osservazione utile possiamo fare anche dal confronto delle figure 61 e 68 ottenute alla fine del secondo e del terzo tentativo. Pur essendo i punti E' ed E'' nel disegno (fig. 53) molto vicini tra di loro, c'è una notevole differenza nelle correnti di c. c. intorno al punto C nei due casi. Come fu detto dianzi, essendo H' e K' poco discosti potevano sembrare suffi-

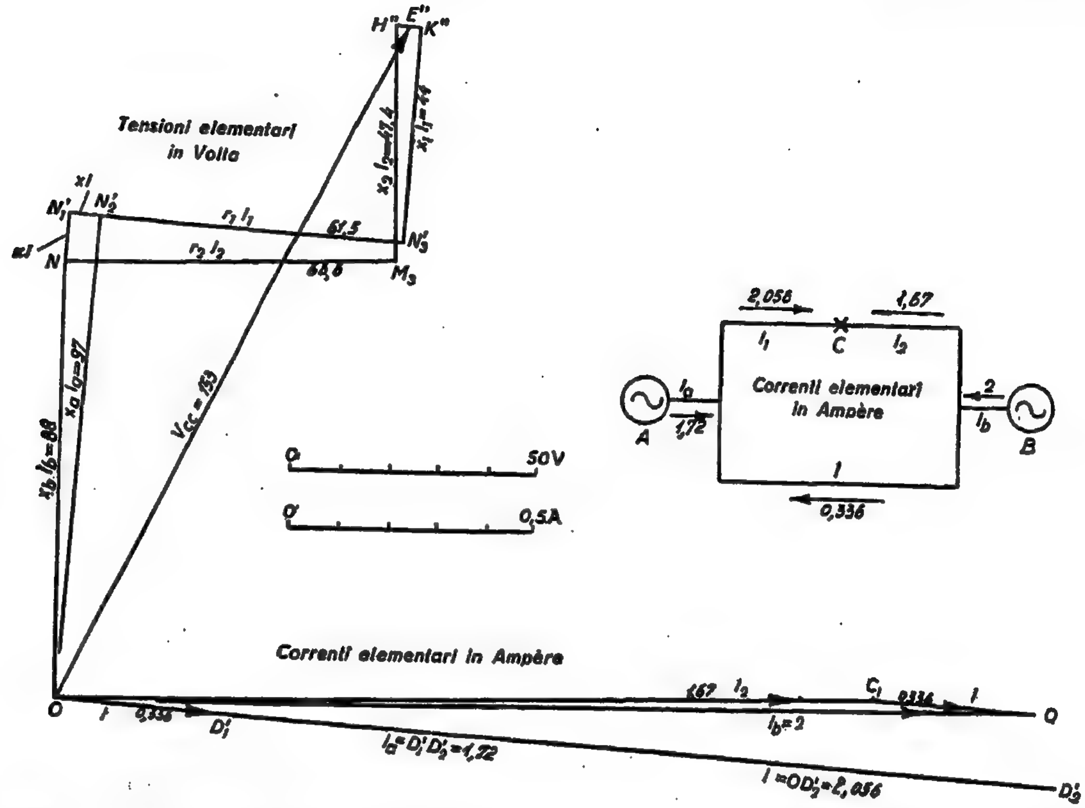


Fig. 70. - Terzo tentativo del calcolo grafico partendo dal sezionamento della centrale B.

Il segmento H'' K'' è, dopo questo 3° tentativo, veramente trascurabile.

Il punto medio E'' dista da O 153 V sicchè risulta

$$f_c = \frac{22000}{153} = 143{,}7$$

e la distribuzione delle correnti elementari, ch'è riassunta nella fig. 67, si trasforma in quella delle correnti effettive nel caso di corto circuito in C con tensione 22 kV, riportata nella fig. 68.

Confrontando le figg. 48 e 68 si vede che sia partendo dal sezionamento della centrale A che partendo dal sezionamento della centrale B siamo arrivati praticamente agli stessi valori cienti 2 tentativi: invece non è stato così, ed il terzo tentativo, pur avendo condotto ad un punto E'' poco discosto da E', ha però variato notevolmente la distribuzione delle correnti.

Concludiamo dicendo che la pratica dimostra che tranne casi particolari il terzo tentativo è sempre utile e possiamo anche dire che tre tentativi sono sempre sufficienti.

Stralciamo dalle figg. 31 e 53 l'ultimo tentativo fatto riportandolo nelle figg. 69 e 70 delle quali ci gioveremo in seguito.

ING. CELESTINO LAMPIS

ISTITUZIONE ELETTROTECNICA « C. ERBA »
DEL R. POLITECNICO DI MILANO.

La nuova Centrale termo-elettrica di Porto Empedocle, della Società Generale Elettrica della Sicilia, e l'attrezzatura elettrica della zona centrale siciliana (1)

Generalità.

L'approvvigionamento dell'energia elettrica in Sicilia ha avuto, come è logico, il suo sviluppo iniziale in corrispondenza ai centri di maggiore vitalità economica ed alle zone di più intensa popolosità.

Si è così che sino dal 1909, costruiti i primi impianti idroelettrici del Cassibile e dell'Alcantara, la Società Elettrica della Sicilia Orientale (SESO), ora Società Generale Elettrica della Sicilia, provvide alla prima rete di distribuzione d'energia nell'Isola, rete che interessava la regione costiera orientale ed i centri urbani di Messina, Catania e Siracusa.

Altri Enti provvedevano frattanto al servizio d'energia della città di Palermo e man mano, ma quasi sempre con iniziative singole, di altri minori centri dell'Isola.

Nel 1919 la Società Generale Elettrica della Sicilia (SGES), venuta in possesso dell'Azienda di Palermo, iniziò subito e portò a termine la costruzione, anche in quella zona, di un importante impianto idroelettrico di produzione, quello del Belice, e si prospettò quel programma di attrezzatura elettrica della zona occidentale che ha trovato soltanto negli ultimi anni il suo reale sviluppo.

Come risulta all'evidenza dallo schema generale degli impianti (v. fig. 2) la Sicilia presenta, oltre alle due zone, Orientale ed Occidentale, un'altra zona ben definita, di discreta vitalità economica e relativa fittezza di popolazione, che comprende le Provincie di Agrigento, Caltanissetta ed Enna ed i maggiori centri minerari solfiferi dell'Isola.

In questa zona la SGES non aveva sino al 1925 costituito alcun suo interesse, ma intorno a quest'epoca il Ministero dell'Economia Nazionale e l'Ente Autonomo per il Progresso dell'Industria dello Zolfo in Sicilia, invitarono la Società ad interessarsi dell'approvvigionamento dell'energia elettrica alle Miniere, ritenendosi tale fatto come di essenziale importanza per diminuire il costo di produzione dello zolfo e per dare la possibilità di nuove proficue ricerche.

La distanza dei propri centri di produzione, orientali ed occidentali, e le condizioni prospettate per la distribuzione, non erano invero di allettamento a questa nuova impresa industriale, ma il senso di civismo, esplicantesi per la SGES con la volontà di servire in modo totalitario gli interessi siciliani che ad essa facciano appello, vinse ogni considerazione economica e la Società strinse con l'Ente Autonomo un contratto per il quale si impegnava di provvedere, a determinate condizioni, l'energia elettrica occorrente alle miniere solfifere siciliane.

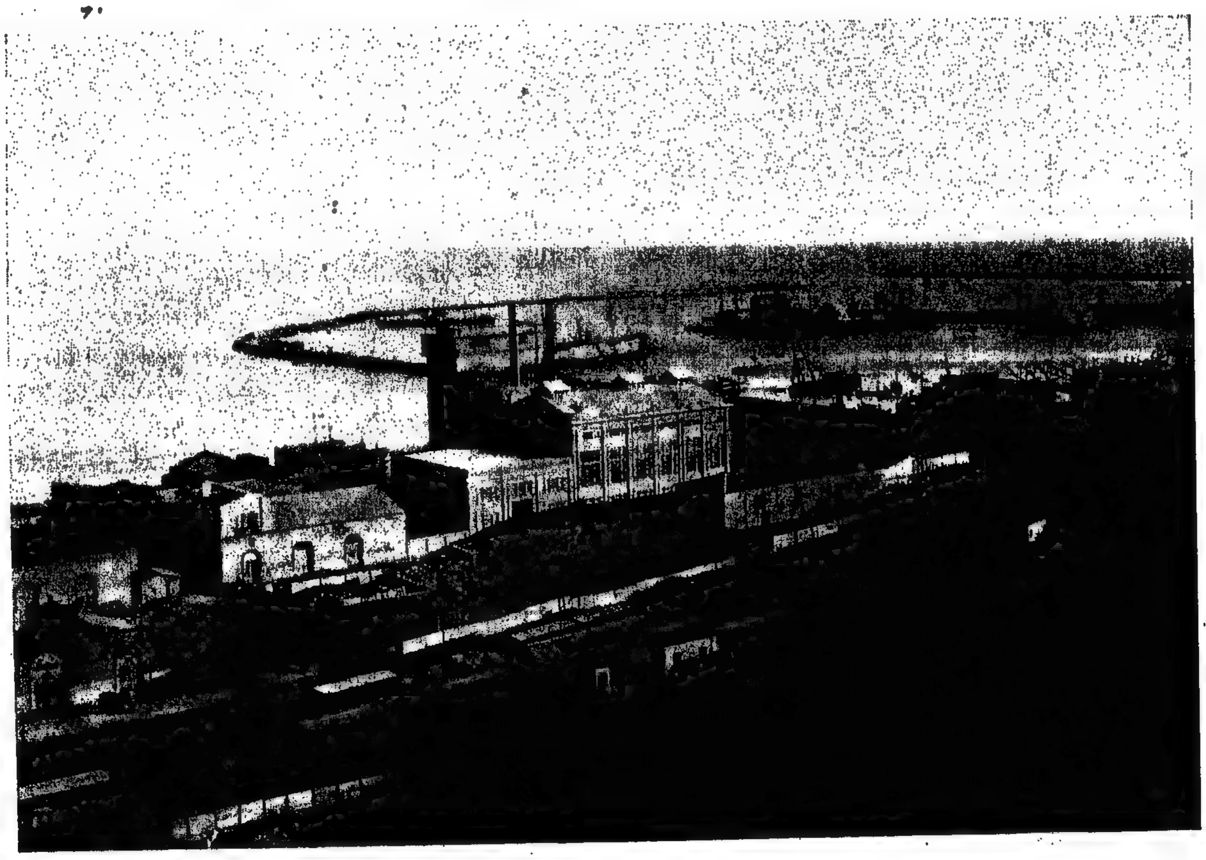


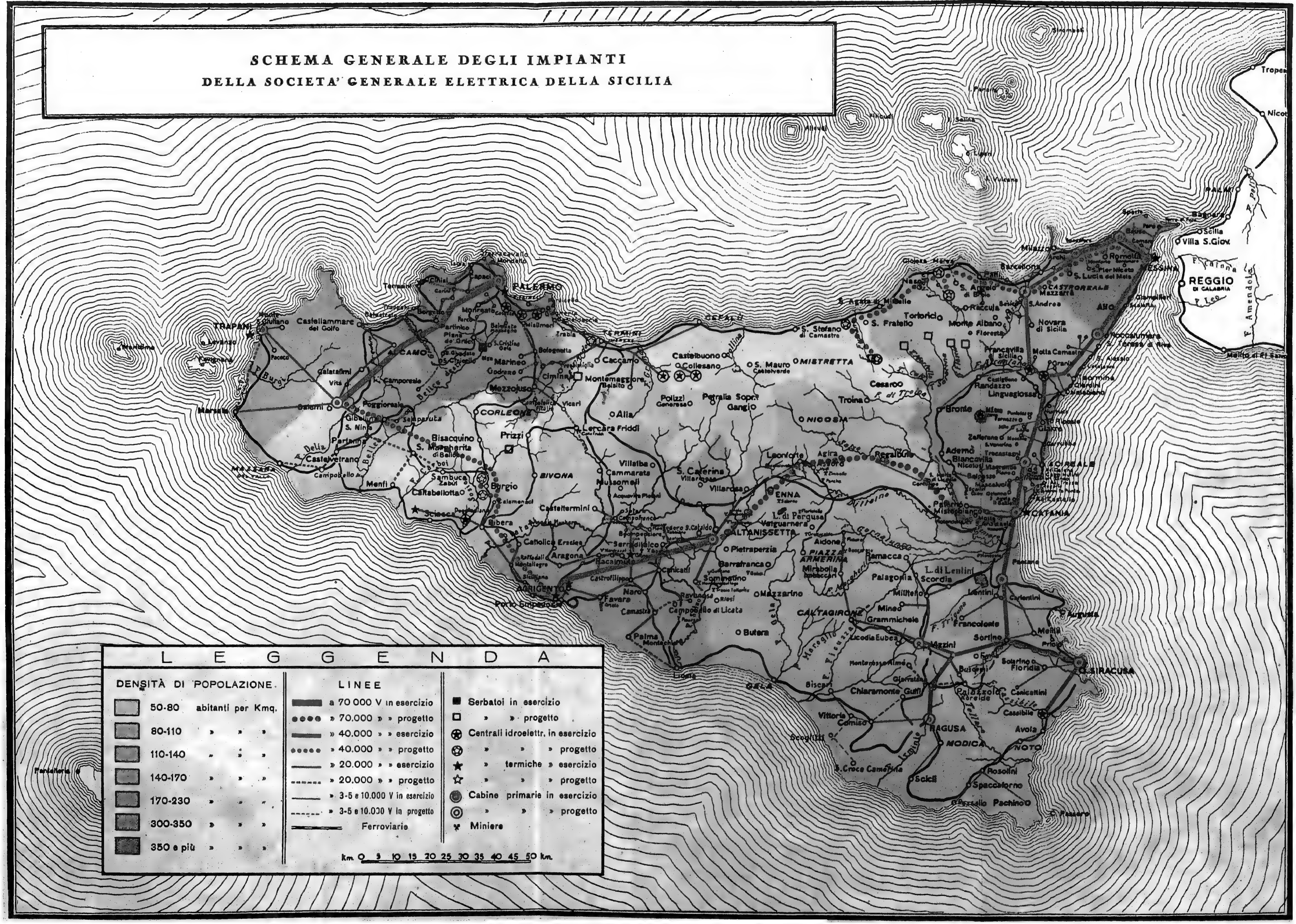
Fig. 1. - Veduta generale della Centrale e del porto di Porto Empedocle.

Da questo momento la politica della SGES si fece naturalmente più attiva in tutta questa zona centrale dell'Isola al fine di realizzare la formazione di una nuova entità aziendale analoga a quelle già esistenti nelle due zone, orientale ed occidentale.

Il problema di approvvigionare di energia questa zona fu quindi in tale occasione largamente dibattuto e particolarmente fu esaminata la convenienza del collegamento elettrico fra le zone orientale ed occidentale, che avrebbe dato anche la opportunità di alimentare la nuova rete mediante qualche ampliamento degli esistenti impianti produttori. La scrupolosa compulsazione di tutti gli elementi in giuoco condusse a scartare tale soluzione ed a concretare quella adottata, che è imperniata sulla costruzione di una nuova centrale termo-elettrica in Porto Empedocle.

Si è creato con ciò un terzo centro di produzione termica, situato come gli altri due in riva al mare per la opportunità dei servizi di acqua e di carbone.

(1) Le note pubblicate sono state trasmesse dagli Uffici Tecnici della Società Generale Elettrica della Sicilia.


SCHEMA GENERALE DEGLI IMPIANTI
DELLA SOCIETA' GENERALE ELETTRICA DELLA SICILIA
LEGGENDA
DENSITÀ DI POPOLAZIONE
50-80 abitanti per Kmq.
80-110
110-140
140-170
170-230
300-350
350 e più
LINEE
a 70 000 V in esercizio
» 70.000 » » progetto
» 40.000 » » esercizio
» 40.000 » » progetto
» 20.000 » » esercizio
» 20.000 » » progetto
3-5 e 10.000 V in esercizio
3-5 e 10.000 V in progetto
Ferroviarie
Serbatoi in esercizio
» » progetto
Centrali idroelettr. in esercizio
» » » progetto
» termiche » esercizio
» » » progetto
Cabine primarie in esercizio
» » » progetto
Miniere
km 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 km.
PALERMO
TRAPANI
Marsala
ALCAMO
CORLEONE
CEFALÙ
TERMINI
MISTRETTA
NICOSIA
CALTANISSETTA
ENNA
AGRIGENTO
CALTAGIRONE
GELA
RAGUSA
MODICA
NOTO
SIRACUSA
CATANIA
ACIREALE
MESSINA
REGGIO DI CALABRIA
Milazzo
Barcellona
Augusta
Licata
Sciacca
Castelvetrano
Mazzara
Pantelleria
Stromboli
Lipari
Vulcano
Salina
Alicudi
Filicudi
Bronte
Randazzo
Scicli
Vittoria
Comiso
Lentini
Piazza Armerina
Leonforte
Regalbuto
Troina
Avola
Pachino

Le tre zone di interesse della SGES sono quindi tutt'ora separate elettricamente fra di loro, come lo sono di fatto da quella larga fascia di regioni a bassa popolazione ed a scarsa vitalità economica che risulta dalla fig. 2. Ci è lecito formulare l'auspicio che il progresso della Sicilia apporti presto quell'incentivo alla realizzazione della connessione fra le tre zone, che sinora è mancato.

La tensione di trasporto nella zona Orientale è di 40 000 V; tale tensione che all'epoca della sua adozione apparve molto elevata, sarà insufficiente assai presto e le nuove sistemazioni in Catania sono infatti già predisposte per 70 000 V. Così la linea da Palermo a Trapani è stata elevata a 70 000 V e tale tensione venne adottata anche per la nuova linea di trasporto da Porto Empedocle a Caltanissetta. La rete creata per la zona Centrale è invece a 20 000 V, mentre la tensione media di produzione è di 10 000 V.

Definito il programma tecnico dell'approvvigionamento d'energia alle miniere ed alla zona centrale siciliana in genere, la Società riportava il benestare dell' Ente Autonomo con convenzione del 6 ottobre 1929. Per essa la Società si impegnava ad iniziare il regolare servizio di alimentazione della zona con la nuova centrale di Porto Empedocle, entro il maggio 1931.

Il programma è stato svolto appieno e la nuova complessa entità industriale è andata in regolare funzione sin dalla metà aprile del corrente anno. Iniziati infatti i lavori nel mese di febbraio 1930, la centrale ha cominciato a fornire energia agli utenti dopo soli 14 mesi.

Il progetto definitivo per l'attuazione della soluzione prescelta stabiliva la costruzione di:

1) una centrale termica a Porto Empedocle con due unità da 5 000 kW ognuna ed attigua sottostazione di trasformazione (l'approvvigionamento di acqua e di carbone e la sistemazione generale dell'officina consentono di poter in avvenire triplicare la potenza installata);

2) una sottostazione di trasformazione a Caltanissetta, per ora equipaggiata con due trasformatori da 2 000 kVA ognuno;

3) una linea di trasmissione Porto Empedocle-Caltanissetta (55 km), alla tensione di 70 000 V;

4) una rete di distribuzione nella zona, di oltre 350 km (vedi planimetria generale della zona centrale e schema generale elettrico degli impianti, figg. 3 e 4) irradiantesi dalle due cabine primarie di Porto Empedocle e Caltanissetta e che interessa 40 Comuni e 50 gruppi minerari;

5) un razionale e moderno impianto telefonico collegante i centri con i più lontani punti periferici della rete;

6) nuovi impianti di distribuzione a bassa tensione per pubblica e privata illuminazione e per uso di forza motrice in 21 Comuni.

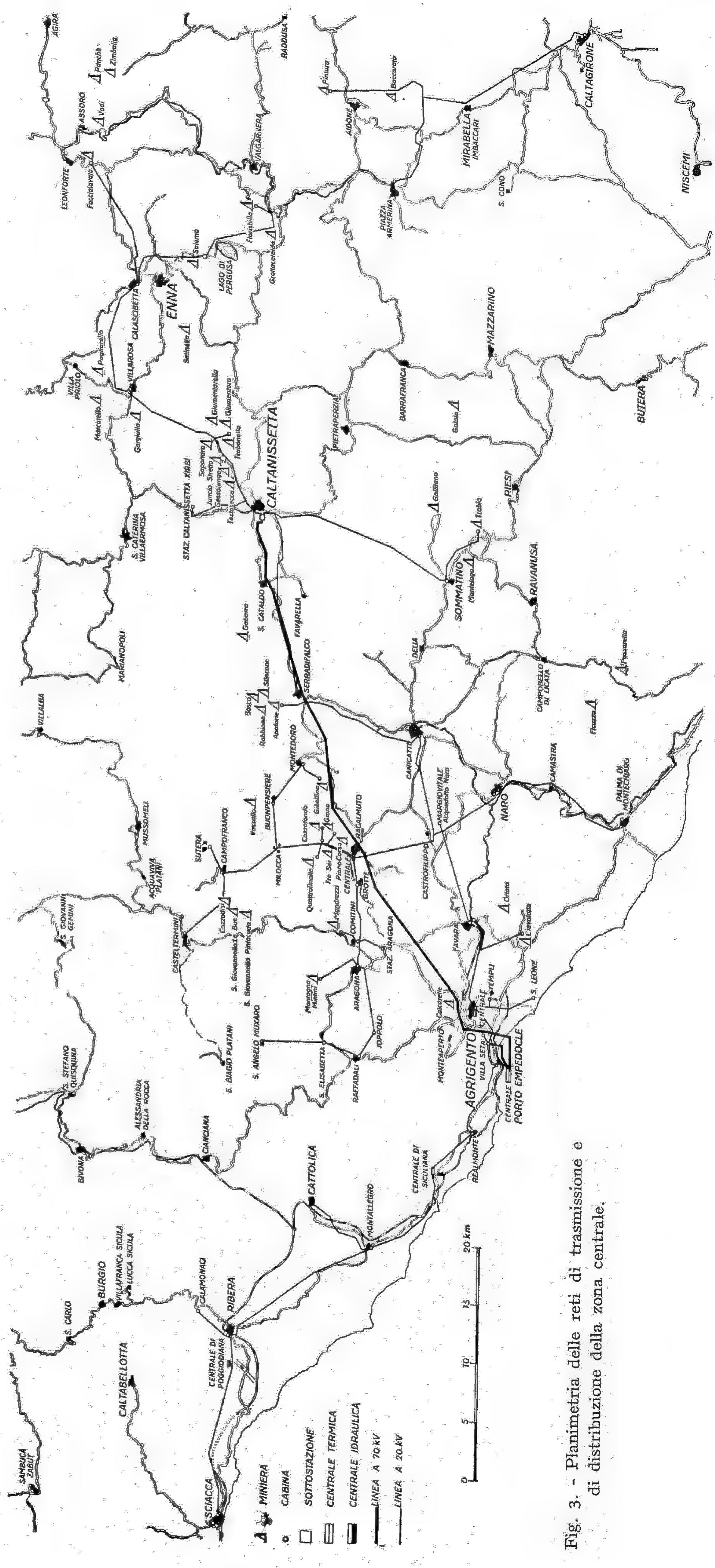


Fig. 3. - Planimetria delle reti di trasmissione e di distribuzione della zona centrale.

Le tre zone di interesse della SGES sono quindi tutt'ora separate elettricamente fra di loro, come lo sono di fatto da quella larga fascia di regioni a bassa popolazione ed a scarsa vitalità economica che risulta dalla fig. 2. Ci è lecito formulare l'auspicio che il progresso della Sicilia apporti presto quell'incentivo alla realizzazione della connessione fra le tre zone, che sinora è mancato.

La tensione di trasporto nella zona Orientale è di 40 000 V; tale tensione che all'epoca della sua adozione apparve molto elevata, sarà insufficiente assai presto e le nuove sistemazioni in Catania sono infatti già predisposte per 70 000 V. Così la linea da Palermo a Trapani è stata elevata a 70 000 V e tale tensione venne adottata anche per la nuova linea di trasporto da Porto Empedocle a Caltanissetta. La rete creata per la zona Centrale è invece a 20 000 V, mentre la tensione media di produzione è di 10 000 V.

Definito il programma tecnico dell'approvvigionamento d'energia alle miniere ed alla zona centrale siciliana in genere, la Società riportava il benestare dell'Ente Autonomo con convenzione del 6 ottobre 1929. Per essa la Società si impegnava ad iniziare il regolare servizio di alimentazione della zona con la nuova centrale di Porto Empedocle, entro il maggio 1931.

Il programma è stato svolto appieno e la nuova complessa entità industriale è andata in regolare funzione sin dalla metà aprile del corrente anno. Iniziati infatti i lavori nel mese di febbraio 1930, la centrale ha cominciato a fornire energia agli utenti dopo soli 14 mesi.

Il progetto definitivo per l'attuazione della soluzione prescelta stabiliva la costruzione di:

1) una centrale termica a Porto Empedocle con due unità da 5 000 kW ognuna ed attigua sottostazione di trasformazione (l'approvvigionamento di acqua e di carbone e la sistemazione generale dell'officina consentono di poter in avvenire triplicare la potenza installata);

2) una sottostazione di trasformazione a Caltanissetta, per ora equipaggiata con due trasformatori da 2 000 kVA ognuno;

3) una linea di trasmissione Porto Empedocle-Caltanissetta (55 km), alla tensione di 70 000 V;

4) una rete di distribuzione nella zona, di oltre 350 km (vedi planimetria generale della zona centrale e schema generale elettrico degli impianti, figg. 3 e 4) irradiantesi dalle due cabine primarie di Porto Empedocle e Caltanissetta e che interessa 40 Comuni e 50 gruppi minerari;

5) un razionale e moderno impianto telefonico collegante i centri con i più lontani punti periferici della rete;

6) nuovi impianti di distribuzione a bassa tensione per pubblica e privata illuminazione e per uso di forza motrice in 21 Comuni.

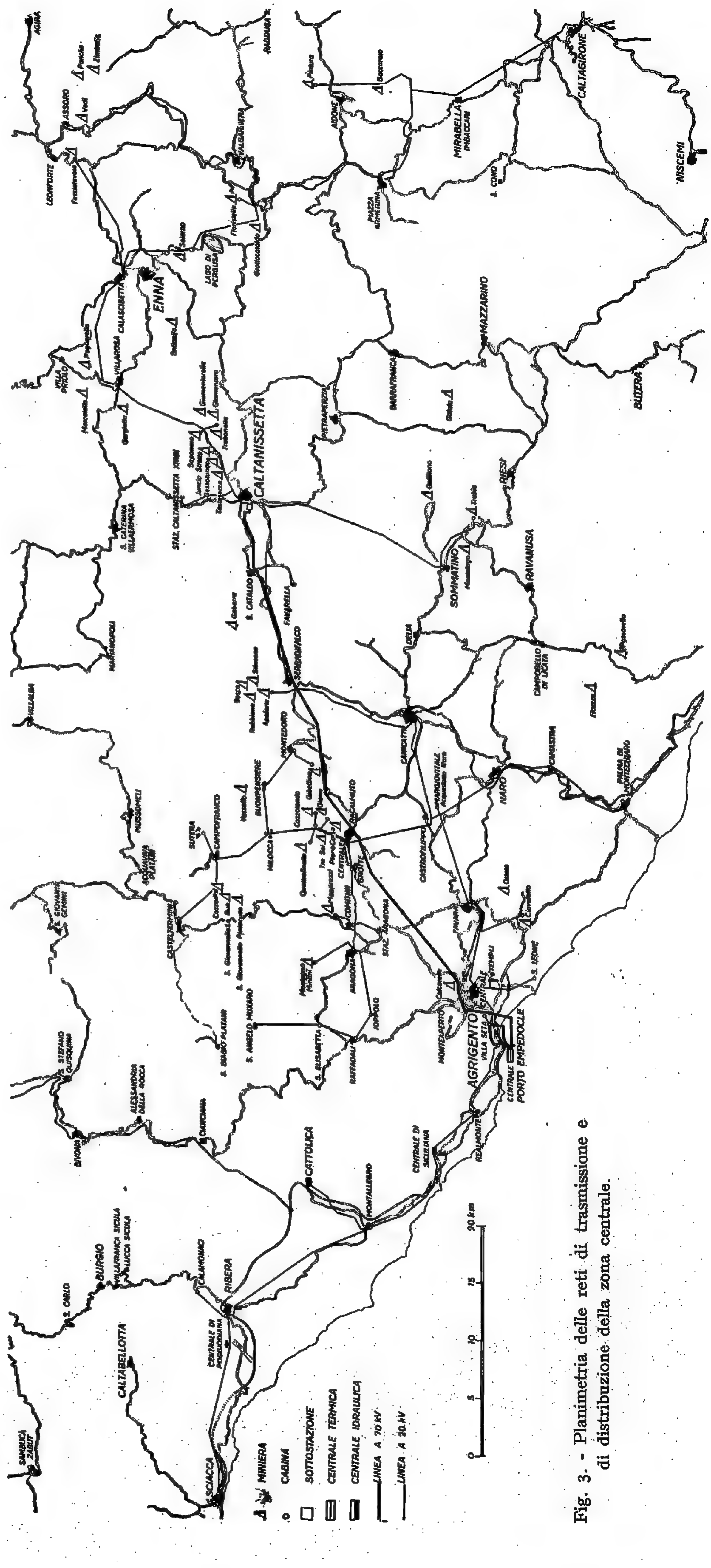
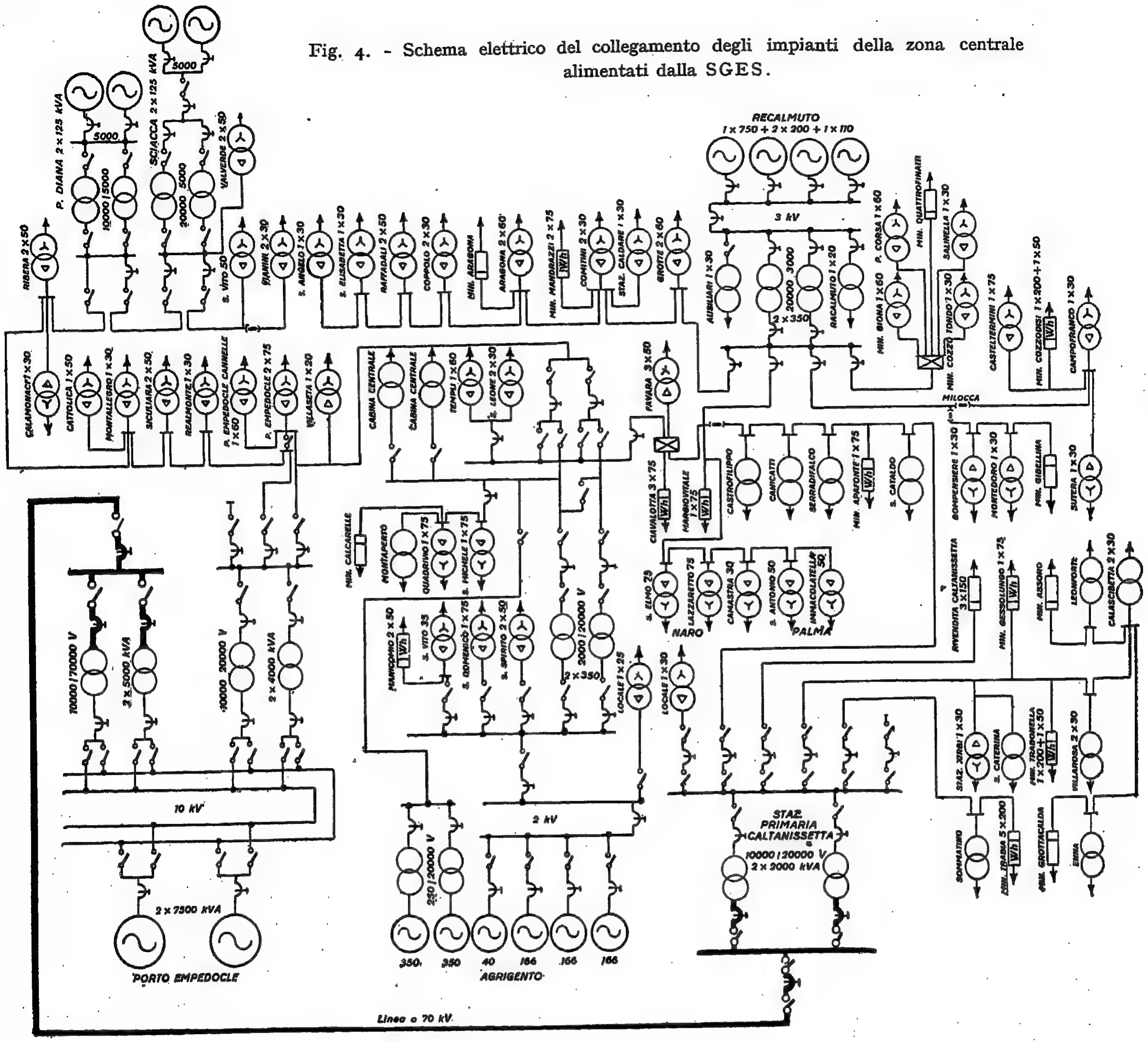


Fig. 3. - Planimetria delle reti di trasmissione e di distribuzione della zona centrale.

Fig. 4. - Schema elettrico del collegamento degli impianti della zona centrale alimentati dalla SGES.



LA NUOVA CENTRALE TERMICA E LE SUE CARATTERISTICHE.

Precisato così il programma generale, la Società si pose alacremente allo studio delle caratteristiche tecniche particolari degli impianti.

La parte elettrica fu studiata dal Prof. G. Rebora, che stabilì tutti i dati di potenza delle varie unità e la tensione degli alternatori, dei trasformatori e delle linee. Per quanto riguardava le caratteristiche della centrale termo-elettrica, ed in particolare dell'impianto di produzione del vapore, dato l'importante compito della centrale di Porto Empedocle (alimentazione delle miniere, il cui servizio di aggottamento non soffre interruzioni) e dato che per un certo numero di anni essa deve assolvere tale compito senza l'aiuto delle altre grandi centrali di produzione della Società, alle quali non è collegata, era necessario di procedere con la massima cura



Fig. 5. - Trasmissione a 70 kV Porto Empedocle-Caltanissetta.

e circospezione nella scelta del tipo di combustione da adottare per le caldaie, della pressione del vapore e della sua temperatura di surriscaldamento: tre elementi di importanza vitale nella economia di una centrale termica. Occorreva essere moderni, senza però lasciarsi soverchiare dallo snobismo della modernità — sacrificando le qualità poco appariscenti, ma essenziali, della semplicità e della *sicurezza di esercizio* — e senza perdere di vista, nella corsa a qualche uno per cento di maggiore rendimento, che tale vantaggio, indiscutibile in via assoluta, si può pagare a troppo caro prezzo con la maggiore complicazione dell'impianto e con la maggiore immobilizzazione di capitale.

La Società, date le particolari caratteristiche del Paese nel quale esplica il proprio esercizio, ha avuto spesso occasione di essere all'avanguardia nella tecnica delle installazioni termiche di produzione. Essa aveva già messe in esercizio, nelle proprie centrali, caldaie dei due diversi sistemi di combustione con carbone polverizzato (sistema Lopulco a Palermo e sistema Babcock Bailey a Catania) ed era stata tra le prime in Italia a sperimentare il focolare a « tubiere » Riley in sostituzione delle griglie rotative. Mentre per quest'ultimo la SGES ebbe il tempo necessario per constatarne i buoni risultati, le mancava al contrario una propria esperienza sufficiente nei confronti dei due sistemi di combustione con carbone polverizzato.

In mancanza quindi di tale probante esperienza propria e data l'estrema gravità della responsabilità che si assumeva con la scelta del tipo di combustione, della pressione del vapore e della sua temperatura di surriscaldamento, la Società chiamò a consiglio valenti tecnici specialisti.

Gli studi fatti condussero a scartare la combustione col carbone polverizzato per le seguenti ragioni:

1) notevole maggior costo di primo impianto;

2) maggiore complessità derivante dalla necessità di avere molini di carbone, ventilatori ed aspiratori primari e secondari con i relativi motori, e complicate tubazioni per il convogliamento del carbone e dell'aria;

3) maggior numero di *punti deboli*, richiedenti una mano d'opera particolarmente abile ed oculata, e quindi costosa; maggiore possibilità di interruzioni per guasti e conseguente necessità di provvedere una riserva più abbondante.

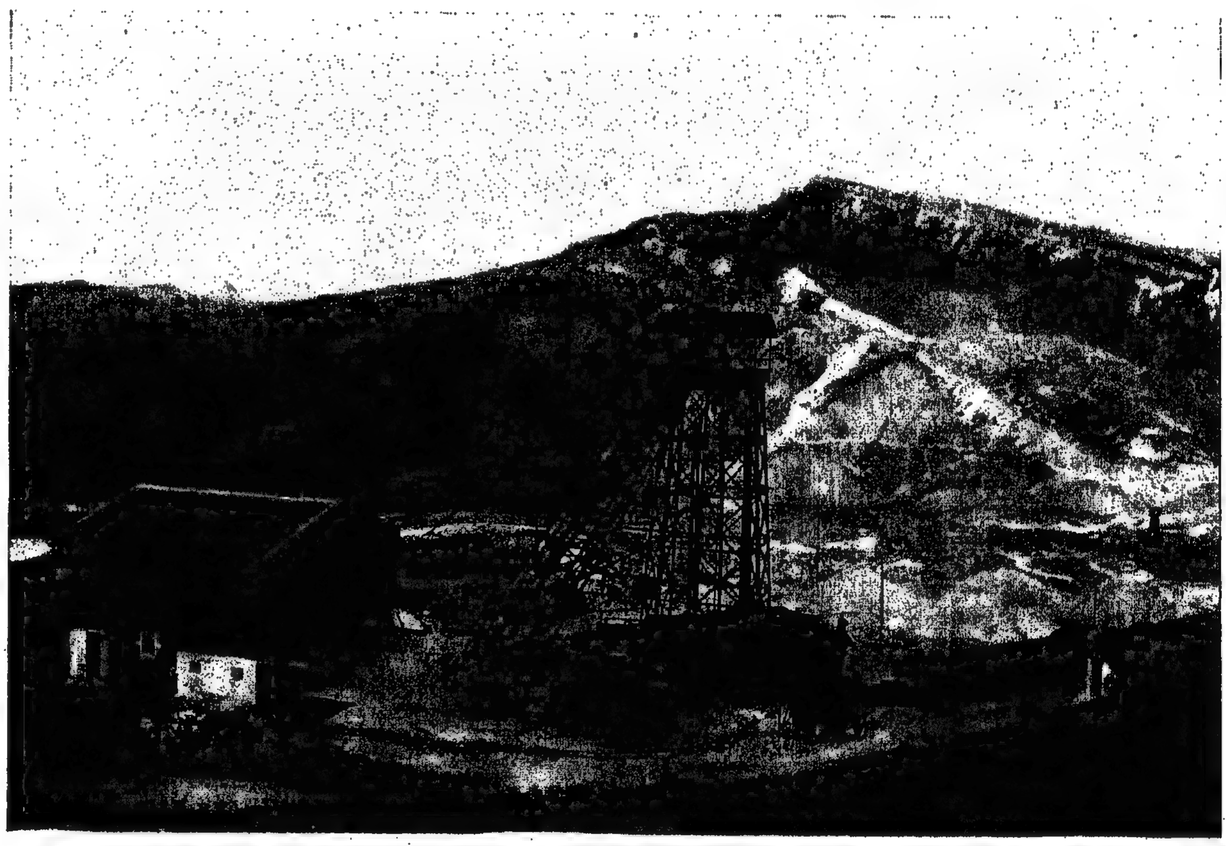


Fig. 6. - Veduta del Pozzo d'oro e della miniera Giumentaro.

4) Il rendimento termico, benchè più elevato che negli impianti a carbone non polverizzato, lo è di percentuali così piccole che, per piccole unità, non compensa il maggior costo di impianto.

Per ciò che riguarda la pressione e la temperatura di surriscaldamento si giunse ad adottare valori piuttosto elevati, ma si concluse senza incertezza di non spingersi ai limiti toccati da qualche impianto all'estero.

In previsione del carico probabile si è scelta la potenza di ciascun gruppo di 5 000 kW (alternatori da 7 143 kVA); ad ognuno corrisponde una caldaia capace di fornire 25 000 kg di vapore all'ora. La pressione che si è creduto conveniente di impiegare è di 40 kg/cmq in caldaia e di 37 kg/cmq alle turbine. La temperatura di surriscaldamento è di 435° C in caldaia e di 425° C in turbina.

Sono queste le pressioni e le temperature massime fin qui adottate in Italia e la ragione della scelta è in certa misura dovuta ai vantaggi ritraibili in futuri ampliamenti, per i quali sono previste unità di potenza maggiore. Già fin da ora però qualche vantaggio risulta dalle pressioni e temperature prescelte.

Le garanzie per i turbo alternatori e per le caldaie sono le seguenti:

Turbo-alternatori:

Carico a cos φ = 1, in kW	5000	4000	2000
Consumo vapore per kWh (dedotto consumo servizio turbo) .... kg	4,32	4,26	4,76

Caldaie:

Produzione oraria vapore in kg	25 000	18 000
Rendimento in %	82	84

ACQUA DI ALIMENTAZIONE.

Il problema dell'acqua di alimentazione era reso grave dalla deficienza di acqua dolce che caratterizza quasi tutto il litorale meridionale della Sicilia, e quindi anche Porto Empedocle. Anche disponendone, essa è certamente insufficiente ai bisogni di una centrale a vapore, sia pure di media potenza, e d'altronde è da notare che con le elevate pressioni e sopratutto con le elevate temperature di surriscaldamento, anche un'acqua dolce non potrebbe essere immessa nella caldaia senza essere stata previamente depurata e purgata dell'ossigeno che contenesse: un'acqua che non fosse in tal modo previamente trattata intaccherebbe e rovinerebbe in breve tempo tutte le tubazioni.

Per queste due gravi ragioni: deficienza di acqua dolce e necessità imprescindibile di depurare e di « disossigenare » *completamente* l'acqua di alimentazione, la Società, confortata in ciò dal parere dei suoi consulenti, decise di adoperare nelle caldaie di Porto Empedocle l'acqua di mare distillata e di installare a tale scopo una vera e propria officina di distillazione, sistema già diffuso sulle grandi navi moderne.

L'impianto di distillazione, che fu installato, è collegato con le caldaie e con le turbine in un complesso circuito chiuso (v. figure 14 e 15). Esso ha una capacità di produzione di 3 000 kg di acqua distillata all'ora.

TUBAZIONI E VALVOLE.

Per lo stesso desiderio di non installare nella centrale di Porto Empedocle, data la gravità delle condizioni dell'esercizio

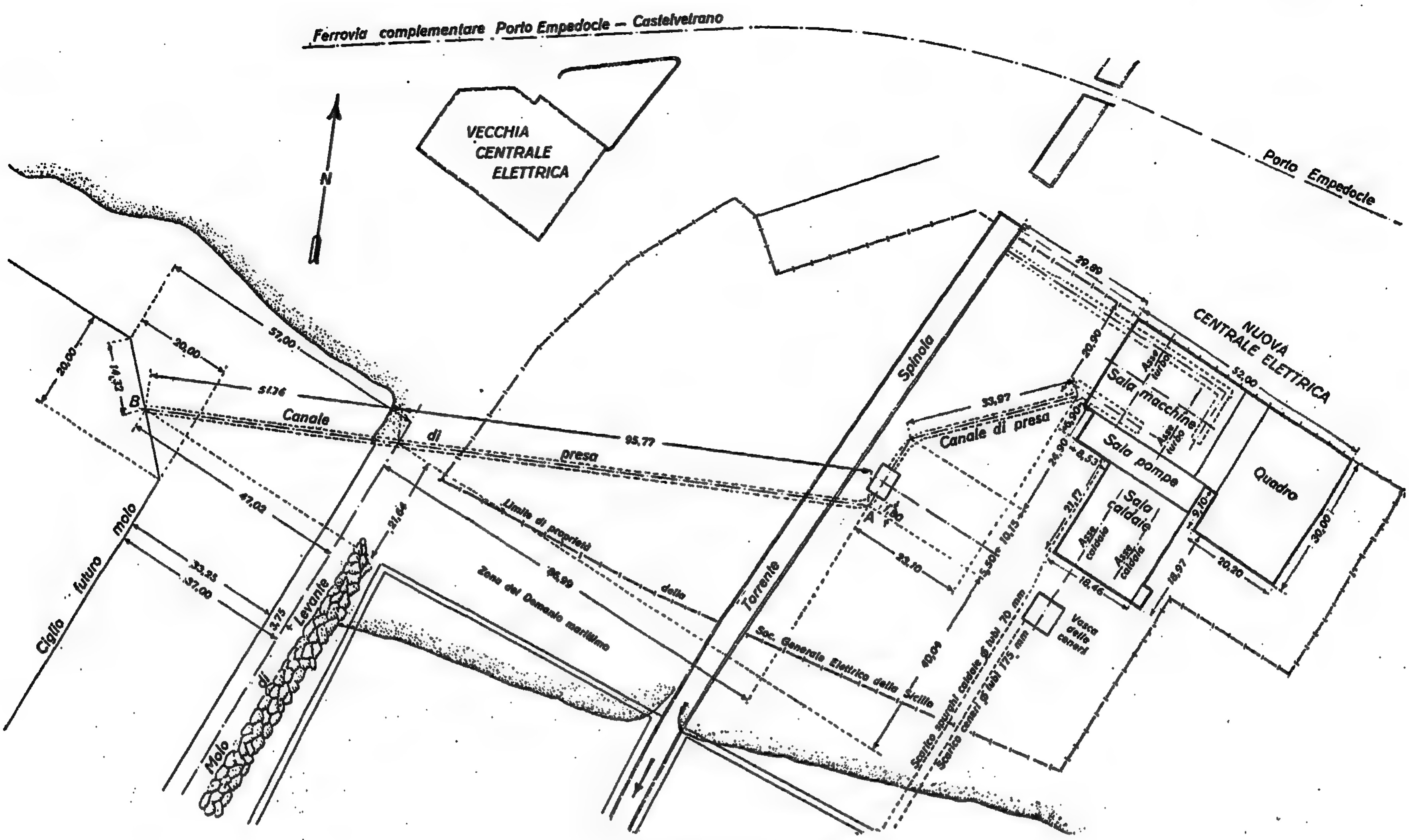


Fig. 7. - Planimetria della Centrale.

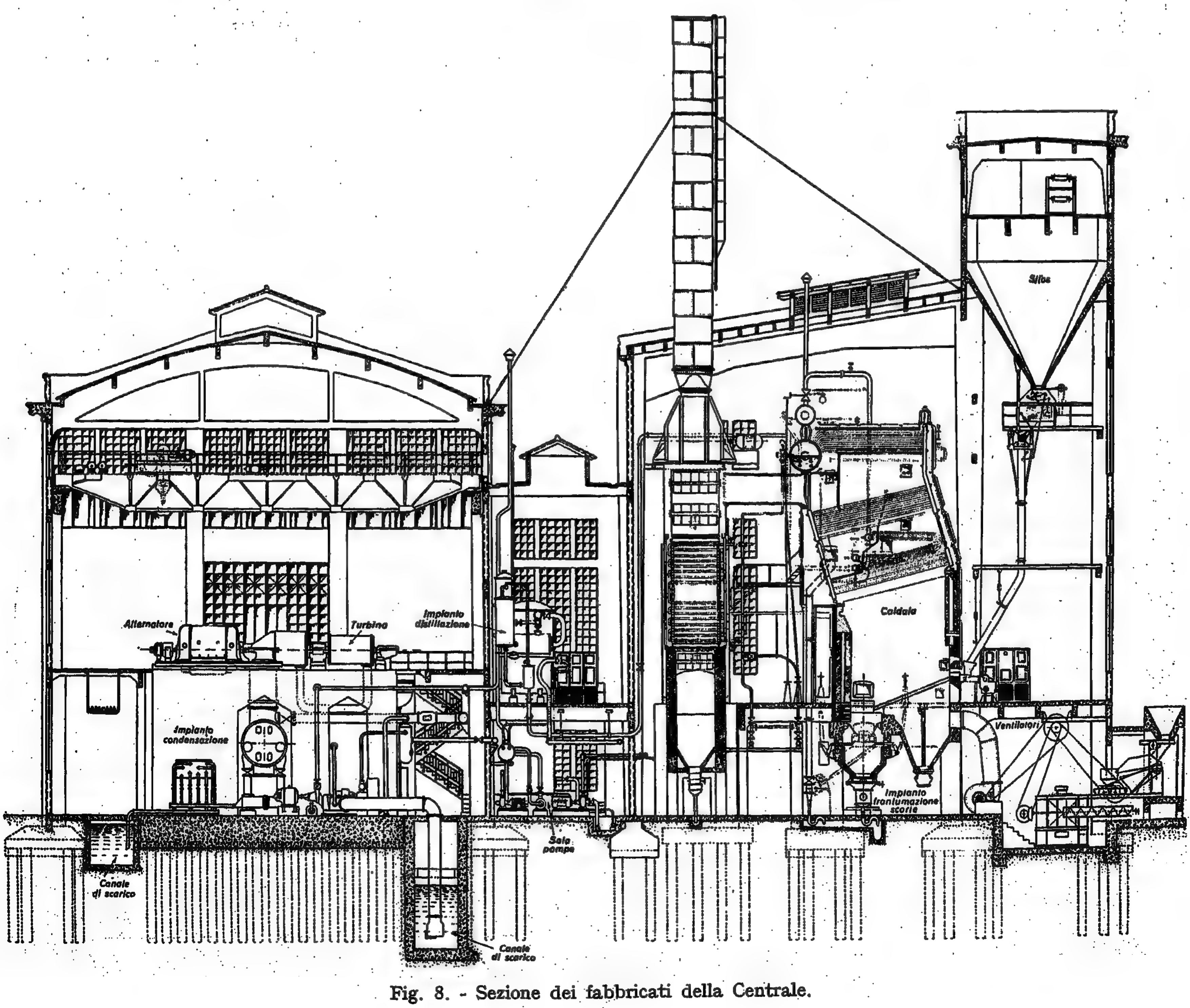


Fig. 8. - Sezione dei fabbricati della Centrale.

in dipendenza della elevata pressione e dell'alta temperatura, se non meccanismi costruiti da ditte specializzate, ci si rivolse, per le tubazioni, in parte al fornitore delle caldaie e in parte al costruttore dei turbo-alternatori. Le valvole, furono fornite da una Casa specializzata, ad eccezione dei tipi peculiari dell'impianto di distillazione che furono forniti con l'impianto stesso.

DESCRIZIONE DELLA PARTE EDILIZIA.

Caratteristiche generali - Località (figure da 7 a 11).

La nuova Centrale sorge in riva al mare, presso il molo di levante del nuovo porto di Porto Empedocle. Fanno parte integrante dell'impianto i canali di presa e di restituzione, la camera delle griglie inserita nel canale di presa ed una grande vasca di riserva per l'acqua di alimentazione delle caldaie.

Il gruppo di edifici ha uno sviluppo in pianta di mq 1 885 e una cubatura complessiva di mc 32 150. La costruzione è del tipo a telai in cemento armato collegati da traverse pure in cemento armato (fig. 11); i vani risultanti fra pilastri e traverse sono chiusi con murature di tufo arenario e con vetrate a telai in ferro.

In cemento armato sono ancora le coperture dei diversi edifici, i silos per il carbone e le fondazioni di tutti i macchinari.

Fondazioni.

La località prescelta dalla Società venne anzitutto scandagliata con trivellazioni e, sulla base dei dati raccolti, si potè stabilire che la zona di terreno è costituita da un banco di sabbia marina finissima, avente lo spessore variabile fra m 4,40 e m 5,50. Tale banco appoggia su un secondo di marna compatta, ad andamento pressochè orizzontale ed alla quota di m 2,70 sotto il livello medio marino, attraversato in tutta la sua estensione da una falda acquifera il cui livello superiore varia tra le quote +0,40 e +0,70.

Date le specialissime esigenze dell'edificio da costruire secondo il tipo prefissato a telai in cemento armato, si presentò il problema della scelta del più conveniente tipo di fondazione da adottare.

Quello a platea generale fu scartato in considerazione dei carichi non uniformi, della distanza dei pilastri, delle escursioni delle acque del sottosuolo e delle vibrazioni provenienti dai macchinari, nonchè infine per il tempo che avrebbe richiesto un completo assestamento della platea prima di potervi tranquillamente trasmettere i carichi.

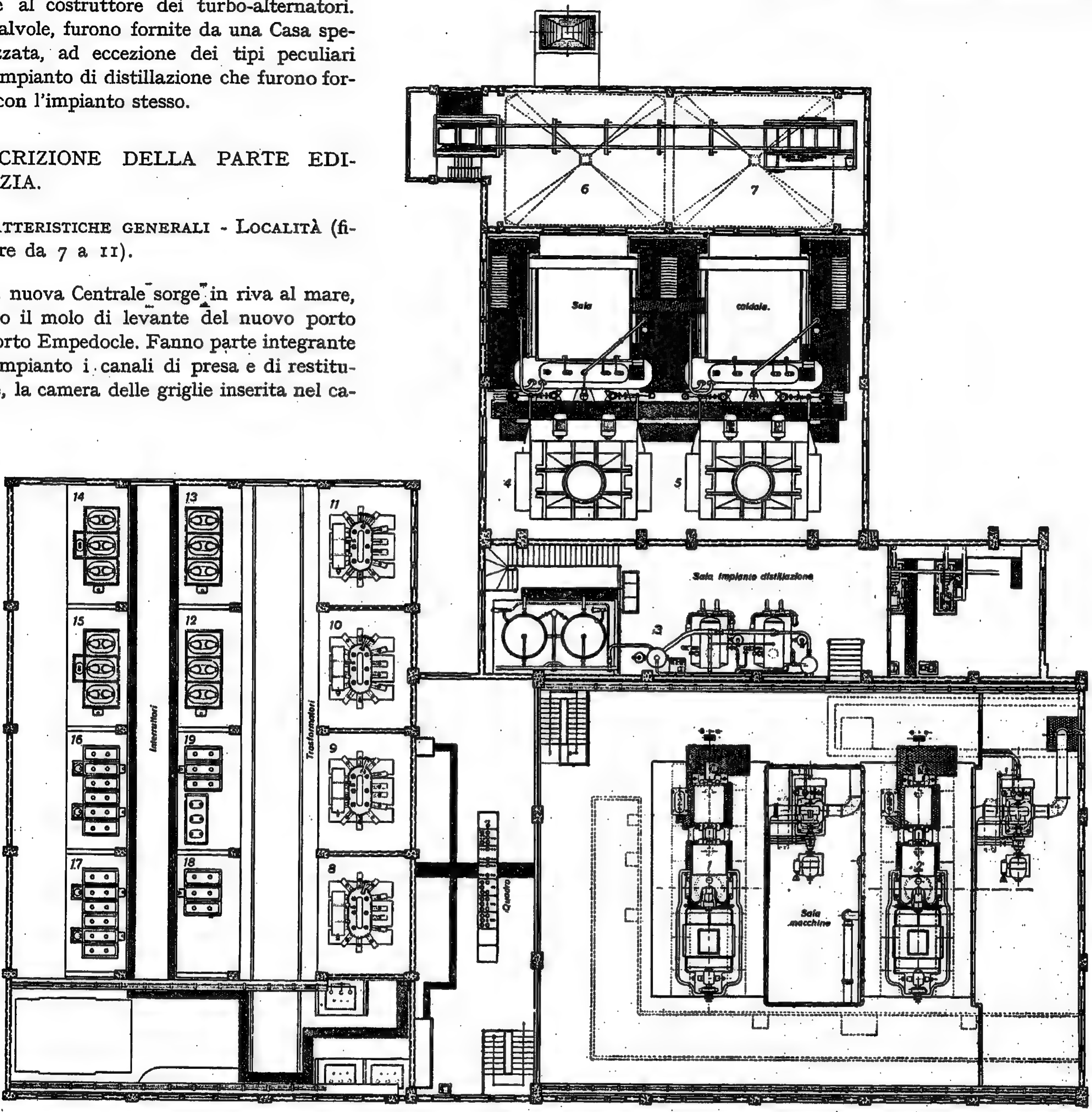


Fig. 9. - Pianta della Centrale.

1-2 - Gruppo turbo-alternatori da 5 000 kW ciascuno.
3 - Impianto di distillazione.
4-5 - Caldaie aventi una produzione oraria di vapore di 25 000 kg.
6-7 - Silos e convogliatori di carbone.
8-9 - Trasformatori elevatori 10/70 kV.
10-11 - » » 10/20 kV.
12-13-14-15 - Interruttori in olio dei trasformatori.
16-17-18-19 - Interruttori di linea.

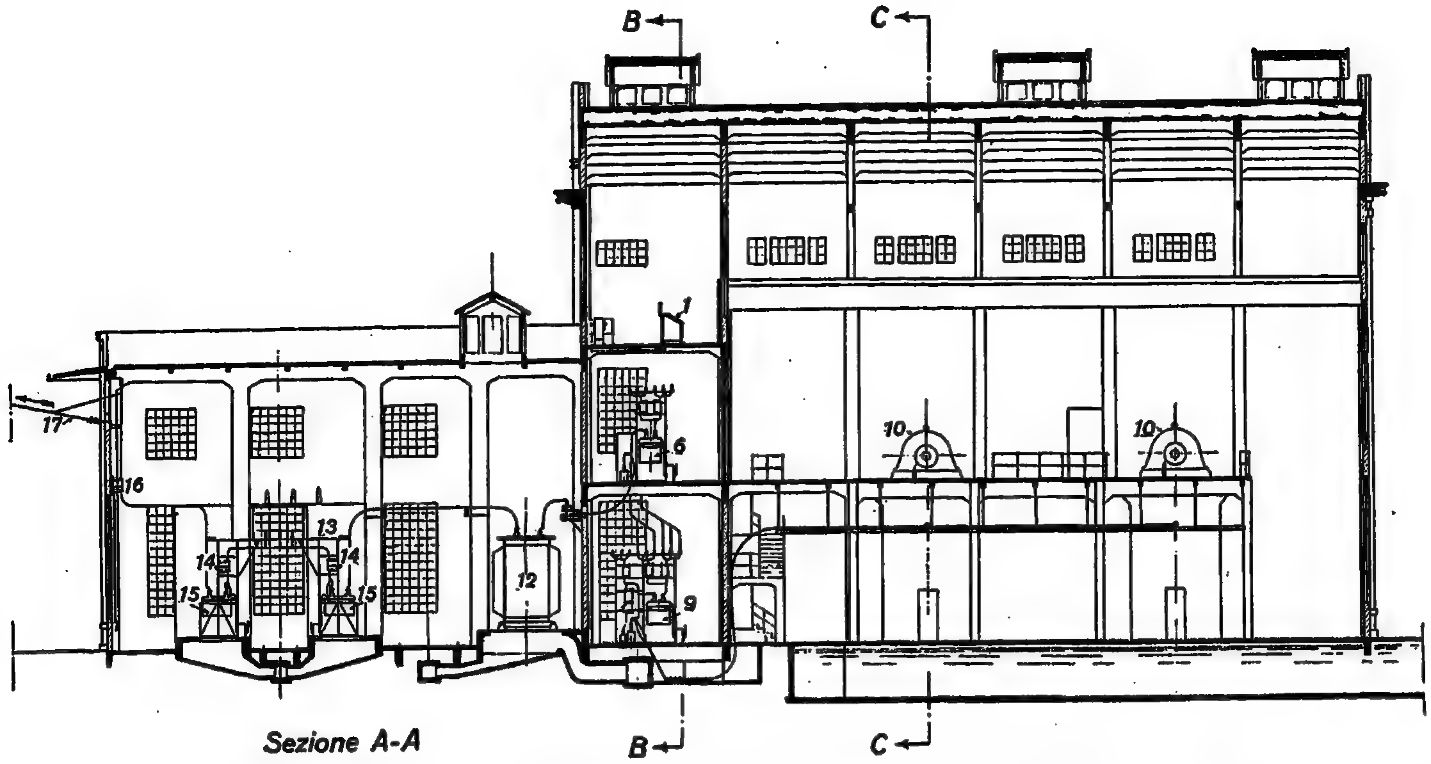
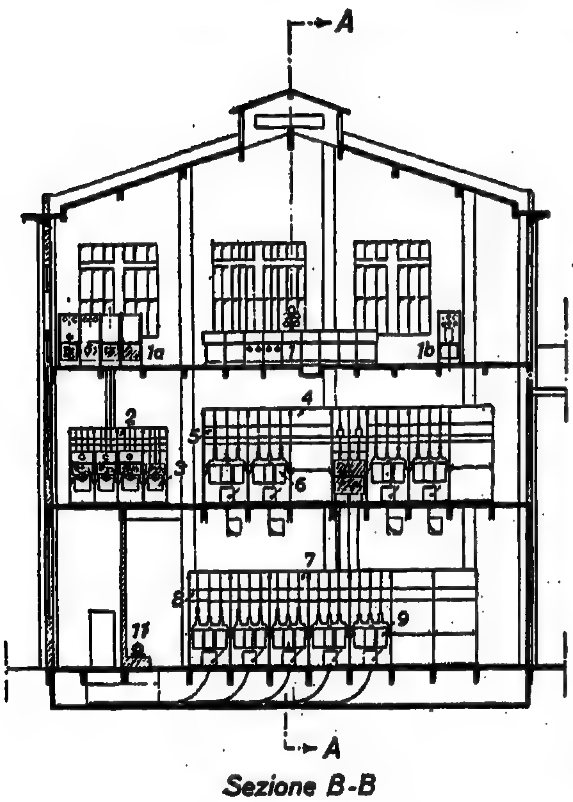
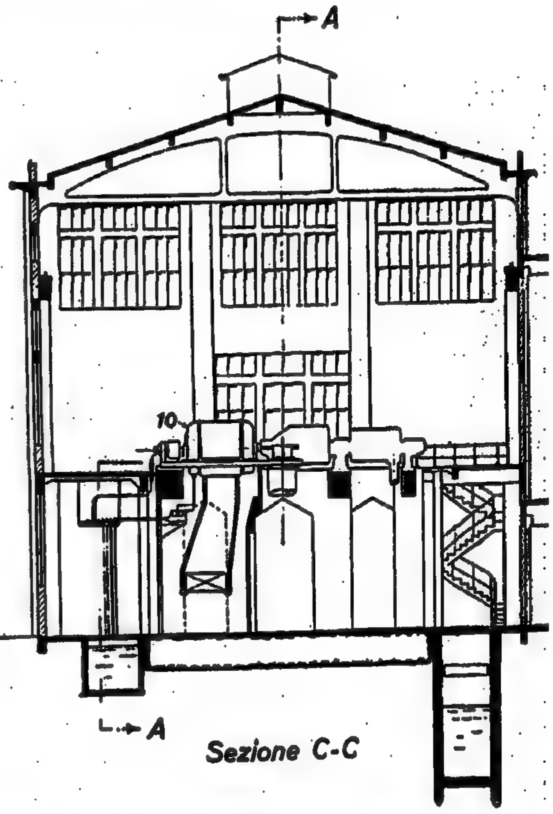


Fig. 10. - Disposizione del macchinario, degli apparecchi e dell'apparecchiatura di protezione, di controllo e di comando.



1. Banco di manovra a leggio.
1a. Quadro di manovra per gruppo convertitore batteria accumulatori e servizi.
1b. Quadro per strumenti totalizzatori.
2. Quadro servizi ausiliari.
3. Interruttore tripolare in olio 1000 A, 1000 V, tipo Ms.
4. Quadro apparecchiatura a 10 000 V per il comando dei trasformatori di potenza da 4000 kVA, 10/70 kV e da 6000 kVA, pure a 10/70 kV.
5. Coltelli separatori a 24 000 V, 600 A con manovra simultanea.
6. Interruttori tripolari in olio a 20 000 V, 1000 A tipo On, coi poli in tre casse distinte e coperchio unico, con comando elettrico.
7. Quadro di comando alternatori da 7000 kVA, 10 000 V, 50 periodi e circuito 10 000 V dei trasformatori pei servizi ausiliari.
8. Coltelli separatori 24 000 V, 1000 A con manovra simultanea.
9. Interruttori tripolari in olio 20 000 V, 1000 A tipo On, coi poli in tre casse distinte e coperchio unico, con comando elettrico.
10. Alternatori 7000 kVA, 10 000 V, 50 periodi.
11. Gruppo convertitore.
12. Trasformatore da 4000 kVA, 10/20 kV.
13. Comando circuiti trasformatori da 4000 kVA, 10/20 kV, partenza linea 20 000 V.
14. Coltelli separatori 600 A, 35 000 V con manovra simultanea per ogni gruppo.
15. Interruttore tripolare in olio da 600 A, 30 000 V, tipo On, coi poli in tre casse distinte e con comando elettrico; è sul circuito a 20 000 V dei trasformatori da 4000 kVA.
16. Gruppo tripolare di coltelli a 35 000 V e gruppo tripolare di coltelli di terra, con manovre simultanee.
17. Partenze linea 20 000 V.



Si decise così il tipo di fondazione isolata e si assegnò ad ogni pilastro una zattera di fondazione (al più una zattera per due pilastri simili) reputando ancora necessario di portare i pesi, trasmessi dai pilastri alle zattere, a scaricare direttamente sul banco di marna. Però dimostratosi costruttivamente ed economicamente impossibile di far nascere direttamente dalle marne i blocchi di fondazione di ciascun pilastro, si adottò definitivamente il tipo di fondazione su pali.

Questo tipo è d'altronde ritenuto il migliore da adottarsi per centrali termiche di una certa importanza in simili terreni perchè, sia per la forte resistenza dei pali allo strappamento, sia per la possibilità (attraverso opportuni collegamenti delle armature metalliche dei pali e delle zattere sovrastanti) di impiegare le armature stesse ad assorbire sforzi orizzontali e forti momenti di rovesciamento, oltre a migliorare il terreno ed a renderlo più adatto a sopportare i forti sovraccarichi, serve anche ad ammarrare le fondazioni del macchinario ed a far loro assorbire con tutta sicurezza anche gli sforzi derivanti dal macchinario stesso.

Tutti i pali dovevano raggiungere lo strato marnoso e la infissione dei pali gettati fuori opera richiese particolare cura e fu facilitata da iniezioni di acqua. Tutti i pali vennero infissi verticalmente, perchè ad equilibrare le sollecitazioni orizzontali si provvide aumentando il loro numero.



Fig. 11. - Insieme del fabbricato della Centrale.

Per ciascuna delle due turbine si è adottata una unica piastra di fondazione, al fine di aumentare la massa e quindi l'inerzia del sistema.

SALA CALDAIE (figg. 8, 9 e 12).

È costituita dall'edificio caldaie propriamente detto (che misura in pianta m² 21,15 × 18,46 ed ha un'altezza media di metri 21,75) e dai silos e dalla galleria del convogliatore del carbone (che hanno un'altezza di m 30).

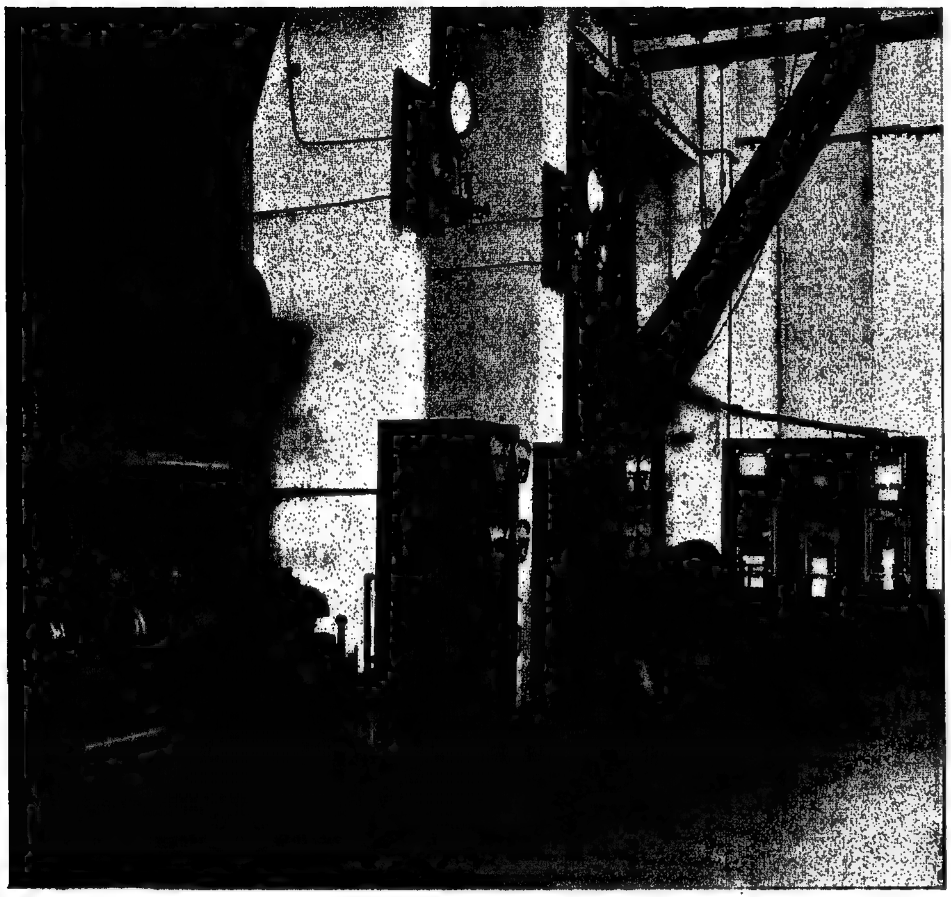


Fig. 12. - Sala caldaie: comandi delle griglie e apparecchi di controllo.

L'edificio è a tre piani dei quali il piano terreno è occupato dai ventilatori delle caldaie, dai frantoi delle scorie e del carbone e dai canali per il trasporto a mare delle ceneri e scorie. Il primo piano costituisce il piano di manovra delle caldaie (figg. 8 e 12); al secondo piano, sopra i silos e per la loro alimentazione, è installato il convogliatore del carbone. I due silos sono capaci di 190 tonnellate di carbone ciascuno.

SALA MACCHINE.

È un edificio a due piani, misura in pianta m² 20,90 × m 26,95 ed è alto m 18,20. Al piano di terra sono installati i condensatori, le pompe di circolazione dell'acqua di condensazione e le pompe di estrazione del vapore condensato (fig. 17), mentre al primo piano sono installati i due gruppi turbo-alternatori (fig. 16). Al di sotto del piano del pavimento sono stati ricavati i canali in cemento armato di presa e restituzione delle acque di condensazione. La sala macchine è dotata di una gru a ponte scorrevole della portata di 40 tonnellate.

SALA POMPE.

È situata fra la sala macchine e la sala caldaie, misura in pianta m² 6,90 × 27 ed ha un'altezza di m 14,75. È costituita anch'essa di due piani: al piano terra trovano posto le pompe di alimentazione delle caldaie e dei distillatori, mentre al primo piano sono collocati i distillatori.

SALA QUADRO (figg. 9 e 10).

È situata sul prolungamento della sala macchine, fra questa ed il padiglione trasformatori. Misura in pianta m² 5,90 × 20,90

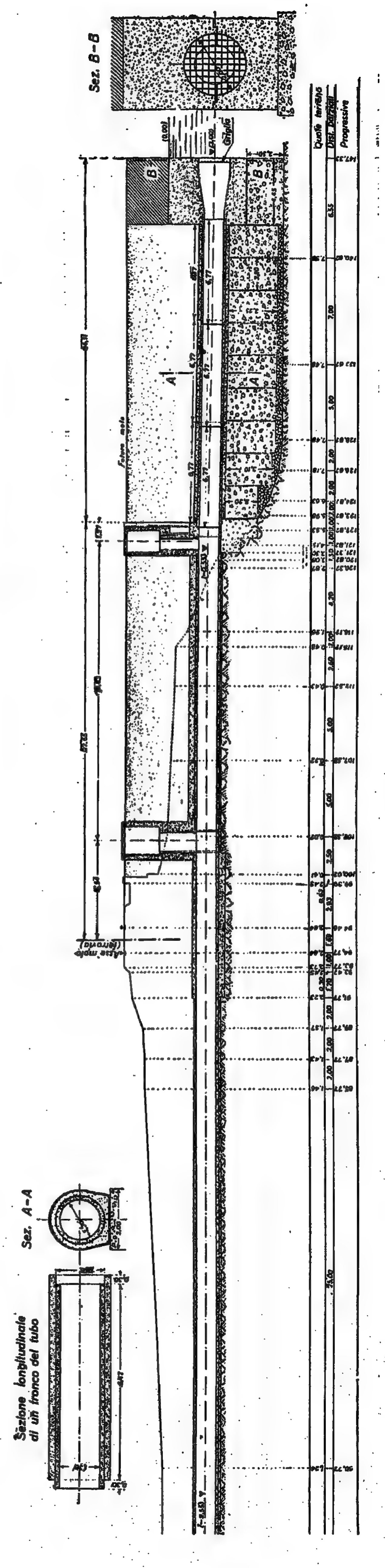


Fig. 13. - Sezione longitudinale del canale di presa.

ed ha un'altezza di m 18,20. È un edificio a tre piani: al piano terra sono installati gli interruttori di macchina e dei servizi ausiliari, al primo piano gli interruttori dei trasformatori a 10 000 V ed al secondo piano il quadro di manovra.

PADIGLIONE TRASFORMATORI (figg. 9 e 10).

È un edificio ad un sol piano (m² 20,20 × 30,00 e alto m 11,45). In esso sono installati i quattro trasformatori elevatori (due a 10/70 kV e due a 10/20 kV), gli interruttori in olio dei trasformatori e gli interruttori di linea. Sotto il pavimento sono ricavate le fosse di raccolta e smaltimento dell'olio dei trasformatori e degli interruttori ed i condotti d'aria per il raffreddamento dei trasformatori.

La sala è completata da una fossa per la riparazione dei trasformatori e da una gru a ponte della portata di 40 tonnellate.

CANALE DI PRESA (fig. 13).

Fu costruito atto a rispondere anche alle previste future necessità della centrale ed è capace di una portata di mc 2 al secondo. La sua lunghezza, dalla radice del molo di levante all'ingresso della sala caldaie, è risultata di m 197,15, ed il suo asse corre a m 3,35 sotto il livello medio marino. Per la sua costruzione fu anzitutto praticata una larga trincea mediante la battitura di palancole di acciaio tipo « Larssen » spinte sino a penetrare sufficientemente nelle marne allo scopo di facilitare l'aggottamento ottenuto con apposito impianto di pompe. Furono collocati poi i tubi in cemento armato, gettati fuori opera, del diametro di m 1,30 e spessore di cm 13 (salvo in corrispondenza all'attraversamento del molo dove lo spessore è stato portato a 20 cm) poggianti su una sella continua in calcestruzzo di cemento.

Il canale di presa, assume sotto la sala macchine le dimensioni di una grande vasca (m² 15,60 × 2,10) avente il fondo a m 4,15 sotto il livello medio marino e nella quale pescano le succheruole delle pompe di circolazione delle acque di condensazione.

La giunzione degli elementi, di m 1,50 di lunghezza, fu eseguita in posto, a mezzo di coprigiunti in cemento armato.

Speciale difficoltà ha presentato l'ultimo tronco di canale sotto il costruendo molo di levante. Quivi il fondale si trova a quota 7,50 e fu necessario creare una sottostruttura in massi artificiali poggianti su uno scanno di pietrame calcare dello spessore medio di circa 40 cm sistemato a mano a mezzo di palombari (fig. 13). Per tutta questa tratta il tubo dovette essere costruito in tronchi di m 6,30 l'uno, trasportati e messi in opera a mezzo di pontone-biga, con l'aiuto del palombaro. L'unione degli elementi fu ottenuta con giunto a bicchiere ricavato dal getto di calcestruzzo, la cui tenuta fu assicurata con calafataggio con cordone di canape, praticato dal palombaro. All'imbocco il tubo è opportunamente svasato sino ad un diametro di m 2 allo scopo di diminuire le perdite di carico.

A metà circa del canale è ricavata la camera delle griglie destinate a filtrare le acque per la condensazione prima del loro arrivo alla sala macchine. All'uopo è stato costruito un piccolo edificio di m² 4,50 × 7,40 sporgente fuori terra m 14,30 ed incassato nel terreno con fondo a quota (—4,20).

CANALE DI SCARICO (figg. 7 e 8).

È stato costruito anch'esso in cemento armato gettato in opera, a sezione retta di m² 2,10 × 2,10 nel tratto sotto la sala macchine e di m² 1,60 × 1,10 nel tratto compreso tra la sala macchine ed il torrente Spinola, nel quale immette dopo un percorso totale di m 63,20.

DESCRIZIONE DEL MACCHINARIO TERMICO ELETTRICO.

IMPIANTO PRODUZIONE DI VAPORE (figg. 8 e 9).

L'impianto comprende due caldaie uguali a tubi d'acqua sezioni, ciascuna di 425 mq di superficie riscaldata, del tip LTM, a corpo cilindrico trasversale, ognuna con proprio econ mizzatore ad alette. Come abbiamo già detto, ogni caldai è capace di produrre 25 tonnellate-ora di vapore surrisca dato a 435° C.

La pressione di esercizio è di quasi 43 atmosfere nel cor cilindrico, per ottenere 40 atmosfere all'uscita del surriscaldator

Il corpo cilindrico della caldaia, di acciaio dolce Siemen Martin, senza alcuna chiodatura, ha i fondi in un sol pez con il mantello e pesa circa 16 tonnellate. Lo spessore d mantello è di circa 50 mm, ma i fondi hanno spessore maggior specialmente nei bordi nei quali sono disposti i passi d'uom dove lo spessore raggiunge i 90 mm. Sul corpo cilindrico collocato un collettore di vapore, senza chiodature, il qual data l'alta produzione specifica prevista, assicura l'assenza trascinamenti di acqua nella tubazione di vapore saturo c va al surriscaldatore.

Il fascio tubolare è costituito da 21 sezioni, ciascuna forma da 14 tubi bollitori in acciaio trafilato senza saldature. I tu inferiori hanno un distanziamento fra di loro maggiore al no male, in modo da evitare la formazione di nidi di rondine.

La pulizia esterna dei tubi è resa facile a mezzo di soffiato della fuliggine tipo Diamond, i quali funzionano con vapo surriscaldato ridotto alla pressione di 14 atmosfere.

Per elevare la temperatura del vapore ai 435° C occorren per le turbine, la caldaia è provvista di un surriscaldatore ad guatamente dimensionato posto nel fascio dei tubi bollito

Il surriscaldatore è munito di un regolatore Babcock & Wilco di prima applicazione in Italia, azionato automaticamente, quale mantiene la temperatura praticamente costante (430° 440° C) anche per forti variazioni di carico della caldaia (15 00 25 000 kg/ora). Tale regolatore comprende un elemento refi gerante che entra in azione quando, a carichi elevati, la temper tura tenderebbe a salire a livelli nocivi sia per le turbine c per lo stesso surriscaldatore. L'elemento refrigerante, o desur scaldatore, consiste di un tubo immerso nell'acqua del cor cilindrico della caldaia ed attraversato, quando occorre, da v pore parzialmente surriscaldato.

Una valvola a tre vie, comandata da uno speciale dispositiv determina il passaggio nell'interno di questo tubo di una quo parte variabile del vapore parzialmente surriscaldato. Ta quantità di vapore, che è funzione della temperatura raggiun si riunisce poi al resto del vapore surriscaldato per attraversa insieme l'ultima parte del surriscaldatore, nella quale il tu viene portato alla temperatura desiderata.

La regolazione si compie così automaticamente e sen alcuna perdita di calore, poichè quello in eccesso viene restitu all'acqua in caldaia.

La camera di combustione è rivestita internamente da m di mattoni refrattari opportunamente ancorati all'incastellat metallica della caldaia stessa. La camera di combustione, co pure la caldaia propriamente detta, sono rinchiuse in un in lucro metallico di 5 mm di spessore convenientemente foder con uno strato coibente dello spessore di 100 mm.

L'economizzatore, di cui è provvista ogni caldaia, è del ti a tubi di ghisa ad alette, avente una superficie riscaldata 1008 mq. Questa grande superficie è necessaria per il fatto c l'acqua di alimentazione, preventivamente deareata, en nell'economizzatore alla temperatura di circa 100° C.

Esso è costruito con una ghisa speciale adatta a resist alle più alte pressioni.

La pulizia interna dei tubi degli economizzatori è resa fa da appositi fori di pulizia nei gomiti di raccordo fra tubo tubo, i quali sono normalmente chiusi con flangie cieche. I

gistri sui condotti del fumo ed un sistema di tubazioni con relative valvole nel circuito dell'acqua di alimentazione, permettono di escludere gli economizzatori, all'occorrenza, senza dover fermare l'impianto.

L'impianto di aspirazione meccanica dei prodotti della combustione di ogni caldaia è ad azione diretta, ognuno proporzionato per l'evacuazione di una quantità di 98 000 mc/ora di fumo, con una depressione di almeno 65 mm di colonna d'acqua alla base del camino. I camini in lamiera hanno un diametro di m 1,70, sono alti 15 m, provvisti di due ventilatori aspiranti per ognuno, azionati da motori trifasi a 270 V, 50 periodi, da 25 kW.

L'alimentazione dell'acqua alle caldaie viene regolata automaticamente mediante un regolatore tipo Hanemann costituito da un galleggiante posto nell'interno del corpo cilindrico, che, mediante un sistema di trasmissione, manovra una valvola posta sulla tubazione di alimentazione.

L'evacuazione delle ceneri e delle scorie avviene a mezzo idraulico. Le scorie opportunamente macinate da speciali mulini a martelli e mescolate con le polveri fini raccolte nei diversi compartimenti della caldaia e dell'economizzatore, vengono convogliate con potenti getti di acqua in appositi cunicoli (v. figg. 7 e 8). Speciali pompe aspirano tale miscela di acque e ceneri e la scaricano a mare attraverso lunghe tubazioni di ghisa.

L'acqua adoperata per l'evacuazione delle ceneri è acqua di mare, perciò il materiale è stato prescelto di costruzione robustissima e speciale in modo da rendere minime le corrosioni dovute alla salinità. Particolare menzione meritano le due pompe per detto impianto di scarico delle ceneri. Esse sono costruite completamente in acciaio fuso e la girante è conformata con canali a S allo scopo di consentire la pompatura di liquame di eccezionale torbidità (contenente pezzi solidi sino a 60 ÷ 80 mm di spessore). La girante è impermeabilizzata rispetto alla carcassa mediante anelli ricambiabili a maschio e femmina, continuamente lavati con acqua fresca in pressione. Altra acqua in pressione serve per la refrigerazione dei sopporti e del premistoppa, il quale ultimo è convenientemente scaricato dalla pressione e tenuto libero dalle impurità mediante palette rovesce sul dorso della girante. Con questo impianto si elimina completamente lo spargersi delle polveri nel locale caldaie.

I focolari delle due caldaie sono muniti di griglia meccanica sistema « Riley » del tipo extra lungo a sei elementi di 24 ugelli ognuno, con frantumatore semplice di scoria.

Il movimento alle griglie è dato da motori speciali trifasi a velocità variabile, a collettore, con variazione continua e graduata della velocità fra 200 e 425 giri (fig. 12).

Le sezioni delle griglie sono comandate da un cambio a due velocità ed in tal modo si riesce ad ottenere praticamente una regolazione continua della marcia della griglia e della alimentazione del carbone.

L'aria soffiata sotto griglia viene fornita da un ventilatore della portata di 52 000 mc/ora con una pressione fino a 150 mm di colonna d'acqua; il motore che lo aziona è anch'esso un motore dello stesso tipo del precedente, da 60 HP, la cui velocità è regolabile con continuità fra 350 e 1 000 giri. I comandi di tutti i motori sono riportati al piano di servizio delle caldaie in modo che il fuochista può facilmente sorvegliarne e correggerne l'andamento senza spostarsi. Le griglie possono bruciare ognuna in regime continuativo 3 100 kg/ora di carbone mantenendo un tenore di 13 % di CO_2 in alto della camera di combustione. Su ogni caldaia sono installati i seguenti apparecchi di controllo riuniti in due quadri:

l'analizzatore dei gas della combustione che misura e registra il tenore di anidride carbonica: esso è del tipo ad assorbimento a mezzo di potassa caustica;

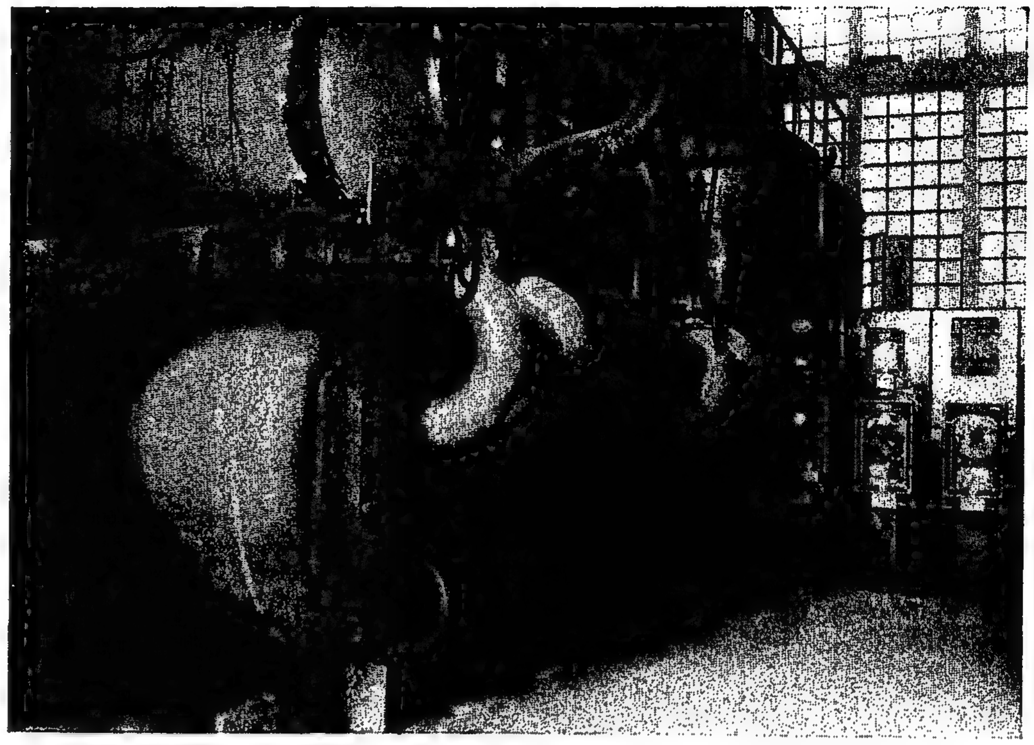


Fig. 14. - Impianto di distillazione per l'acqua d'alimentazione.

il contatore di vapore;

i termometri per la misura della temperatura dell'acqua all'uscita dell'economizzatore e dei gas dopo l'economizzatore, e per la misura della temperatura del vapore surriscaldato e dei gas prima dell'economizzatore;

i pressiometri che misurano la pressione dell'aria sotto la griglia, la depressione nella camera di combustione e la caduta di pressione tra la camera di combustione e l'uscita del fumo della caldaia.

Tali apparecchi permettono il controllo continuo ed immediato delle caldaie e consentono di controllare giorno per giorno le variazioni di rendimento.

Impianto rifornimento carbone alle caldaie.

I silos del carbone sono alimentati da un convogliatore a tazze della portata di 20 tonn/ora. Il carbone viene trasportato dal piazzale alle tramoggie di caricamento del convogliatore a mezzo di trasportatori mobili a nastro.

Tubazioni per acqua e vapore.

Le tubazioni di vapore surriscaldato sono in acciaio senza saldatura del diametro di 150 mm. Tutte le tubazioni, sia di vapore che di acqua di alimentazione sono opportunamente isolate con strati coibenti di spessore variabile tra 40 e 80 mm.

Le valvole sono costruite in acciaio elettrico al carbonio sottoposte a trattamento speciale oppure con acciaio Siemens-Martin di qualità corrispondente.

Alimentazione delle caldaie (fig. 12) e impianto di distillazione (figg. 14 e 15).

L'alimentazione delle caldaie viene assicurata da due turbopompe della portata di 50 mc/ora per una prevalenza manometrica di 460 m. Di queste una è azionata da motore elettrico trifase a 270 V, 2 945 giri, 103 kW, l'altra è invece direttamente accoppiata ad una turbinetta a vapore a contropressione, costruita per una pressione di 40 atmosfere effettive a 3 400 giri, che sviluppa una potenza di 135 HP. Essa è ad azione con tre corone di pale in serie di velocità, adatta al funzionamento con ricupero del vapore di scarico. Tale vapore di scarico, a due atmosfere assolute, viene utilizzato per l'impianto di distillazione, come vedremo in seguito.

La regolazione della turbo-pompa di alimentazione è ottenuta a mezzo di un regolatore Hanemann ed è a differenza di pressione costante e non a velocità costante. Mediante cioè un regolatore

a pressione differenziale, si mantiene costante la differenza di pressione tra pompa e caldaia in modo che ogni variazione di pressione nella caldaia induce una variazione di velocità nella turbo-pompa di alimentazione e conseguentemente una variazione nella pressione.

Il distillatore può fornire 3 000 kg/ora di distillato con un consumo di 800 grammi di vapore a due atmosfere e a 120° C, per ogni kg di distillato.

Il prodotto va al preriscaldatore degasificatore nel quale arriva anche il condensato delle turbine. L'insieme viene pre-

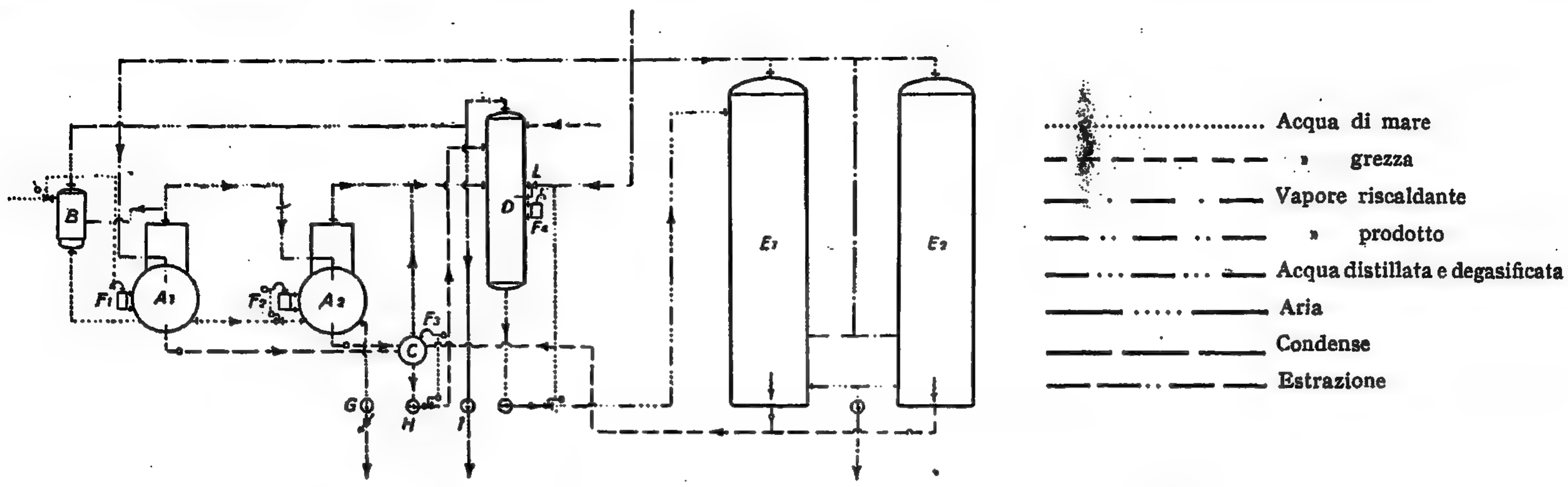


Fig. 15. - Schema dell'impianto di distillazione.

A_{1-2}	Evaporatori	G	Pompa di distillazione
B	Preriscaldatore degasificatore acqua grezza	H	Pompa per le condense
C	Serbatoio di equilibrio	I	Pompa a vuoto Elmo
D	Preriscaldatore di miscuglio	L	Termostato
E_{1-2}	Serbatoi di accumulo	M	Misuratore di estrazione
F_{1-4}	Regolatori	N_{1-4}	Serbatoi di condense

Le pompe sono costruite per funzionare con acqua preriscaldata fino a 100° C.

Sulla tubazione di aspirazione delle pompe sono inseriti due serbatoi-polmone in lamiera di acciaio della capacità complessiva di circa 30 mc chiusi e con un cuscino di vapore a due atmosfere assolute.

L'acqua di alimentazione è, oltre che preriscaldata, anche degasificata in apposito degasificatore che fa parte dell'impianto di distillazione che descriveremo più avanti.

Sul piazzale esterno vi è una vasca in cemento armato nella quale viene accumulato l'eccesso di acqua distillata addottavi da un tubo di soprapieno partente dai due serbatoi metallici. Tale acqua preventivamente degasificata può essere ripresa e ricondotta nei serbatoi.

Il distillatore viene alimentato o con il vapore di scarico della turbo pompa di alimentazione, la quale assorbe a pieno carico circa 2400 kg/ora di vapore, o con vapore vivo prelevato da un'apposita tubazione ausiliaria attraverso una valvola di riduzione che ne riduce la pressione da 40 kg/cmq alla pressione assoluta di 2 kg/cmq. Il distillatore tratta acqua di mare fornita da due pompe (una di riserva). L'acqua passa attraverso un preriscaldatore degasificatore e va quindi ai due corpi evaporatori.

Si può tenere in funzione l'uno o l'altro dei due corpi o tutt'e due in cascata.

riscaldato a 80° C e, ripreso da due pompe, viene immesso nei due serbatoi di alimentazione.

Il tenore in cloro del distillato non supera 1,5 grammi per 100 litri ed il tenore in ossigeno non oltrepassa un decimo di milligrammo per litro di distillato all'uscita del degasificatore.

TURBO-ALTERNATORI (figg. 8, 9, 10 e 16).

Nella centrale sono installati due gruppi turbo-alternatori da 5 000 kW del Tecnomasio Italiano.

Le turbine costruite per vapore a 37 kg/cmq assoluti alle valvole di ammissione e 425° C, sono in due corpi del tipo misto ad azione e reazione. Numero dei giri 3 000 al 1'.

I condensatori a superficie sono per acqua di mare e sono doppi in modo da consentirne la pulizia in servizio (fig. 17). Essi hanno una superficie di 474 mq con 2 050 tubi. L'acqua occorrente a pieno carico è di 1 425 mc/ora.

Il gruppo ausiliario costituito dalla pompa di circolazione e di estrazione del condensatore e della pompa per l'eiettore è azionato normalmente da un motore elettrico. In testa al gruppo e direttamente accoppiata ad esso trovasi una turbinetta a vapore che normalmente viene trascinata dal motore elettrico; se per una causa qualsiasi al motore viene a mancare energia, non appena i giri del gruppo siano scesi ad un limite stabilito,

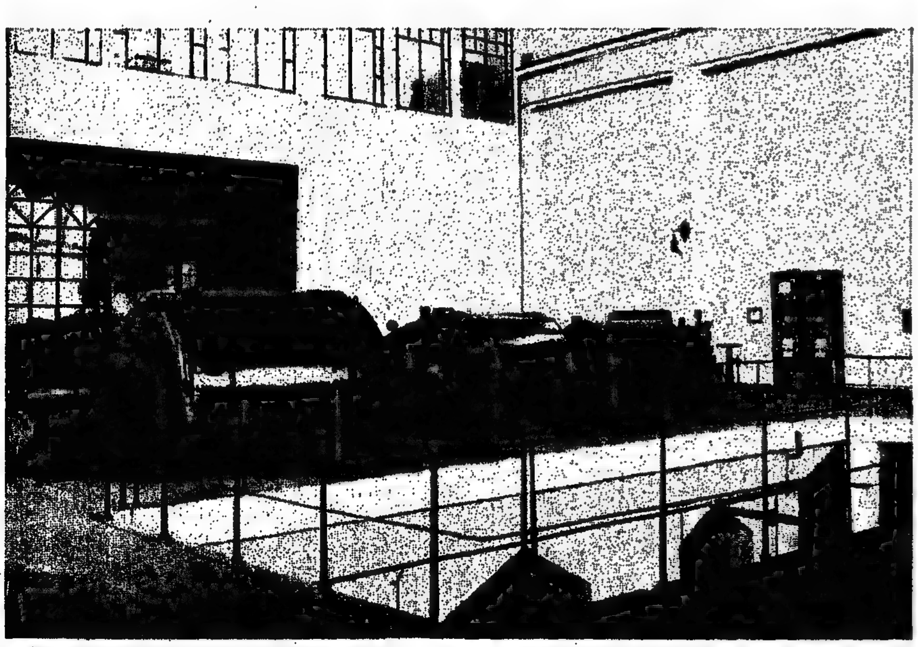


Fig. 16. - Sala macchine: turbo alternatore da 5000 kW.



Fig. 17. - Condensatori, gruppi ausiliari e impianto di raffreddamento dell'aria per l'alternatore.

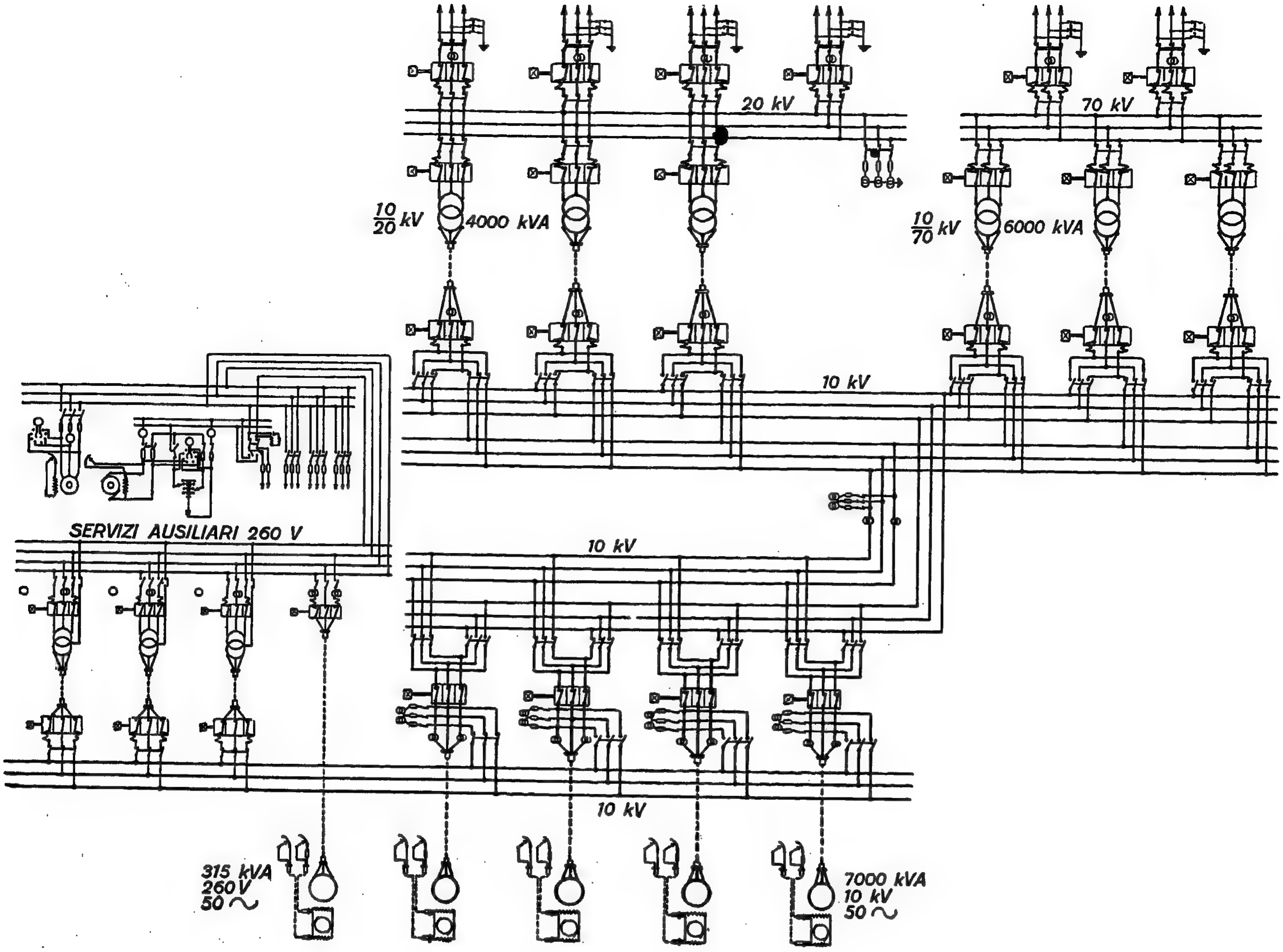


Fig. 18. - Schema elettrico della Centrale.

la turbinetta entra automaticamente in funzione mantenendo in servizio le pompe e trascinando a sua volta il motore.

Gli alternatori hanno una potenza di 7 143 kVA (5 000 kW con $\cos \varphi = 0{,}7$) generabile fra le tensioni di 9 500 e 11 000 V ed alla frequenza di 50 periodi.

L'eccitatrice è della potenza di 40 kW a 100 V.

L'alternatore è raffreddato in ciclo chiuso e provvisto di rivelatori termici.

QUADRO DI MANOVRA (figg. 10 e 18).

Il quadro comprende le ormai note apparecchiature che hanno dato buon risultato in tutti gli impianti del genere.

La corrente necessaria ai servo motori di chiusura ed apertura degli interruttori ed alla illuminazione di sicurezza viene fornita da una batteria di accumulatori.

TRASFORMATORI (figg. 10 e 18).

I trasformatori elevatori installati nella centrale sono quattro, di cui due da 6 000 kVA con rapporto di trasformazione 10 500/70 000 V e due da 4 000 kVA con rapporto 10 500/21 000 V. Essi sono con cassone a radiatori e recipiente d'espansione d'olio a raffreddamento naturale.

Le linee d'uscita a 20 000 V previste sono tre, delle quali attualmente due sole in servizio; per il 70 000 V sono previste due linee, delle quali una attualmente in servizio.

Gli interruttori sono protetti da relais di massima a tempo direttamente inseriti.

Lo sforzo economico ed industriale che la Società Generale Elettrica della Sicilia ha fatto per l'attuazione di quanto si è descritto non va considerato soltanto in relazione all'importanza della spesa incontrata od alla rapidità della realizzazione, ma ancorsì e più forse in relazione al sacrificio che ad essa ne è derivato per la modesta utilizzazione iniziale di questo importante complesso industriale.

Il Ministero dell'Economia Nazionale commentava la convenzione con l'Ente Autonomo con queste parole:

« Si ha piena fiducia che la convenzione avvantaggerà sensi-
« bilmente l'industria solfifera della Sicilia facendole conseguire
« una notevole riduzione del costo di produzione dello zolfo; e
« favorirà efficacemente lo sviluppo industriale ed agricolo
« dell'Isola con benefici generali, dato che la nuova rete di distri-
« buzione di energia elettrica copre tutta la zona solfifera, at-
« traverso la parte interna dell'Isola, che è ora tecnicamente
« meno sviluppata e meno attrezzata ».

La Società ha risposto all'auspicio creando di sana pianta in 14 mesi l'organo idoneo a mettere i benefici dell'elettricità a disposizione di un milione di abitanti (un quarto della popolazione dell'isola) e di tutte le miniere solfifere che danno pane e lavoro ad oltre 10 000 operai.

Essa ha speso per la centrale di Porto Empedocle circa L. 17 000 000 (cioè L. 1700 per kW istallato), e per l'attrezzatura elettrica delle tre provincie interessate di Agrigento, Caltanissetta ed Enna, complessivamente altre L. 45 000 000.

Atti Ufficiali

dell'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche (UNFIEL)

Relazione della Sottocommissione di studio per le Centrali termoelettriche, creata in seno al "Comitato consultivo per la trasmissione e scambio dell'energia elettrica„ presso il Ministero dei LL. PP.

« In alcune apposite sedute la Sotto Commissione di studio per le centrali termo-elettriche costituita dai signori: Vallauri, Bisazza, Salvini, Veroi e Jacobini ed assistita dal Segretario signor Ing. Sta, e nella quale ora a S. E. il Prof. Vallauri è stato sostituito il nuovo Presidente Generale della A.E.I. signor Ing. Prof. Gr. Uff. Bordoni, ha preso in esame preliminare la questione relativa alle Centrali termo-elettriche nei riguardi del loro inquadramento nel sistema generale termo-idroelettrico italiano.

« Si cominciò, pertanto, ad esaminare quali sono i compiti principali che devono assolvere oggi le centrali termo-elettriche, rispetto al sistema degli impianti italiani di produzione e distribuzione di energia elettrica; si sono esaminati, poi, i criteri generali che potrebbe essere conveniente di seguire per il progetto e la costruzione di esse, sia dal punto di vista economico-finanziario che da quello della sicurezza e funzionamento in caso di guerra; ed, infine, si è preso in considerazione, anche, un altro lato pure importante della questione; e cioè, quale possa essere l'influenza e l'aggravio che le spese per la produzione termica portano sui prezzi dell'energia elettrica.

« In un esame preliminare della questione nel suo campo generale è emerso, innanzi tutto, come l'elemento che ha principale importanza in materia di impianti termo-elettrici è la potenzialità del sistema che da essi può essere costituito più che la produzione effettiva annua ricavabile, la cui entità può oscillare, praticamente, entro limiti assai grandi; giacchè su di essa possono influire circostanze e condizioni non solamente dell'industria elettrica ma generali mondiali, che possono variare sensibilmente da tempo a tempo.

« Ciò premesso, e prescindendo da queste speciali condizioni, si può dire che le centrali termo-elettriche debbono assolvere essenzialmente alle seguenti tre funzioni principali:

1) di integrazione delle risorse idro-elettriche disponibili; e conseguente utilizzazione massima di queste ultime;

2) di preparazione del mercato in attesa dell'entrata in esercizio di nuovi impianti idro-elettrici, allo scopo di corrispondere a quella richiesta di energia durante la costruzione di essi, che superi la produzione di cui possono essere capaci gli altri impianti già in esercizio;

3) di riserva in casi:

a) di eccezionale momentanea richiesta di energia per circostanze e servizi speciali (siccità eccezionali, intenso movimento industriale e di trasporto);

b) di guasti ed accidentali sospensioni di servizio degli impianti idro-elettrici a cui esse sono collegate;

c) di uscita permanente dal servizio di centrali idro-elettriche, di cui sia perciò impossibile di servirsi più in casi speciali di torbidi e guerra.

« Tuttavia, nell'indicare tali compiti principali delle centrali termo-elettriche non è possibile, allo stato attuale della produzione, trasporto e scambio dell'energia elettrica di disconoscere che, almeno in parte, ad essi può già oggi assolversi anche con lo scambio di energia tra sistemi di impianti idro-elettrici, opportunamente fra di loro intercollegati, e che abbiano, poi, anche caratteristiche orotopografiche, idrologiche e tecniche costruttive che, nei casi di funzioni reciprocamente integrantesi, permettano i necessari invasi e le conseguenti regolazioni dei deflussi stagionali, che a tali finalità meglio si prestino.

« Circa la funzione integrativa delle centrali termo-elettriche della potenza, in generale discontinua, di impianti idro-elettrici è da rilevarsi che questa è, per naturale conseguenza dello stesso fenomeno idro-elettrico, di per sè stessa ad andamento sempre crescente, e ciò sia perchè con l'entrata in servizio di nuovi impianti idro-elettrici, che salvo casi particolari non risultano mai a completa regolazione idraulica, aumenterà necessariamente la potenza da integrare con mezzi termici, sia perchè alcuni degli impianti idro-elettrici residuali e possibili ad eseguirsi in un vicino o lontano futuro, offriranno probabilmente, perchè meno buoni, una discontinuità percentuale ancora più elevata di quelli già eseguiti; e quindi richiederanno una maggiore necessità ed importanza di corrispondente integrazione termica.

« Nei riguardi della funzione di preparazione del mercato da parte degli impianti termo-elettrici in attesa della graduale entrata in esercizio di nuovi impianti idro-elettrici, si può rilevare senz'altro, che essa deve, in ogni caso, restare contenuta in limiti di potenza in generale ristretti; poichè se ciò non fosse, si verrebbe meno alla stessa premessa economica che deve rendere possibile alla centrale termica di preparare il mercato elettrico.

« Si può pertanto, considerare sempre questa forma di funzione, come una percentuale pressochè costante per ogni sistema elettrico.

« Così, pure, non offre molta importanza nell'esame in corso, e comunque è da considerare sempre di proporzione limitata, la funzione di riserva della centrale termica nei casi di cui ai precedenti n. 3 *a*) e 3 *b*); che sono appunto quelli per i quali, a prima vista, sembrano precipuamente destinati gli impianti termo-elettrici.

« Il caso 3 *c*) assurge, invece, a maggiore importanza; e salvo quanto sopra si è già premesso circa la reciproca integrazione, che peraltro qui diventerebbe più propriamente una vera sostituzione, di durata più o meno lunga, di impianti idro-elettrici fra di loro, è certo che la possibilità di tale evenienza impone alla centrale termo-elettrica, in determinate zone più sensibili della difesa nazionale, una funzione molto più delicata di quanto in passato si era per essa ritenuto ammissibile e di natura non più solo tecnico-economica.

« Circa i criteri generali, sia tecnici che economici, di costruzione ed esercizio di impianti termo-elettrici è emersa la convenienza, in genere, delle grandi unità raggruppate atte a costituire organi di notevole potenza, bene disposti rispetto ai sistemi idro-elettrici a cui debbono essere collegati; tenuto, sempre, debito conto anche della opportunità della loro più facile ed economica alimentazione in combustibili, ed anche, del quantitativo d'acqua che, in misura molto notevole, occorre per il loro esercizio.

« Al riguardo, peraltro, e di fronte a precisi richiami della Autorità Militare, la Sotto Commissione non può escludere del tutto dal punto di vista della difesa bellica l'ubicazione delle supercentrali termo-elettriche, che naturali ragioni economiche e tecniche indurrebbero a costruire preferibilmente in riva al mare, possa far nascere delle preoccupazioni nei riguardi della possibilità di loro più facile offesa da parte nemica. Ma la Commissione deve, d'altra parte, osservare che l'arma di più efficace e precipua offesa contro tali impianti essendo attualmente quella aerea, le preoccupazioni anzidette acquistano altro carattere; e sotto certi riguardi, la questione dell'ubicazione

più o meno portuale delle centrali termiche finisce per assumere una importanza minore di quella che a prima impressione si può giudicare; ed in ogni modo, le preoccupazioni stesse non possono assurgere in generale a tale grado da risultare assolutamente proibitive per l'esecuzione di impianti congeneri in prossimità dei nostri principali porti di mare.

« Nei riguardi dell'incidenza od aggravio che la spesa per la produzione termica porta sui prezzi dell'energia elettrica in genere, la Sotto Commissione deve adottare criteri di grande prudenza al riguardo, data la variabilità degli elementi che, nel complesso, costituiscono la questione termo-elettrica in ogni Paese del Mondo; la quale per noi italiani presenta ed assume, poi, caratteristiche affatto speciali e variabili; nel tempo, nelle singole regioni e per alte finalità di Stato.

« È certo che il problema attuale delle centrali termo-elettriche è grandemente variato rispetto a quello di qualche anno fa, e può, anche, avvenire che, in molti centri marittimi il costo del chilowattora termico possa competere con quello idroelettrico, sia a causa del ribassato costo dei combustibili esteri, sia per i notevoli perfezionamenti tecnici introdotti nella costruzione e nella condotta di impianti termo-elettrici e quando, bene inteso, la durata annua di utilizzazione di questi impianti, sia sufficientemente elevata.

« In queste condizioni di cose, variabili per altro nel tempo e nel luogo; l'incidenza attuale della spesa per la produzione di energia termica su quella idro-elettrica dovrebbe ritenersi almeno limitata; e, quindi, dovrebbe cadere, senz'altro, la preoccupazione che, invece, viene da parte di molti sollevata al riguardo.

« Peraltro l'argomento è in sè stesso gravissimo; ed ha formato e forma oggetto non solo di studi scientifici ma di costruzione ed esercizio di centrali, per così dire, sperimentali; con risultati finanziari, peraltro, che variano, e sensibilmente, da caso a caso, non solamente per le differenti condizioni di impianto e le relative caratteristiche tecniche adottate, ma, e precipuamente, per le differenti modalità e condizioni dell'esercizio a cui in ogni caso si deve soddisfare.

« Senza entrare in particolari indagini, che eccederebbero i limiti imposti a questo contributo allo studio della questione termo-elettrica italiana, non appare, però, fuori di luogo di ritenere possibile che i dati di spesa, d'impianto e di esercizio relativi ai colossi termo elettrici, ciascuno della potenza installata di qualche centinaio di migliaia di kW (1), capaci di una produzione annua di centinaia di milioni di kW-ore attuati in alcune Nazioni del mondo per una produzione continua di energia termica, e costituiti con unità meccaniche anche molto più potenti di quelle impiantate ed in esercizio finora da noi nelle nostre modernissime supercentrali, possano portare a costi unitari del kW-ora prodotto molto più bassi di quelli possibili a conseguire di fatto in dette nostre installazioni termoelettriche.

« Invero in quegli impianti, tanto più grandiosi dei nostri, le spese relative, pure essendo in valore assoluto naturalmente molto ingenti, riferite poi alle corrispondenti produzioni che sono, però, anche esse di un ordine molto più grande di quanto, almeno per ora, si verifica da noi, danno luogo ad un quoziente, costo del kW-ora, che risulta veramente limitato, in causa appunto del divisore eccezionalmente grande, sul quale la grande parte delle spese quasi costanti vanno ripartite.

« Inoltre, deve anche rilevarsi che non è generale il consenso sul consumo unitario di carbon fossile per kW-ora termico prodotto, che da taluni è indicato in 500 grammi per impianti costruiti, naturalmente da unità termiche di notevole potenza ed a lavoro continuativo. Del pari non è sempre esplicitamente dichiarato, nel fornire tale elemento che detto consumo si riferisca a carbone già approntato a bocca di focolare mentre per essere precisi in materia non dovrebbe omettersi di dichiarare:

a) che nel prezzo unitario pagato dall'industriale per carbone a bocca di focolare, e di cui esso si serve per stabilire il costo del chilowattora termico, sono comprese, e vengono perciò computate, tanto le perdite quantitative che tutte le altre quote di spese per le varie manipolazioni a cui il carbone stesso va soggetto dal luogo d'origine a quello d'impiego.

b) che per determinare, nel campo più propriamente quantitativo il fabbisogno effettivo di carbon fossile per la produzione di un kW-ora si debbono naturalmente aggiungere ai 500 grammi anzidetti di effettivo consumo in caldaia, le perdite dal luogo di produzione a quello di consumo.

« A questo riguardo è da ricordare quanto, invero, si è creduto opportuno di precisare da parte industriale in occasione di una recente ben nota disputa sorta, appunto, sul prezzo di rivendita dell'energia elettrica e sul presunto utile che l'industria elettrica realizzerebbe in altra parte del mondo, affermando che:

« .... una recente statistica ufficiale americana attesta che le centrali termiche di quel paese hanno consumato in media 850 grammi di carbone per produrre un chilowattora ».

« Ammesso un prezzo di L. 150 per tonnellata di combustibile in centrale, e già pronto all'impiego, si vede come mentre nella asserzione primitiva di gr. 500 per kW-ora la corrispondente quota di spesa per solo carbone sarebbe stata di L. 0,075 nella seconda precisazione essa si eleverebbe già a L. 0,13; con un incremento unitario, quindi, molto segnificante per le deduzioni possibili a farsi in materia.

« Appare, quindi, giustificata la prudenza consigliata al riguardo dalla Sotto Commissione; giacchè sono certamente in contrasto fra di loro, finchè non vengano precisate le assai diverse ipotesi a cui si riferiscono, l'indicazione apparsa di un costo complessivo di L. 0,15 per kW-ora termico producibile nelle nostre supercentrali, e la quota di L. 0,13 che, invece, occorrerebbe per solo carbone, stando alla seconda precisazione fatta pubblica come sopra si è accennato.

« Ed a comprova può citarsi il prezzo di L. 0,22 a kWh in loco a cui la Edison si dichiara disposta a fornire energia prodotta termicamente con consumo di carbone estero (Cardiff) nella supercentrale di Concenter, quando si impegni una potenza di kW 25 000 per 3000 ore annue, e quindi si garantisca il prelievo minimo di 75 000 000 di kWh ossia un canone annuo minimo di L. 16.500.000.

« Per impianti minori termo-elettrici naturalmente le condizioni economiche porterebbero a qualche incremento sul prezzo anzidetto.

« Ad ogni modo, astraendo da eccessivi ottimismi e restando in un campo più prudente di costo unitario di produzione sia idro-elettrica che termo-elettrica ma in grandi centrali, sembra alla Commissione che possa consentirsi in linea di massima su molti dei risultati enunciati in seno all'ultimo Congresso della UNFIEL tenutosi a Roma nel maggio-giugno dell'anno scorso e ripresi e completati nel successivo Congresso di Trieste dell'Associazione elettrotecnica italiana (estate 1930).

« Pertanto, nelle condizioni attuali della tecnica termodinamica l'energia elettrica prodotta in supercentrali termiche mediante gruppi di grande potenza ed a funzionamento continuativo, sia pure per periodi purchè sufficientemente lunghi, può oggi tener testa, anche in Italia, alla produzione idro-elettrica (ad onta del maggiore costo in Italia dei combustibili importanti coi quali si effettua) *quando la prima si trovi in condizioni favorevoli e la seconda in condizioni sfavorevoli*. Ed è prevedibile, in proseguo di tempo, che questa condizione di cose peggiori a danno della produzione idro-elettrica.

« Naturalmente ciò vale per l'energia generata termicamente nelle suddette *grandi Centrali quando esse siano installate in prossimità del mare o di grandi corsi d'acqua e la zona di relativo consumo sia prossima ad esse e relativamente lontana dalle sorgenti idro-elettriche*.

« Gli impianti termo-elettrici a tali caratteristiche possono naturalmente passare dalla primitiva funzione di sola riserva o di *integrazione eccezionale di magra* nel campo della integrazione stagionale ed anche annuale; ed, in determinate circostanze quantitative e qualitative, possono anche con convenienza economica provvedere alla produzione normale di energia in concorrenza con quella idrica prodotta nelle anzidette condizioni correlativamente, invece, più sfavorevoli per essa.

« E la Commissione ritiene che, così inquadrato e precisato, il problema termo-elettrico non debba vedersi con diffidenza e che non possa avere una eccessiva influenza sul costo dell'energia elettrica: bene inteso entro questi limiti correlativi di produzione idro e termo-elettrica. Invero, allo stato attuale delle cose, con un rapporto termo-idro-elettrico medio generale del 4,1 % dai calcoli che si possono istituire al riguardo l'incidenza economica della produzione termoelettrica su quella idroelettrica risulta dell'ordine di un centesimo a kWh. Ove anche si volesse esaminare la stessa questione al limite massimo che si può supporre per un momento di voler attribuire al rapporto termo-idro-elettrico, e cioè elevandolo a circa 10 % della produzione limite di energia elettrica ammissibile (di circa 35 miliardi di kWh annui) l'incidenza unitaria si eleverebbe di poco. Per contro non è da dimenticare che tale cifra di incidenza, applicata alla produzione complessiva di energia termica darebbe luogo, in confronto di quanto ammesso con la sola energia idro-elettrica, ad un maggiore onere annuo dell'ordine di alcune centinaia di milioni di lire; e che inoltre, nel campo della bilancia commerciale del Paese l'acquisto di carbone all'estero

---

(1) Prescindendo dai colossi americani e riferendosi alla sola sola Europa si deve ricordare che in Francia esistono le più possenti Centrali termo-elettriche fra cui quella di Saint Ouen (330.000 Kw) e l'altra di Gennerillers (300.000 Kw); mentre nella regione Francese a valle di Parigi sono in esercizio 13 centrali termiche della potenza installata di 1.000.000 di Kw.

In Germania non mancano poi impianti congeneri.

per produzione di energia termoelettrica, oscillerebbe al limite massimo ed ai prezzi attuali intorno al mezzo miliardo di lire annue. L'importanza di queste osservazioni è certamente evidente ed esse non potevano perciò omettersi nell'esame della questione termo-idroelettrica.

« Ma, pure restando sempre in un campo di valutazione fondato su medie e solo precisandole un poco di più, deve rilevarsi come passando dal valore medio generale del rapporto termo-idro-elettrico per tutta Italia che nell'anno 1929 è stato del 0,041 e che nel precedente anno 1928 era stato anche molto più basso, e precisamente del 0,027, a quelli medi delle singole regioni, ci si trova di fronte a valori che impongono una differenziazione regionale del problema termo-idro-elettrico italiano, come risulta dai dati riassuntivi seguenti:

1929

REGIONI	Centrali – Idro elettriche – Energia prodotta milioni Kwh	Centrali – Idro elettriche – Durata utilizzazione Ore	Centrali – Termo elettriche – Energia prodotta milioni Kwh	Centrali – Termo elettriche – Durata utilizzazione Ore	Produzione complessiva termo-elettrica milioni Kwh a + b	Rapporto termo-idro-elettrico b/a
	a		b			
Italia Settentrionale .	6776,8	2700	161,7	368	6939,5	0,024
Italia Centrale	1957,4	3110	138,6	853	2096,0	0,071
Italia Meridionale ..	482,2	3450	35,5	449	517,7	0,074
Isole	210,7	2790	51,8	1042	262,5	0,246
ITALIA	9427,1	2810	387,6	525	9814,7	0,041

« Si vede, quindi, come era ragionevole supporre, che la funzione termo-idro-elettrica italiana è variabile nelle *varie regioni del Regno* e *nel tempo*, in relazione al prezzo di acquisto del carbone, ciò che vuol dire in relazione alle condizioni generali del mercato mondiale. L'incidenza finanziaria della funzione termica su quella idrica oltre che risentire di tale variabilità è a sua volta una funzione correlativa della quantità di energia prodotta; e pure essendo ammissibile che essa abbia un andamento crescente rispetto all'asse dei tempi, dovrebbe tendere ad un valore limite non superiore al 10 % della produzione globale.

« Ciò non significa che per considerazioni e circostanze affatto peculiari di un dato momento della vita della Nazione la funzione termo-elettrica, che come si è visto ha caratteristiche precipue di temporaneità e di tempestività, non possa subire nell'andamento normale gradualmente crescente della sua linea rappresentativa un incremento, invece, anche brusco e sensibile relativamente al medio normale di un periodo antecedente.

« Ciò può avvenire per esempio, per condizioni speciali finanziarie nel mercato mondiale dei carboni esteri, o per la necessità di procrastinare od evitare uno sforzo pure finanziario attuale, che il capitale privato non potesse o non fosse disposto ad affrontare nel momento stesso e tenda, invece, a realizzazioni industriali meno onerose nell'investimento, più prontamente eseguibili, ed il cui onere di esercizio, eventualmente anche più oneroso, possa però essere compensato da condizioni del mercato, invece, dell'energia elettrica favorevoli sia nei riguardi del prezzo di vendita che del suo collocamento nelle industrie e nei vari usi civili, agricoli, privati e pubblici della Nazione.

« Questo ad esempio, può anche essere il caso del momento attuale, in cui il costo dell'energia termica viene valutato dai grandi industriali presso a poco pari a quello dell'energia idroelettrica; con il vantaggio per essi, pure attuale e momentaneo, di non esporsi in questi momenti a ragguardevoli maggiori disborsi di capitali non troppo facili a trovarsi a condizioni di tasso favorevoli; mentre essi possono ugualmente conseguire una sufficiente elasticità di esercizio, riuscendo temporaneamente a provvedere a necessità attuali, alle quali, poi, quando siano divenute di entità notevole e tali da richiedere e rendere possibile provvedimenti definitivi più importanti si potrà sempre soddisfare con appropriati impianti idro-elettrici nell'interesse dell'economia generale.

« Riappare, cioè, la funzione termo elettrica sotto la sua veste di servizio d'avanguardia, snello e relativamente poco gravoso; con esso si prepara, per così dire, il terreno a quei più pesanti servizi a cui si dovrà provvedere successivamente con adeguati impianti definitivi idro-elettrici; dopo di che le installazioni termiche passeranno dal loro stato di avanguardia a quello, invece, di riserva, compiendo così il loro completo ciclo di servizio e sfruttamento industriale.

« In questo ordine di idee, portanti anche ad un notevole ed accelerato incremento attuale della funzione termo-elettrica, seguirebbe sempre, poi, a quest'ultimo la fase di compensazione e di conguaglio che con un'adeguata successiva diminuzione correlativa nello sviluppo della funzione termo-elettrica me desima che dovrebbe tendere a non oltrepassare un certo limit percentuale (10 %) da prefissarsi, ad esempio, in un certo li mite percentuale, al termine del periodo venticinquennale i cui si presuppone che la messa in valore della residua energi idro-elettrica industriale conveniente a realizzarsi abbia a essere un fatto compiuto.

« Uscendo ora dal campo più propriamente industriale ed eco nomico, la Commissione deve per ultimo mettere in evidenz un lato affatto speciale ed importantissimo che ha per l'Itali la questione termo-elettrica nei riguardi della stessa sicurezza difesa della Nazione in periodi difficilissimi, sia di scioperi pro lungati nei bacini carboniferi esteri o di lotte di tariffe minera rie, come, e sopratutto, in quelli ancora più gravi ed eccezional di guerra.

« Nel periodo immediatamente precedente alla grande confla grazione Europea dal 1911 al 1914, una grande campagna f fatta per sostenere da una parte la convenienza degli impiant termici per produzione di forza motrice e dall'altra per cercar di dare, invece, incremento allo sviluppo degli impianti idr elettrici con trasporto a distanza dell'energia prodotta.

« Col prezzo eccezionalmente basso del carbone estero, con miglioramenti e le innovazioni che si cominciavano fino da a lora ad apportare negli impianti termici, con l'indipendenz del funzionamento di ogni singolo impianto termico, e con l possibilità, così di creare in sito anzichè trasportare con pe dita l'energia elettrica, ne derivò una condizione tale a favor degli impianti termici che contro i loro sostenitori non ebber piena efficacia le ottime considerazioni e ragioni che da part degli idro-elettrici venivano, anche allora, messe avanti; prim fra le quali la necessità di valorizzare le energie proprie ond migliorare la bilancia commerciale del paese.

« Gli impianti termici, sia a vapore che a combustibili liqui o gassosi di potenza, peraltro, sempre non eccessivamente el vata, presero il sopravvento.

« Venne la guerra dura, e contro ogni credenza ed aspettativ lunghissima; e con essa si presentarono crude e nette le grav conseguenze per noi di quella politica termica.

« Provvedimenti di legge, disposizioni temporanee, sovven zioni ed eccitamenti piovvero in grande copia perchè si attuas sero dagli industriali idro-elettrici, nei limiti massimi del possi bile, nuovi impianti e si effettuasse lo sfruttamento nel pi intenso dei modi di quelli già esistenti, addivenendosi anche quei primi collegamenti ed interscambi di energia fra i var gruppi elettrici delle regioni nordiche d'Italia, ed al raziona mento de l'energia disponibile a mezzo di appositi Commissari in modo da supplire al massimo alla deficienza d'energia e d fare, così, sentire il meno possibile la mancanza di quegli im pianti idro-elettrici combattuti e tenuti lontani dalla loro realiz zazione dalle considerazioni economiche industriali dell'ante guerra, a cui sopra si è alluso.

« Nel dopo guerra e specialmente dopo passati i torbidi ann di lotte sociali interne, la politica delle utilizzazioni idro elettriche si è risvegliata vigorosa, ed aiutata questa volta dall'alto costo del carbone, e delle altre materie prime occorrenti per gli impianti termici, ha preso, almeno finora, il sopravvento su quest'ultimi, come lo comprovano i dati statistici ufficiali qui sotto riassunti:

N.° di ordine	INDICAZIONI	Potenza installata in migliaia di Kw. – Idro-elettrica	Potenza installata in migliaia di Kw. – Termo elettrica	Potenza installata in migliaia di Kw. – Totali	Produzione annua di energia in milioni di Kw. – Idro-elettrica	Produzione annua di energia in milioni di Kw. – Termo elettrica	Produzione annua di energia in milioni di Kw. – Totali
1	Anno 1920	933	281	1.214	3.562	125 (1)	3.687
2	» . 1929	3350	738	4.081	9.427	388	9.815
3	Incremento totale (2-1)	2417	457	2.874	5.865	263	6.128
4	Rapporto d'incremento $R = \frac{1929}{1920} = \frac{2}{1} =$	3,59	2,62	3,37	2,64	3,1	2,66

(1) Nel 1928 tale valore era di 235 milioni. Il notevole incremento è dovuto alle supercentrali termo-elettriche. Tuttavia è sempre limitato il rapporto termo-idro-elettrico = 0,041.

« Queste cifre precisano il fenomeno correlativo termo ed idroelettrico, e non è il caso di farne alcuna interpretazione.

« Ma come si è visto in precedenza, da un certo tempo in qua si è rinnovato l'orientamento dei produttori di energia elettrica a favore, un'altra volta, della produzione termica; movimento che si fonda su considerazioni abbastanza analoghe a quelle dell'anteguerra, alquanto più marcato per effetto dei maggiori perfezionamenti raggiunti nelle grandi centrali termo-elettriche dei Paesi esteri, e dell'attuale ritorno a prezzi più bassi dei combustibili pure esteri, e più precisamente del carbon fossile, aggirantesi intorno alle 130-140 lire alla tonnellata Cif Italia.

« Di tale tendenza, manifestazioni autorevoli si sono avute nel Congresso della UNFIEL tenuto nel maggio dello scorso anno in cui si è anche rilevata la possibilità che i progressivi miglioramenti della tecnica termoelettrica, eccentuino la produzione termica rispetto a quella idroelettrica e creino, quindi, per noi un grave legame di dipendenza dall'Estero, da cui il nostro Paese era riuscito a svincolarsi quasi completamente nei riguardi degli impianti fissi per la produzione di energia.

« Tale pericolo non può non essere tenuto presente, anche nei riflessi della stessa nostra difesa nazionale; e la Commissione ha voluto perciò, uscendo fuori dal campo più propriamente tecnico ed industriale, mettere in evidenza questo lato affatto politico e statale della questione stessa, che tocca direttamente i più vitali interessi dell'intera Nazione tanto in tempo di pace (scioperi carboniferi, lotta di tariffe, controllo estero dello sviluppo e dell'attività nostra industriale, ecc. ecc.) come, e soprattutto, in quelli più difficili di guerra.

« La deficienza pressochè assoluta di disponibilità di combustibile ad elevato potere calorifico nel nostro sottosuolo, le difficoltà gravi che possono frapporsi od impedire anche del tutto il loro trasporto dall'estero in detti tempi calamitosi, l'onere finanziario elevatissimo da sostenere per averli ed introdurli nel Regno, in ogni caso e sempre bene inteso in misura molto ridotta rispetto al fabbisogno effettivo ed a quanto può, invece, aversi in tempi normali, le conseguenti dannose riduzioni delle nostre attività in cui detti combustibili debbono essere impiegati, sono a tutti noi ben note per la dura esperienza fattane pochi anni or sono, perchè qui basti solamente di riaccennarvi.

« D'altra parte è pure un fatto irrefutabile che molti degli impianti idro-elettrici più facili ed appetibili al capitale privato sono stati per i primi ed ormai quasi tutti tradotti in atto, e costituiscono quel meraviglioso nostro patrimonio idroelettrico, che, in massima parte, è dovuto al capitale ed alla iniziativa privata; pur non disconoscendosi allo Stato il prezioso concorso da esso apportato soprattutto con adeguati e liberali provvedimenti legislativi alla soluzione del ponderoso problema.

« Necessariamente, quindi, assai meno favorevoli saranno le condizioni in cui l'industria idro-elettrica verrà a trovarsi d'ora in avanti in fatto della ulteriore valorizzazione delle risorse idrauliche residuali, e a ciò porteranno così le maggiori difficoltà tecniche come la più elevata spesa che importeranno le relative opere di sfruttamento, sebbene in qualche misura verrà apportato un compenso dalla migliore utilizzazione dei bacini e dal più razionale collegamento fra le reti.

« Del notevole sforzo che in grandissima parte si dovrà ancora richiedere ai risparmiatori italiani sembra pertanto logico che lo Stato debba necessariamente tenere debito conto intervenendo, se ne vuole assicurata l'esecuzione per le finalità più generali a cui si dovrà soddisfare, con ulteriori provvedimenti legislativi ed amministrativi, più efficaci ed integrativi di quelli finora adottati per la fase di impianti relativamente meno difficili, meno costosi ed invece più redditizi.

« E ciò vale soprattutto per quegli impianti più speciali, fra cui quelli appenninici, la cui attuazione, oltrepassando i limiti di un interesse privato industriale tende ad assicurare invece, e sopratutto, il conseguimento di pubbliche utilità ed a garantire delicati interessi generali nazionali.

« L'opera più complessa con la quale soddisfare a queste finalità di carattere più generale importa indubbiamente un investimento di capitale che può eccedere la pura convenienza industriale della sua attuazione; alla quale, perciò, il capitale privato non può accedere, essendo nell'ordine naturale delle cose che esso cerchi investimenti prontamente e sicuramente redditizi.

« In tali casi il capitale sfuggirà ed allora se l'opera da attuare è veramente di utile pubblico o riveste addirittura il carattere di necessità nazionale, lo Stato per renderne possibile l'attuazione dovrebbe intervenire sia obbligando a contributo, da stabilirsi caso per caso ed in misura adeguatamente proporzionata all'utile, tutti coloro che vengono a risentire beneficio dell'opera, sia concorrendo direttamente anch'esso con appropriati provvedimenti legislativi ed altre agevolazioni fiscali per la parte di interesse più generale nazionale.

« Altrimenti ove lo Stato ciò non facesse, avverrebbe inevitabilmente, come l'esperienza ci ha insegnato, che, mancando al capitale privato ogni stimolo d'interesse l'opera stessa non verrebbe mai attuata, ed allora da una parte le finalità volute non saranno mai praticamente conseguite e dall'altra le necessità a cui si intendeva di provvedere resteranno deserte con pericolo di dovere un giorno pagarne ben più cara la tardiva esecuzione o subire le gravi conseguenze della sua mancata esecuzione tempestiva.

« È, invero, notorio a tutti che già in tempi normali è grave lo sforzo ed è necessario un adeguato, ed in generale, non breve periodo di tempo per l'attuazione di impianti del genere, e che tali condizioni si aggravano moltissimo in tempi di guerra; ed allora non bastano più la ferma e buona volontà di volere fare ad oltranza e la buona disposizione a sopportare qualsiasi onere finanziario per riuscire ad attuare qualcuno degli impianti suddetti; perchè innanzi tutto nulla si può improvvisare e poi perchè la più limitata potenzialità industriale che, dopo aver provveduto alle più imperiose necessità di guerra, si può ancora destinare a dette opere, ne rende necessariamente molto più ardua e lunga la loro pratica esecuzione.

« Ed a completare questo esame generico è da rilevare pure come anche le eventuali sostituzioni di impianti termo-elettrici ora eseguiti ma che poi di fatto venissero messi praticamente fuori servizio per mancanza od insufficienza di alimentazione in carbone in tempi difficili, con nuovi impianti idro-elettrici, urterebbero, inevitabilmente, contro tutte le difficoltà qui sopra fatte presenti, e pertanto potrebbe avvenire, come già purtroppo è avvenuto e con gravissime conseguenze per noi, e con pericolo anche della stessa sicurezza del Paese che proprio nel momento in cui è più che mai necessario di fare affidamento sulle proprie installazioni elettriche, onde averne il massimo prodotto in energia, verrebbe a mancare in tutto od in parte notevole quel contributo termo-elettrico che ragioni economiche-finanziarie del tempo di pace ebbero a favorire a scapito della messa in valore delle energie idro-elettriche.

« È evidente che in tal caso il danno che ce ne verrebbe sarebbe tanto maggiore e più sentito quanto più grande sia il rapporto termo-idro-elettrico di produzione, il che precipuamente si verificherebbe allorquando dalle funzioni naturali di integrazione stagionale e di riserva le centrali termiche passassero, in elevato grado alla funzione base nella produzione nazionale dell'energia elettrica.

« Sembra pertanto che non convenga aumentare eccessivamente il rapporto fra la produzione termo-elettrica e quella globale sebbene in parte, al problema del mantenimento in efficienza delle centrali termiche anche in periodi di diminuita o cessata importazione di carbon fossile dall'estero, possa provvedersi mediante la creazione di depositi di riserva per intervalli di tempo sufficientemente lunghi. È anche vero, peraltro che questi importerebbero immobilizzi non indifferenti ed un ulteriore aggravio sul costo della produzione dell'energia elettrica, che probabilmente non potrebbe farsi pesare direttamente sui bilanci industriali.

« Per ultimo la Commissione, pur riservando in più appropriata sede competente la trattazione della razionale utilizzazione in sito dei combustibili nazionali, ritornata peraltro ora nella competenza, appunto, del Ministero dei LL. PP., non può a meno di richiamare, sia pure a semplice titolo di memoria, la necessità che acquista appunto grandissima importanza nei tempi difficili di guerra, di coordinare il sistema termo-elettrico costituibile con centrali baricentriche nei giacimenti o sistemi di giacimenti di combustibili nazionali a limitato potere calorifico con quelle idro elettriche regionali corrispondenti ai bacini dei suddetti combustibili nazionali.

« Sull'utilizzazione di questi ultimi, si deve, invero, rilevare che in generale si parla in modo troppo semplicista e riassuntivo; mentre che lunghi ed accurati studi fatti al riguardo portano a concludere che il loro concorso alla soluzione del problema generale elettrico italiano, specie in tempi di guerra può essere tutt'altro che trascurabile, se, però, ben disciplinato e bene predisposto, come lo deve essere, nel tempo, nei modi e nell'entità.

« Anche qui, però, si tratta di un'utilizzazione nè unicamente nè prevalentemente industriale; e ciò spiega il perchè i grandi raggruppamenti idro-elettrici italiani si siano di fatto disinteressati, anche a seguito dei molteplici insuccessi diretti e indiretti riscontrati nella pratica soluzione del problema, dall'accedere alla attuazione di impianti del genere, nonostante le provvidenze speciali di legge, dettate fin dal tempo di pace, al fine di dare, invece, ad essi un congruo sviluppo per averli così in piena efficienza in tempi di più gravi difficoltà.

« Ciò può anche comprovare che i provvedimenti adottati e le agevolazioni accordate non sieno ancora quelle necessarie e sufficienti allo scopo; dovendosi riconoscere che le finalità sopra accennate non collimano invero con interessi strettamente industriali e privati; anzi la loro realizzazione tende ad imporre delle speciali soggezioni e limitazioni di esercizio che l'indu-

striale ed il capitale privato non sono in effetti chiamati ad assumere ad intero carico esclusivo.

« E poichè, invece, è il prevalente e supremo interesse pubblico nazionale che impone di non trascurare la valorizzazione di queste, come di altre costose risorse interne del nostro Paese, la cui disponibilità in piena efficienza può, anche in determinate contingenze, compensare ad usura ogni sacrificio attuale, è da formulare il voto che, messi da parte tanto gli ottimismi quanto i pessimismi non giustificati da cui generalmente e superficialmente questa questione è circondata, il Governo Nazionale come provvede ad altre esigenze di carattere speciale e di precipuo interesse supremo del Paese, passi dallo stadio, ormai superato, di studi a quello di attuazione di provvedimenti adeguati ad assicurare il tempestivo conseguimento delle sopra accennate alte finalità generali dell'intero Paese.

« La Commissione non ritiene però nel suo mandato di entrare più a fondo in questo lato della questione termo-elettrica italiana con utilizzazione di combustibili nazionali, ma non poteva d'altra parte, prescindere dal farne il breve richiamo che precede, per l'interesse stesso grandissimo che il problema medesimo può presentare in momenti più gravi di guerra.

« In simili circostanze potrebbe, invero, aversi la disponibilità di circa 300 000 kW installabili in pochi impianti di razionale utilizzazione di combustibili nazionali disposti in posizioni baricentriche rispetto ai corrispondenti bacini alimentatori; che con una utilizzazione spinta in tali momenti al più elevato grado come la potenzialità e la disponibilità dei giacimenti stessi possono permettere, se tenuti in dovute condizioni di coltivazione e sfruttamento, potrebbero produrre oltre 1 000 000 di kW-ore-anno e verrebbero a rafforzare il sistema termoelettrico a combustibili, invece, esteri, già esistenti; e che alla fine del 1929 era rappresentato da una potenza installata di kW 738 201 con una produzione annua di 387 600 000 kW-ore in base ad una utilizzazione media limitata però a sole 594 ore anno.

« È da notarsi per ultimo che tale serie di impianti avrebbe come precipua sede l'Italia Centrale e quindi lontana dai confini politici del Regno presso i quali, invece, si sviluppa la maggior parte dei nostri impianti della cinta Alpina e prealpina nell'Italia Settentrionale.

« Sembra, pertanto, alla Commissione che, allo stato delle cose, da tutto quanto precede si possano dedurre le principali conclusioni che seguono:

1) La natura complessa e la funzione variabile della questione termo-elettrica italiana non ammette una soluzione generica nè conclusioni categoriche definitive; e, pur riconoscendosi che anch'essa deve inquadrarsi nel sistema generale idro e termo-elettrico nazionale, si ritiene che non siano da adottare criteri generali troppo rigidi in materia di impianti termoelettrici, siano essi a funzione continuativa od in servizio di integrazione parziale o di riserva.

2) L'esame dei rapporti percentuali termo-idro-elettrici sia di potenza che di produzione d'energia escludono qualsiasi possibilità attuale di pregiudizievole influenza della produzione termica sul sistema generale elettrico italiano. Nessun dubbio può quindi elevarsi sulla necessità del correlativo incremento tra le due produzioni rispettivamente idro e termo-elettrica; ciò, anzi, essendo entro certi limiti imposto dalla finalità precipua di rendere la maggiore possibile utilizzazione idro-elettrica italiana, ciò che può conseguirsi solamente con adeguata integrazione, appunto, termica che corregga e supplisca le deficienze stagionali idriche regionali.

3) È del pari ammissibile anche per noi, e senza che ciò possa giustificare eccessive preoccupazioni, che per speciali condizioni e per circostanze finanziarie ed economiche di un dato momento della vita della Nazione, la funzione termo-elettrica, che ha spiccate caratteristiche di temporaneità e di tempestività, possa subire un incremento subitaneo anche notevole, in conseguenza soprattutto dei grandi progressi fatti dalla moderna tecnica termo-dinamica, per i quali la produzione d'energia nelle grandi centrali termiche, costituite con grosse unità, installate preferibilmente in vicinanza del mare o di corsi d'acqua ed aventi la zona di relativo consumo a se stesse prossima, può fare concorrenza alla produzione idro-elettrica con impianti attuali più complessi e costosi e con trasporto dell'energia da essi prodotta a notevole distanza per trovare il centro di collocamento e consumo.

4) Lo studio all'uopo fatto mostra la grande differenza che la questione termo-elettrica ha di fatto nelle singole varie regioni d'Italia e dei vari suoi bacini orografici. In dipendenza appunto di tali rapporti percentuali termo-elettrici di ciascuna regione o bacino risulta la deficienza teorica e quindi la eventuale futura necessità di dare ancora un ulteriore sviluppo ad impianti termici anche nelle stesse regioni che appaiono maggiormente dotate di energia idro-elettrica e ciò più spiccatamente in alcune altre regioni o bacini specialmente dell'Italia Centrale e Meridionale.

5) È però conseguenza diretta delle speciali sfavorevoli condizioni del nostro Paese in fatto di disponibilità propria di combustibili in genere, che, pur ammettendosi per la funzione termo elettrica un andamento sempre crescente, il quale può anche temporaneamente elevarsi bruscamente, il rapporto termo-idro-elettrico italiano non debba superare un certo valore limite, oltre il quale l'acquisto all'estero del combustibile necessario influisca troppo sensibilmente ed a nostro sfavore sulla bilancia commerciale del Paese, ed al tempo stesso l'entità rilevante della produzione termica acquisti un peso tale che, in valore assoluto, costituisca un aggravio reale per il consumatore.

Ad un eccessivo incremento, poi, della produzione termoelettrica conseguirebbe necessariamente un aggravio della nostra dipendenza dall'estero in materia di rifornimento di carbone tanto più sentito in determinate emergenze e particolarmente in caso di guerra. E per quanto al problema dei rifornimenti si possa pensare anche di provvedere in parte mediante la creazione tempestiva di adeguate riserve di carbon fossile, od altro combustibile, queste costituirebbero sempre un aggravio a danno del costo dell'energia termo-elettrica, che difficilmente potrebbe essere sostenuto da bilanci industriali, e che comunque verrebbe a pesare non poco sulla bilancia economica del Paese.

6) Da quanto precede deriva come non sarebbe conforme all'interesse del nostro Paese un deciso orientamento verso la stasi, sia pure temporanea, degli impianti idro-elettrici residuali a farsi ed in ispecie, per ragioni molteplici ben notorie, di quelli appenninici; ciò contrastando con alte finalità politiche, sociali e di sicurezza stessa del nostro Paese che impongono, invece, la valorizzazione massima possibile delle nostre risorse in genere idriche nazionali.

Considerato, peraltro, che l'esecuzione di questi ulteriori impianti idro-elettrici a caratteristiche tecniche più difficili potrebbe importare talvolta per essi un più elevato costo di costruzione che può anche oltrepassare quel limite di convenienza economica indispensabile perchè il capitale privato vi possa accedere, risulta evidente la necessità di un efficace interessamento da parte dello Stato.

7) Quest'ultimi concetti e direttive si ritiene che debbano venire estese anche all'utilizzazione dei combustibili nazionali con impianti razionalmente studiati e ben disposti rispetto ai giacimenti bene accertati e di cui sia possibile l'utilizzazione senza eccessivi aggravi per l'economia Nazionale, devolvendo, inoltre, le agevolazioni statali non più alla costruzione degli impianti, ma al loro esercizio, giusta le più prudenti direttive ora adottate in materia nelle competenti Superiori Sedi ».

LA COMMISSIONE.

Roma, 1931-IX.

***

La Relazione che sopra riportiamo, pur dimostrando in molti punti una chiara visione dei problemi dell'industria elettrica italiana e la lodevolissima intenzione di prospettarli in modo giovevole anzichè nocivo a questa preminente fra le iniziative industriali paesane, merita da parte nostra qualche aggiunta e alcuni commenti.

LE CENTRALI TERMICHE ITALIANE. — Anzitutto non si possono mettere sullo stesso piano, né ritenere senz'altro simili tutte le installazioni termo-elettriche e l'energia che esse producono o possono produrre.

In Italia esistono:

1) Sei grandi centrali termiche moderne o supercentrali (Genova, Livorno, Napoli, Piacenza, Turbigo, Marghera) destinate all'alimentazione, per integrazione e riserva, di intere zone regionali, ed esercite da gruppi di Società. La loro potenza complessiva attuale è di circa 225 000 kW, ma possono facilmente ampliarsi fino ad una potenza complessiva di circa kW 680 000.

2) Una cinquantina circa di altre centrali termiche, di potenza unitaria superiore a 500 kW, destinate all'alimentazione per integrazione e riserva di zone più ristrette, generalmente esercite da Società singole.

La loro potenza complessiva è di circa 350 000 kW.

3) Una decina di altre centrali termiche, di potenza unitaria superiore a 500 kW, che servono promiscuamente ad uso proprio del produttore ed a vendita a terzi. La loro potenza complessiva è di circa 10 000 kW.

4) Tre centrali termiche della Società Boracifera del Larderello (con una potenza installata di circa 12 000 kW *ed una produzione annuale di circa* 60 000 000 di *kWh*), *sono da considerarsi alla stregua di centrali idroelettriche ad acqua fluente*, utilizzando esse un gas naturale di mano in mano che si rende disponibile.

5) Quattro centrali termiche (Castelnuovo dei Sabbioni, Pietrafitta, Torre del Lago, Gualdo Cattaneo) costruite nell'immediata prossimità di miniere o cave di combustibile nazionale, e non altrimenti alimentabili. La loro potenza complessiva è di circa 80 000 kW. La prima non funziona che eccezionalmente e per un numero d'ore trascurabili; e le ultime tre sono inattive, nè si prevede che la loro produzione possa riprendere senza speciali provvedimenti.

6) Una quarantina circa di centrali termiche, di potenza unitaria superiore a 500 kW, destinate all'alimentazione di singoli opifici industriali. La loro potenza complessiva è di circa 90 000 kW. Fra esse però la maggior parte in numero, e le maggiori in potenza, sono alimentate o da gas d'alto forno, (come quelle della Soc. Cogne ad Aosta, dell'Ilva a Porto Ferraio, a Piombino, a Bagnoli, degli Alti Forni della Venezia Giulia a Trieste) o da vapore di ricupero di altre lavorazioni industriali. La loro produzione è perciò intimamente connessa ai singoli processi industriali.

7) Infine un numero imprecisato di centrali termiche inferiori in potenza unitaria a 500 kW ed alimentanti piccoli centri di distribuzione (specialmente nel Meridionale e nelle Isole) o piccoli opifici.

Nell'anno 1930 *la produzione delle elencate categorie di centrali termoelettriche fu di :*

per	il	gruppo	1)	circa	kWh	16 000 000
»	»	»	2)	»	»	100 000 000
»	»	»	3)	»	»	500 000
»	»	»	4)	»	»	60 000 000
»	»	»	5)	»	»	—
»	»	»	6)	»	»	115 000 000
»	»	»	7)	»	»	12 000 000,

onde l'utilizzazione annua del macchinario termico installato (rapporto fra l'energia prodotta e la potenza installata) risultò per i sette gruppi la seguente:

Gruppo	1)	ore	70
»	2)	»	300
»	3)	»	50
»	4)	»	5 000
»	5)	»	—
»	6)	»	1 300
»	7)	»	400

Evidentemente le varie categorie di centrali termiche hanno caratteristiche, finalità ed utilizzazioni così diverse da non potersi, senza evidente errore o confusione, mescolare in un unico giudizio.

Agli effetti del funzionamento dell'industria elettrica, esercente la produzione e distribuzione di energia a terzi, per arrivare a conclusioni attendibili dovremo limitarci a considerare le prime due categorie.

Infatti la terza non ha importanza nè per la potenza nè per la produzione effettiva o potenziale: la quarta funziona come le centrali idrauliche: la quinta nelle condizioni attuali è come se non esistesse; ed infine la sesta e la settima sono estranee all'industria elettrica propriamente detta.

Faremo però subito osservare una differenza notevole fra le categorie 1) e 2). Nella prima sono tutte centrali modernissime, composte di grosse unità produttrici, ad alto rendimento, nelle quali il consumo per kWh prodotto può anche arrivare a gr 500 per funzionamento continuo. Quelle del gruppo *b*) sono in generale centrali di meno recente costruzione, provviste di unità di minore potenza e nelle quali il consumo unitario probabilmente non scende sotto a 1 kg, neanche in funzionamento uniforme.

Analoga distinzione si ritrova negli altri paesi d'Europa e d'America; da essa dipende l'apparente contraddizione rilevata dalla Relazione fra le diverse copie di consumo citate in diverse occasioni. La contraddizione non esiste affatto come mostra di credere la Relazione; basta accertare e considerare il significato esatto di ciascuna cifra.

LE CENTRALI TERMICHE IN FUNZIONE DI RISERVA. — Quanto alle funzioni delle centrali termiche nell'economia della produzione elettrica italiana, bisogna distinguere due ben diversi aspetti:

La funzione di integrazione, riserva e preparazione del mercato esaminata dalla Relazione.

La funzione generatrice normale in sostituzione (concorrenza) delle centrali idrauliche.

È evidente che per la prima funzione non ha alcun senso il confronto istituito dalla Relazione fra le due produzioni rispettive. Da una parte la produzione idroelettrica è quella consentita dalle dotazioni di acqua che la Divina Provvidenza largisce istante per istante e, che i serbatoi stagionali e giornalieri e gli allacciamenti alpino-appenninici servono soltanto, e solo parzialmente, a meglio distribuire nel tempo, ma non a garantire nel *quantum*; d'altra parte le centrali termiche, in quanto funzionano come integrazione o riserva, sarebbe desiderabile per tutti che non funzionassero mai.

Non è dunque il rapporto fra le produzioni effettive dei due sistemi idraulico e termico che si deve considerare per giudicare la loro importanza relativa bensì il rapporto fra le relative potenze efficienti o in parole diverse, fra le relative *producibilità*.

Orbene, nel maggio 1931 gli impianti termici delle categorie 1) e 2) avevano una potenza installata di 225 e 350 mila chilowattora rispettivamente che potremo ridurre a 200 e 300 mila suscettibili di funzionare in esercizio corrente.

Nelle centrali idroelettriche ad uso commerciale era alla stessa data installata una potenza complessiva di 2 930 000 kW, mentre la potenza massima istantanea fornita era di 1 400 000 kW. Osservando che non tutta la potenza installata può considerarsi come efficiente, sia per la necessaria riserva, sia perchè le centrali ad acqua fluente e quelle a serbatoio hanno generalmente la massima efficienza singola in periodi diversi dell'anno, potremo ritenere con buona approssimazione che la massima potenza efficiente complessiva delle centrali idroelettriche commerciali fosse nel maggio 1931 di circa kW 2 milioni.

$$\text{Il rapporto } \frac{\text{potenza termica efficiente}}{\text{potenza idraulica efficiente}}$$

era quindi, per l'industria elettrica, a quella data, del 10 % per le centrali termiche della categoria 1) e del 15 % per le centrali termiche della categoria 2), complessivamente del 25 % per entrambe le categorie.

$$\text{Il rapporto } \frac{\text{potenza termica efficiente}}{\text{carico massimo erogato}} \text{ sale invece al } 14{,}2\ \%$$

per la categoria 1), al 21,5 % per la categoria 2), al 35,7 % complessivamente. In altre parole, le centrali termiche commerciali attualmente esistenti possono supplire ad una deficienza di potenza idraulica pari a circa il 35,7 % del massimo carico commerciale attuale ed a circa il 25 % del massimo carico fronteg-

giabile dal complesso delle centrali idroelettriche commerciali esistenti, in piena efficienza.

Queste cifre dimostrano che una questione termoelettrica, nel significato di bisogno di costruire centrali termiche, non esiste in Italia. Le Aziende Elettriche hanno già provvisto con larga esuberanza a garantire il servizio per ogni evenienza con installazioni termoelettriche che già allo stato attuale possono essere sufficienti per un carico ed un consumo ben maggiore dell'attuale e che cogli ampliamenti già predisposti saranno sufficienti per un lungo periodo d'anni. Ogni ulteriore immobilizzo del genere costituirebbe un errore colossale, che per fortuna la penuria odierna di danaro immobilizzabile basta da sola ad impedire.

LE CENTRALI TERMICHE E IL DIESEL. — La seconda funzione delle Centrali termoelettriche è quella di sostituire, *in concorrenza*, le centrali idrauliche. Anche qui siamo spiacenti di non poter essere in tutto d'accordo colla Relazione. Essa mostra di mettere in dubbio i costi unitari, citati al Congresso di Roma della UNFIEL, osservando: *a*) che al prezzo di costo del combustibile bisogna aggiungere le spese e perdite di trasporto a bocca di focolare; *b*) che occorre tener conto delle perdite di trasporto energia dal luogo di produzione al luogo di consumo; *c*) che una recente statistica americana dà un consumo medio di 850 gr di carbone per kWh. A queste osservazioni noi dobbiamo obbiettare: che la sostituzione di centrali termiche alle idrauliche si farebbero certo con macchinario e caldaie modernissimi, posti generalmente in centri di forte consumo e sul mare. Verrebbero ridotte in tal modo al minimo, tanto le spese e perdite di trasporto del combustibile, come quelle di trasporto dell'energia. Quanto al consumo unitario, pur non potendosi dimenticare che le centrali termiche americane non sono tutte moderne, dobbiamo notare che le notizie recate dalla Relazione sono un poco arretrate. Il consumo medio delle centrali termiche degli Stati Uniti, mentre la Relazione veniva stesa, continuava a diminuire; esso si è ridotto nel 1930 a soli 730 grammi di carbone. Del resto fino dal 1930 il signor Morrow riferiva alla W.P.C. di Berlino che il consumo *medio* in esercizio corrente di dieci centrali americane aventi 1 450 000 kVA di macchinario installato e che avevano prodotto nel 1929 circa 4,6 miliardi di kilowattora (non dunque un esperimento da laboratorio) era stato di gr 530 di carbone da 7500 calorie; e già in qualcuna delle supercentrali italiane, in funzionamento di regolare esercizio, e con carico uniforme, non si superarono 550 grammi di consumo unitario; e si noti che il Cardiff costava, a bocca di forno, non le 150 lire per tonnellata alle quali accenna la Relazione, ma meno di 130. Si aggiunga che la produzione termica potrebbe farsi in Italia, dai grandi gruppi elettrici, con diagrammi di base assai regolari, con evidente vantaggio dei rendimenti lasciando agli esistenti serbatoi il servizio di punta. Si noti ancora che il progresso termico non è peranco giunto alla sua perfezione e che i consumi unitari di 2500/3000 calorie per kWh già ottenuti in numerosi impianti europei ed americani (vedasi tabella allegata), pare debbano essere ancora presto e notevolmente attenuati coll'installazione di turbine a vapore di mercurio, e di turbine ad altissima pressione (200 atmosfere ed oltre) sfruttata da due o più macchine in cascata, di cui già si hanno esempi, non sperimentali, ma in esercizio industriale.

Ecco perchè i responsabili delle imprese elettriche italiane sorvegliano con attenzione gli sviluppi della lotta fra l'acqua e il carbone, e sono legittimamente, non diciamo preoccupati, ma impensieriti dalle eventualità future.

Ecco perchè detti responsabili mentre vigilano alle economie di gestione deprecano tutti gli impacci e si dolgono di tutti i bastoni nelle ruote, e le ostilità preconcette, contro la loro attività, non tanto minata per ora dalle centrali termiche quanto dal motore Diesel.

Il motore Diesel ha in realtà fatto considerevoli progressi: e sebbene questi non siano in pratica così decisivi come dagli interessati si afferma, vi sono casi nei quali può dare energia a prezzi inferiori alle possibilità dell'industria idroelettrica, se questa vuole, come deve, dare sufficiente rimunerazione al capitale investito, senza di che i risparmiatori si volgerebbero al consolidato che assomma in sè il massimo prestigio, cioè il minimo rischio, e la minima fatica; e le forze idrauliche attenderebbero da tempi migliori il loro sfruttamento.

È questa una eventualità che si direbbe la Relazione ignori o voglia ignorare, mentre a nostro parere pesa assai più dei timori da cui si dimostra presa.

Infatti mentre il rendimento del macchinario idraulico è ormai vicino all'unità, e nessun progresso sensibile può ulteriormente attendersi, il rendimento dei motori termici ha ancora oggi, dopo i continui notevoli miglioramenti conseguiti, valori così lontani dall'unità che c'è posto per ulteriori sensibili miglioramenti, e già si intravvedono metodi e sistemi per ottenerli.

L'ONERE DELLE CENTRALI TERMICHE. — La Relazione accenna all'*incidenza* della produzione termica sul costo dell'energia idroelettrica. Sarà bene chiarire le idee anche su questo punto.

Si può ritenere che le centrali termiche esistenti in Italia sieno costate da 1500 a 1600 lire per kW installato. Tale costo scenderà forse a 1200 lire per kW a impianti completi. L'onere per interesse e ammortamento dei capitali investiti, (in quanto corrono il rischio d'essere svalutati dal futuro progresso tecnico), per la manutenzione indispensabile anche con scarso funzionamento; per le tasse ed imposte fisse e per il minimo di personale permanente necessario, si possono ritenere attualmente in media di L. 180 o 200 annue per kW installato (1), che potranno scendere a forse 150 lire annue per kW installato, quando le supercentrali sieno completate.

Ora se tale onere si suddivide sulla produzione idraulica complessiva si arriva ad una aliquota compresa fra un centesimo ed un centesimo e mezzo di lira per kilowattora. Ma se le centrali termiche funzionassero in esercizio corrente per produrre energia in sostituzione diciamo in concorrenza con le centrali idrauliche, questo riferimento non avrebbe alcun significato. Allora tutte le spese della generazione termica dovrebbero riferirsi alla energia generata, evidentemente; in tal caso il divisore della spesa fissa dovrebbe essere la loro durata di utilizzazione, intesa come il rapporto fra l'energia prodotta annualmente in kWh e la potenza efficiente in kW. Con 200 lire di spese fisse, e 3000 ore all'anno si avrebbero 6 centesimi per kWh; con 4000 ore all'anno, 5 centesimi per kWh; con 5000 ore all'anno, 4 centesimi per kWh. Ma in più di questa aliquota delle spese *fisse* bisognerebbe allora conteggiare le spese *proporzionali*, dovute all'esercizio, le quali per le centrali moderne e coi consumi minimi attuali si possono valutare in Italia da 11 a 16 centesimi per kWh (di cui 8 a 12 per il combustibile, 3 a 4 centesimi per le altre spese di esercizio ed i maggiori ammortamenti e manutenzioni). Il costo del kWh termico potrà perciò essere compreso fra 15 e 22 centesimi per kWh, a seconda della maggiore o minore utilizzazione dell'impianto.

LA PRODUZIONE TERMICA. — A proposito dell'eventualità che le centrali termiche assumessero anche in Italia la funzione principale che hanno altrove, la Relazione si preoccupa delle ripercussioni dannose che l'acquisto del carbone occorrente avrebbe sulla nostra bilancia commerciale. Ma non si deve dimenticare a questo proposito che gli impianti idroelettrici italiani sono costruiti in parte con capitali attinti alla finanza straniera: che se l'incremento percentuale, del consumo riprendesse il ritmo degli anni scorsi, *quod est in votis*, con ogni probabilità dovremo

(1) Al Consorzio Centrali Termiche, (Concenter) le Società consorziate pagano un canone fisso di L. 220 annuali per kW di potenza messo a loro disposizione.

nuovamente ricorrere all'estero per aiuti finanziari, non essendo il nostro risparmiatore abbastanza ricco da poter seguire una richiesta così continua di immobilizzi così vistosi come avviene nell'industria idroelettrica; che pertanto l'esportazione di oro si verifica e si verificherebbe in misura maggiore sotto altra forma, come del resto avviene già per una terza ragione: perchè una parte dei materiali occorrenti per le centrali idroelettriche provengono pure dall'estero.

Del resto ogni miliardo di kWh prodotto termicamente, nell'ipotesi non azzardata di un consumo unitario di 600 grammi, accrescerebbe di 600 mila tonnellate, una importazione che nel 1930, nonostante il ristagno delle industrie, ammontava a quasi *tredici milioni di tonnellate,* anzi superava quattordici se si conteggia la nafta e la benzina.

Si tratterrebbe dunque di una variazione ben modesta, la quale potrebbe perfino venire compensata da minore importazione di nafta per i Diesel, se davvero la centrale termica potesse tener testa alla produzione frazionata di forza motrice coi motori a combustione interna, ciò che veramente rimane a dimostrare.

Ma al disopra delle nostre speranze e dei nostri desiderii, la realtà economica e le regole del tornaconto impongono a ciascuno una linea di condotta univoca. Se la produzione di energia elettrica nelle grandi centrali termiche permetterà di venderla a prezzo minore che non la produzione idroelettrica, la seconda sarà abbandonata a favore della prima, la quale non tornerà in onore se provvedimenti di governo non le ridaranno la supremazia perduta per il libero gioco del progresso. Ma in

DATI D'ESERCIZIO SU ALCUNI IMPIANTI TERMOELETTRICI MODERNI

DITTA COSTRUTTRICE	Anno di entrata in servizio	Centrale	Potenza unitaria in kW	Calorie kWh	Osservazioni
Parsons	1922	Barking	40 000	2 687	Preriscaldamento a 121°C; riscaldamento intermedio 371°C
Parsons	1923	Chicago	50 000	2 506	Preriscaldamento a 157°, riscaldamento intermedio 371°
Parsons	1929	Velsen	30 000	2 725	A più cilindri a tandem e doppio scarico
Parsons	1930	Hackney	30 000	2 740	Idem
Parsons	1930	Copenaghen	36 000	2 720	Idem
Parsons	1930	Dunston	50 000	2 330	A più cilindri a tandem e tubo a scarico semplice ..
General Electric	1924	Philo	40 000	2 600	Pressione del vapore all'emissione 39,4 at, Temperatura 385°. Preriscaldamento 156,7° e riscaldamento intermedio 385°
General Electric	1925	Indiana Twin Branch South Bend.	40 000	2 570	Press. del vapore all'amm. 38,7 at. Temperatura 385°. Preriscaldamento 156,7° e riscaldamento intermedio 385°
General Electric	1925	Columbia	45 000	2 570	I gruppi sono a più cilindri due o tre, tutti ad azione
General Electric	1926	Stanton	47 000	2 570	
General Electric	1927	Crawford Avenue	91 500	2 570	
General Electric	1929	State Line	208 000	2 570	
General Electric	1929	East River Ny.	160 000	2 570	
General Electric	1930	Pechino	105 000	2 570	
General Electric	1930	State Line	150 000	2 485	Tre cilindri ad azione, press. del vapore all'ammissione ~ 84,5 at, temp. 444,6 C° con riscaldamento intermedio alla stessa temperatura del vapore all'amm.
Brown Boveri	1928	Hell Gate	160 000	2 940	Gruppo a due cilindri a reazione, con bassa pressione a doppio scarico
Brown Boveri	1931	S. Denis	50 000	2 580	
A. E. G.	1926	Klingenberg	80 000	2 700	Ad alta e media pressione ad azione, la parte a bassa pressione a reazione. Pressione del vapore all'ammiss. 33,6 at e 385°. Preriscaldamento 138° C.
Oerlikon	1929	S. Denis	50 000	2 810	4 cilindri. Vapore all'amm. 50 at e 450°
British Thomson Houston	1929	Delray (Detroit)	10 000	2 600	Vapore all'amm. 25,7 at ~ 538
British Thomson Houston	1931	Barking	75 000	2 500	Vapore all'ammo. 42 at, 427°
Siemens Schuckert	1931	Schelle (Ant.)	60 000	2 680	

I dati qui riportati si riferiscono in generale a prove di collaudo a pieno carico; per carichi minori i consumi medi per kWh aumentano anche del 10 % rispetto ai consumi surriferiti.

Fonte: *Engineering*, 24 aprile 1931.

Nell'*Electrical World* 10 gennaio 1931 si hanno dati sull'esercizio dell'impianto a vapore di mercurio di South Meaden. Il consumo di calorie nelle unità a vapore di mercurio è di 2600 cal/kWh (ossia kg 0,325 di carbone da 8000 Cal.).

questo senso noi, che apprezziamo moltissimo di essere d'accordo con la Relazione e condividerne le buone intenzioni, non crediamo che il suggerimento, di prorogare ed aumentare i sussidii agli impianti idroelettrici sia il preferibile. A nostro parere meglio sarebbe fin d'ora stabilire una tassa speciale sulla energia prodotta termicamente. Per questa via si eviterebbero almeno le sperequazioni connesse coll'attuale sistema dei sussidii, il quale avvantaggia senza discriminazione gli impianti che ne hanno e quelli che non ne hanno bisogno, ma non avvantaggia lo Stato. La tassa sull'energia termica invece, specialmente se non fosse, come non dovrebbe essere, addirittura proibitiva, o proteggerebbe lo sfruttamento delle forze idrauliche, o almeno darebbe qualche vantaggio allo Stato.

I COMBUSTIBILI ITALIANI. — Siamo poi in disaccordo completo con la Relazione quando stimola il Governo a riprendere la politica dello sfruttamento immediato delle nostre magrissime risorse di combustibili che parrebbe miglior partito differire a tempi più difficili. In questo campo del resto, le sovvenzioni statali hanno avuto il doppio onore di lasciare indifferenti gli industriali più serii, che della produzione e vendita di energia hanno fatto lo scopo di tutta la loro attività, e di eccitare la fantasia di illusi dalle affermazioni demagogiche degli avversari nostri e persuasi quindi di rubarci un mestiere lucroso. E se fosse possibile, siamo ancor più dissenzienti circa il pensiero favorevole agli impianti dell'Appennino settentrionale che la Relazione riconosce antieconomici e che ciò nonostante raccomanda allo Stato per asserite superiorità militari, rispetto agli impianti alpini, nel deprecato caso di guerra.

L'INDUSTRIA IDROELETTRICA NELL'ANTEGUERRA. — Non possiamo chiudere questo commento senza protestare contro alcune affermazioni, fatte è vero nella lodevole intenzione di spingere il Governo a continuare i sussidii agli impianti idroelettrici, ma che gettano una falsa luce di deliberata cecità sull'industria elettrica italiana. La Relazione dice infatti che gli impianti idroelettrici furono fino allo scoppio della guerra osteggiati dagli industriali, i quali diedero tale preferenza agli impianti termici che questi *presero il sopravvento*. L'affermazione non potrebbe essere più contradetta dai fatti dal 1900 in poi.

Il Ministero di A.I.C. ordinò due volte la compilazione di statistiche degli impianti elettrici: nel 1898 e dieci anni dopo, nel 1908. Successivamente nel 1917-18 apparvero le statistiche dell'A.E.I. Ebbene ecco il confronto delle cifre:

Nel 1898 risultavano esistenti nelle centrali a scopo commerciale le seguenti *potenze installate* :

Idrauliche	kW	23 597
A gas	»	1 746
Miste	»	3 236
A vapore.........	»	23 034

Fra il 1898 ed il 1908 furono installate nelle *centrali commerciali* le nuove potenze seguenti:

Idrauliche	»	207 427
Termiche	»	60 841
Miste	»	11 466

Mentre dunque la potenza installata idraulica diventava quasi decupla, la potenza delle centrali termiche diventava soltanto quadrupla.

Infine secondo la statistica dell'A.E.I. nel 1916, cioè praticamente allo scoppio della guerra le potenze installate in centrali destinate a *distribuzione o vendita* erano le seguenti:

Idrauliche	kW	1 503 800
Termiche	»	364 800

dalle quali ultime cifre si rileva che in otto anni la potenza idraulica passò da 230 mila a 1 503 mila kilowatt mentre la potenza termica passò da 84 mila circa a 365 000.

Ma se le cifre non smentissero abbastanza l'inspiegabile assunto della Relazione, si dovrebbe avere presente che SEMPRE *le centrali termiche italiane ebbero un compito sussidiario* rispetto alle idrauliche, limitando la loro azione alla riserva e alla preparazione del mercato.

Che poi la guerra abbia messo in evidenza le gravi conseguenze della preferenza accordata agli impianti termici, è affermazione contradetta anche dai più autorevoli uomini politici di allora e del postguerra. Venne da tutte le parti il riconoscimento che la nazione beneficiò grandemente del margine sempre esistito fra la producibilità idroelettrica ed il consumo. È notorio per esempio un opuscolo di propaganda steso nel luglio 1917 dall'Ing. Belluzzo nel quale questo riconoscimento figurava pieno ed entusiastico.

Possiamo del resto dimostrare con le cifre che l'attività bellica di parecchi dei più importanti stabilimenti milanesi potè svilupparsi considerevolmente soltanto in grazia dell'ingente quantitativo di energia disponibile in impianti idroelettrici eseguiti da poco (per es. Robbiate).

Il razionamento dell'energia, che la Relazione cita a riprova della tesi assunta, non prova nulla. Quando si dovette per difetto di combustibile mettere a razione anche il servizio ferroviario, sembra incredibile che si imputi all'industria elettrica di non aver avuto il combustibile necessario; tanto meno credibile in quanto le necessità belliche mentre avevano condotto a sfruttare tutto il notevole margine di disponibilità esistente negli impianti idroelettrici avevano non pure ostacolato ma *impedito di portare a termine tempestivamente nuovi impianti.*

Anche l'impianto di Pont. St. Martin sulla Lys, ad onta di tutte le facilitazioni avute dal Governo, non potè entrare in servizio che ad armistizio firmato.

Ma così purtroppo si scrive la storia, quando si ha una tesi da difendere.

Schema di Norme particolari di costruzione e d'esercizio degli impianti elettrici nei teatri, cinematografi e locali di spettacolo in genere

A termini dell'art. 10 dello Statuto del Comitato Elettrotecnico Italiano, pubblichiamo qui appresso il testo delle «Norme particolari di costruzione e d'esercizio degli impianti elettrici nei teatri, cinematografi e locali di spettacolo in genere», elaborato dal Sottocomitato Norme Impianti del C. E. I. stesso.

Le osservazioni e proposte di modifiche eventuali dei Soci Tecnologici dovranno essere trasmesse entro tre mesi dalla data di pubblicazione, alla Presidenza del C. E. I., con il tramite del quale verranno sottoposte all'esame del Sottocomitato Norme Impianti, il quale è chiamato in definitiva a decidere.

I) – Definizioni e Norme generali.

101 – Si definisce «*locale per pubblico spettacolo*» il complesso degli ambienti, compresi quelli annessi e di servizio, costituenti un teatro, un cinematografo od una sala di concerti, balli, conferenze, esposizioni o riunioni pubbliche in genere. Gli impianti elettrici in tali *locali*, oltre a soddisfare alle Norme C.E.I. per la costruzione e l'esercizio degli impianti elettrici, devono rispondere alle prescrizioni seguenti.

102 – Gli impianti per la produzione o la trasformazione della energia e in particolare tutti gli apparecchi in olio devono essere disposti in un ambiente, costruito con materiale incombustibile, possibilmente separato da tutti gli altri, con accesso dall'esterno e tale, in ogni modo, che in caso di esplosione od incendio degli impianti contenutivi non vi sia pericolo per gli altri ambienti del *locale per pubblico spettacolo*.

Nello stesso ambiente va installato su ogni conduttura che vi arrivi dall'esterno, o che parta dal generatore quando l'energia sia prodotta in loco, un interruttore, manovrabile anche dall'esterno, il quale permetta di togliere completamente la corrente a tutto il locale. L'accesso a tale ambiente sarà riservato alle persone appositamente autorizzate.

103 – La distribuzione dell'energia deve essere fatta a mezzo di un quadro di manovra, il quale, oltre che l'interruttore generale, deve portare per ogni circuito un interruttore multipolare automatico a massima o provvisto di valvole.

Il quadro va installato in posizione ed in modo da risultare sufficientemente lontano e convenientemente separato da materiali combustibili e da essere accessibile soltanto al personale che vi è addetto.

È consentita l'adozione di due quadri, nel qual caso è consigliabile siano disposti in ambienti il più possibile lontani fra di loro.

104 – La distribuzione deve essere suddivisa convenientemente, in modo che risultino alimentati indipendentemente i seguenti impianti:

a) illuminazione della sala del pubblico;
b) illuminazione degli ambienti accessori e di servizio della sala stessa, e illuminazione esterna;
c) illuminazione generale del palcoscenico;
d) illuminazione degli ambienti accessori e di servizio del palcoscenico e dei camerini;
e) effetti scenici;
f) cabina di proiezione cinematografica;
g) forza motrice.

È consigliabile di suddividere le lampade della sala, delle scale, dei corridoi e dei vestiboli, e di tutti gli ambienti in genere percorsi dal pubblico per uscire, su almeno due circuiti indipendenti.

Tale norma è obbligatoria per tutti i locali di capienza di 800 persone o più.

Un circuito è considerato *indipendente* quando origina direttamente dal quadro generale attraverso un apposito interruttore automatico o provvisto di valvole ed i suoi conduttori sono contenuti da soli in una protezione isolante o metallica.

105 – Salvo nell'ambiente di cui all'art. 102 non è ammesso l'impiego dell'alta tensione, cioè di sistemi a tensione superiore a 300 Volt.

106 – È vietato l'impiego di conduttori nudi e di cordoncini multipli.

I conduttori devono essere del tipo ad isolamento forte e devono essere contenuti in tubi isolanti o metallici, internamente lisci e largamente dimensionati, resistenti all'urto, e inalterabili per effetto dell'unidità. Per le linee principali è raccomandato l'uso di cavi sottopiombo armati od opportunamente protetti. Speciale cura si deve adottare per l'esecuzione dei terminali.

Il percorso delle condutture incassate deve essere opportunamente contrassegnato e va inoltre riportato su schemi topografici che rendano facile individuarlo.

107 – Gli interruttori e le valvole, muniti di targhette che ne indichino il circuito comandato o protetto, devono essere raggruppati il più possibile, inaccessibili al pubblico e installati o protetti in modo da risultare sufficientemente lontani e convenientemente separati da materiali combustibili.

108 – Quando l'illuminazione di sicurezza è ottenuta elettricamente con sorgente centrale, questa sarà installata in un ambiente esterno al locale per pubblici spettacoli o sottratto, per quanto possibile, all'azione immediata di un eventuale incendio.

Le batterie di accumulatori destinate all'illuminazione di sicurezza non possono adoperarsi per altri usi.

È raccomandabile l'adozione di due lampadine per ogni centro luminoso, inserite su due circuiti indipendenti, preferibilmente alimentati da due distinte batterie, installate in ambienti separati.

Il circuito di sicurezza, quando non sia normalmente mantenuto in funzione, deve attivarsi automaticamente venendo a mancare la corrente principale, e la batteria relativa deve avere capacità sufficiente ad assicurarne la regolare alimentazione per almeno due ore.

È vietato l'impiego del sistema a lampadine in serie.

109 – È ammesso di provvedere all'illuminazione di sicurezza mediante lampade provviste ciascuna di una propria piccola batteria di accumulatori, costituente un unico apparecchio con la lampada.

110 – Non è ammesso nè per l'illuminazione normale nè per quella di sicurezza l'uso di lampadine di intensità inferiore a 20 Watt.

111 – I corpi illuminanti, le lampade, i globi di vetro e simili applicati al soffitto della sala del pubblico o comunque direttamente soprastanti al pubblico devono essere fissati, disposti o protetti in modo che sia resa impossibile la loro caduta sugli spettatori.

II) – Prescrizioni particolari per il palcoscenico, le cabine di proiezione e simili.

201 – Il quadro di distribuzione per il servizio del palcoscenico e delle cabine di proiezione, i regolatori di scena, i proiettori cinematografici devono essere possibilmente separati dal palcoscenico mediante pareti incombustibili. Quando ciò non sia possibile, tali apparecchi vanno installati in modo e si devono prendere precauzioni tali che risultino sufficientemente lontani e convenientemente separati da materiali combustibili e che non possano essere danneggiati dalle varie parti mobili usate sulla scena. Gli apparecchi stessi devono essere accessibili soltanto al personale che vi è espressamente addetto.

202 – Per i reostati regolatori non è ammesso l'impiego di materiale combustibile nè di olio.

Quando sono usati a servizio di apparecchi alimentati da circuiti a più di due fili non devono in nessun caso essere installati sul conduttore neutro.

203 – Per gli apparecchi di illuminazione a più colori la sezione del conduttore eventualmente comune ai diversi circuiti deve essere determinata nell'ipotesi della condizione più sfavorevole di carico.

204 – La condutture volanti vanno ridotte alla minima lunghezza possibile. Esse devono essere costruite in modo da sottrarre i conduttori ad ogni sforzo di trazione anche nel caso che la conduttura sia assoggettata a grandi sforzi meccanici. Inoltre il collegamento alla parte fissa deve essere tale che in caso di strappo sia evitata la rottura nei punti d'attacco.

Le condutture medesime devono avere un rivestimento protettivo, stagno, flessibile ma resistente all'usura e non metallico (cuoio, spesso tubo di gomma con tela, ecc.).

Le stesse norme vanno adottate per le condutture mobili usate per l'illuminazione dei leggii dell'orchestra.

205 – Le valvole devono in ogni caso far parte dell'installazione fissa. È ammesso l'uso di una sola valvola multipolare per tutte le lampade dello stesso colore alimentate da un'unica linea a sezione costante per tutto il suo percorso e per tutte le sue diramazioni.

206 – Le lampade a incandescenza fisse per l'illuminazione generale del palcoscenico e degli ambienti di servizio relativi (scale, corridoi, guardaroba, depositi, camerini ecc.) devono essere provviste di gabbie metalliche o di spessi globi di vetro fissati al supporto e non mai al portalampada.

Quelle di sicurezza devono essere contenute in una gabbia metallica così resistente da non essere danneggiata anche se urtata con le varie parti mobili usate sulla scena, e devono essere numerate e contrassegnate in modo da poterle facilmente distinguere da quelle ordinarie.

207 – Le prese a spina devono essere disposte all'interno di un involucro isolante e incombustibile contenuto in una scatola metallica meccanicamente resistente e provvista di coperchio da poter essere fissato quando la presa non è in funzione.

208 – Le lampade ad arco, gli apparecchi per i lampi e simili devono essere provvisti di dispositivo atto ad impedire la caduta di particelle infiammate.

209 – Gli apparecchi elettrici di riscaldamento (bollitori, scaldaferri, ecc.) usati nei camerini devono essere installati in modo che non possano essere causa di incendio anche in caso di guasto. A questo scopo vanno disposti su supporti incombustibili e protetti pure con materiale incombustibile dalla vicinanza con eventuali oggetti combustibili; per il collegamento all'impianto fisso si devono adoperare attacchi speciali e le minori lunghezze possibili di cordone, in modo che l'apparecchio non possa usarsi se non nel posto a ciò destinato.

210 – Le cabine di proiezione cinematografiche devono essere separate dagli altri ambienti mediante solide pareti incombustibili ed avere possibilmente accesso diretto dall'esterno.

III) – Esercizio.

301 – L'impianto elettrico di un locale per pubblici spettacoli deve essere affidato per l'esercizio e la manutenzione ad una persona idonea (elettricista), coadiuvata, nel caso di impianti importanti, da uno o più aiutanti, uno dei quali sia in grado di sostituirlo in caso di necessità.

L'elettricista del teatro è anche responsabile nei confronti dell'elettricista eventualmente addetto alla compagnia agente.

302 – In prossimità del quadro generale di manovra e sul palcoscenico deve essere esposto uno schema generale dell'impianto, tenuto aggiornato. La persona preposta all'impianto elettrico deve inoltre avere a disposizione uno schema topografico aggiornato con tutte le indicazioni del caso.

303 – L'elettricista, o il suo sostituto, deve essere sempre presente in teatro durante le prove e gli spettacoli.

Prima dell'ammissione del pubblico e fino a quando tutti gli spettatori abbiano abbandonato l'edificio, deve essere accesa una parte sufficiente della illuminazione principale, come pure deve essere accesa o messa in condizione di entrare automaticamente in funzione l'illuminazione di sicurezza.

304 – Prima dell'inizio della stagione di spettacoli e in ogni caso almeno una volta all'anno tutto l'impianto elettrico deve essere minutamente ispezionato da un incaricato della Associazione Nazionale per la prevenzione degli infortuni sul lavoro o di altro Ente assimilabile, e del risultato dell'ispezione va tenuto nota in un apposito registro. Nel registro stesso si tiene nota del controllo delle condizioni di isolamento delle singole parti dell'impianto, che la persona preposta è tenuta a fare settimanalmente. Questa deve inoltre ispezionare con cura ogni settimana le condutture usate per le installazioni mobili del palcoscenico.

305 – La carica delle batterie di accumulatori per l'illuminazione di sicurezza deve essere fatta quando l'illuminazione stessa non è in funzione e l'elettricista deve controllare, almeno una mezz'ora prima dell'ammissione del pubblico in teatro, che le batterie stesse siano in condizioni normali di carica e che tutto l'impianto di illuminazione di sicurezza sia in condizioni di normale funzionamento.

306 – L'elettricista deve avere sempre a sua disposizione gli strumenti necessari di misura, di controllo e di lavoro (compresi guanti di gomma, pinze isolanti e simili) in buone condizioni di funzionamento e di uso, nonchè una conveniente dotazione di apparecchi e materiali di ricambio e di lavoro, come valvole, lampadine, conduttori isolati, nastro gommato, isolatori, ecc.

IV) – Disposizioni transitorie.

401 – Le presenti Norme si applicano integralmente ai nuovi impianti ed alla trasformazione completa delle installazioni esistenti; si devono anche applicare agli ampliamenti, alle trasformazioni e alle riparazioni che non comportano grandi cambiamenti nella parte destinata a rimanere, la quale può continuare a sussistere, purchè dia sufficienti garanzie di sicurezza.

FATTI E TESTIMONIANZE

LA FONDAZIONE VOLTA

IL I° CONVEGNO DEGLI SCIENZIATI DI TUTTO IL MONDO PER LA FISICA NUCLEARE ALL'ACCADEMIA D'ITALIA

Abbiamo ne L'Energia Elettrica (*Vol. VIII, fasc. IV, pag.* 291) *riferiti gli scopi della « Fondazione Volta » istituita — auspice il Capo del Governo — dalla Soc. Italiana Edison presso l'Accademia d'Italia, mercè la donazione di un capitale del valore nominale di* 8 *milioni di lire, in Consolidato* 5 %.

Fra essi, oltre a borse di perfezionamento, a viaggi d'istruzione, a missioni scientifiche e in genere al conseguimento di alti scopi culturali, nell'orbita delle scienze fisiche, matematiche e naturali, vi era quello di promuovere ogni anno una riunione di uomini eccellenti nelle scienze, nelle lettere e nelle arti e invitati a discutere un solo tema.

Il 12 *ottobre di quest'anno nella sede dell'Accademia d'Italia, la Fondazione Volta, ha inaugurato il primo di questi convegni, avente per oggetto la fisica nucleare. Ad esso parteciparono cinquanta fra i più insigni cultori delle scienze fisiche d'Inghilterra, di Germania, della Francia, della Danimarca, dell'Olanda, della Svizzera, della Russia, degli Stati Uniti d'America e dell'Italia.*

Tra i congressisti erano i premi Nöbel : il danese Bohr, creatore della nuova fisica atomica ; l'americano Millikan, che ha misurato con la più grande precisione la carica dell'elettrone ; gl'inglesi Aston, che ha perfezionato il metodo sperimentale per la ricerca degli isotopi e Richardson che ha scoperto le leggi di emissione degli elettroni dai corpi metallici ad alta temperatura ; l'americano Compton scopritore della legge di interazione tra radiazione e materia ; la signora Curie, la scopritrice del radio e del polonio.

Del gruppo degli scienziati italiani facevano parte i senatori Corbino e Garbasso, i professori Blanc, Bonino, Cantone, Carrelli, Losurdo, Maiorana, Persico, Rossi, Watghin, il padre Gianfranceschi, Presidente dell'Accademia Pontificia dei nuovi Lincei, gli Accademici d'Italia Bottazzi, Fermi, Giordani, Parravano, Severi, Vallauri, Volpe ecc.

Alla seduta inaugurale presienziava il Capo del Governo e la Società Edison era rappresentata dal suo Presidente Gr. Uff. Carlo Feltrinelli e dal Consigliere Delegato On. Ing. Giacinto Motta. La cerimonia venne aperta da un discorso di S. E. Guglielmo Marconi, Presidente dell'Accademia d'Italia, seguito da altro del Sen. Prof. O. M. Corbino, rappresentante della Soc. Edison nella Fondazione Volta e Presidente del Comitato Organizzatore del Convegno.

Diamo qui i due discorsi, vivamente applauditi dall'insigne uditorio.

Discorso di S. E. il Senatore Marconi

Duce, Eccellenze, Signore, Signori,

In questo solenne ed augurale convegno, che aduna per la prima volta, nel nome e nel segno della Reale Accademia d'Italia, alcuni dei maggiori scienziati che nel mondo si affaticano sui problemi della fisica teorica, il mio pensiero riconoscente e il mio deferente saluto si rivolgono, anzitutto, al Capo del Governo e Duce del Fascismo; sia perchè questa cerimonia egli ha voluto onorare di sua presenza, sia perchè, in tal modo, ha riconfermato, anche una volta, la benevolenza di cui egli circonda questa Accademia da lui, col saggio consentimento del Re, creata e sorretta.

Il saluto del Governo e di questa Reale Accademia si volge quindi ai graditi ospiti stranieri ai quali questa nostra Italia, rinnovata dal Regime Fascista, è fiera di offrire uno spettacolo di serenità, di fermezza e di virile speranza, pure in questi tempi così duri per tutti.

Saluto il mio, che fraternamente si estende agli studiosi italiani qui convenuti e, in particolare, all'illustre senatore Corbino, direttore dell'Istituto di Fisica della Regia Università di Roma, presso il quale i lavori del Convegno si svolgeranno.

Non posso, in questa fortunata occasione, passare sotto silenzio la benemerenza nazionale della Società Italiana Edison di Elettricità che, costituendo nel seno della Reale Accademia d'Italia la Fondazione intitolata al glorioso nome di Alessandro Volta, ha reso possibili non solo ricerche riguardanti il progresso della scienza applicata, ma, ciò che è anche più raro per una Azienda prettamente industriale, convegni come il presente, che trattano esclusivamente di scienza pura, di cui oggi tocca a me l'onore di aprire la serie.

Mi accingo ad assolvere il compito con alto senso di responsabilità. Solo in tal modo è concesso di accostarsi alla scienza; e, più ancora, ad uno dei problemi per il genio umano più suggestivi e affascinanti della fisica moderna, dove, in una superiore sfera di armonia, la cautela dello scienziato par quasi compagna costante della fantasia del poeta.

Se da questo convegno non uscirà la parola nuova e definitiva giova sperare e confidare che, dalle elevate discussioni di scienziati, esca però un affinamento di problemi, sui quali ognuno degli studiosi sarà ricondotto poi a rivedere i presupposti, ad agitare i dubbi, a chiarire controversie, a prospettare ipotesi, ad aprire nuove vie e nuovi orizzonti di conquista.

Sono passati venticinque secoli da quando Talete, il primo scienziato dell'Antica Grecia, pensò di dare una risposta al quesito: come è composto il mondo? Duemilacinquecento anni sono passati ed ora soltanto nei tempi nostri, pare che il grande problema stia per essere risolto.

Democrito ed altri filosofi credettero di trovare la risposta asserendo semplicemente che tutta la materia consiste di atomi.

Le teorie moderne, fondate sopra i risultati di ricerche intorno all'intima costituzione della materia, hanno basi ben più solide e sicure di quelle della ipotesi di Democrito, e dimostrano che l'atomo non costituisce affatto l'ultimo e indivisibile aspetto della materia, ma che esso è formato da un numero di particelle assai più minute dell'atomo stesso, variabili in numero a seconda dell'elemento di cui l'atomo fa parte.

La teoria nucleare del Rutherford fa rassomigliare l'atomo ad un ultramicroscopico sistema solare, nel quale ogni atomo è costituito da un piccolissimo nucleo centrale positivo, attorno a cui si muovono, in rotazione, a grandissima velocità e in particolari orbite, a guisa di satelliti, le particelle o elettroni negativi. Il Bohr fece il primo passo risolutivo nella formulazione delle leggi che regolano questo minuscolo sistema.

Il prof. Millikan ha eseguito lunghissime ricerche all'Università di Chicago per misurare la carica elettrica posseduta dagli elettroni ed ha trovato che ogni particella porta la medesima carica, che rappresenta l'unità naturale delle cariche elettriche.

L'elettrone è quindi uno dei componenti dei quali è costituito l'atomo. E questi elettroni variano di numero nell'atomo secondo l'elemento: l'atomo di Idrogeno ne ha uno, l'Elio due, l'Ossigeno otto, il Ferro ventisei, il Mercurio ottanta, l'Uranio, il più pesante di tutti, ha novantadue elettroni.

Le ricerche di Aston, di Dempster e d'altri hanno dimostrato che il peso dei nuclei di vari atomi, come quelli dell'Ossigeno, dell'Azoto, del Sodio e di molti altri elementi, sono tutti multipli di una unità che è quasi uguale al peso del nucleo dell'Idrogeno.

Questa osservazione è avvalorata dal fatto che la carica elettrica portata dai vari nuclei atomici è sempre un multiplo intero della carica di un nucleo di Idrogeno.

Tutti questi risultati e queste deduzioni ci riportano pertanto al concetto positivo, del resto antichissimo, dell'unità della materia.

Questa era, in fondo l'idea degli alchimisti, che fu derisa da quasi tutti i grandi chimici e scienziati dello scorso secolo. È vero che per ora non possiamo fare ciò che sognavano gli alchimisti, cioè tramutare il piombo o il mercurio in oro. Quando ciò o qualche cosa di simile, diventasse possibile, avremmo forse un'altra crisi del Gold Standard, dei cambi e delle valute.

Però il Rutherford ha già potuto ottenere l'idrogeno dall'azoto, dall'alluminio e da altri elementi, dimostrando bril-

lantemente, una volta per sempre, che la trasmutazione degli elementi non è più una utopia, ma è divenuta oggi, entro ristrettissimi limiti, possibile. Chissà dove mai ci porterà il futuro?

La grande importanza di questi studi elevati, ai quali hanno contribuito tanti scienziati, e fra i nostri posso fare, primo fra tutti, il nome del Fermi, è ancora difficile oggi a valutarsi.

Molti si domandano se un giorno sarà possibile utilizzare l'energia elettrica veramente enorme contenuta nei nuclei. Per ora non lo sappiamo.

L'assalto mosso dall'Uomo all'Atomo, fortezza minuscola, ultramicroscopica, ma potente, che per tanti secoli è rimasta inespugnabile, ha già dato risultati incoraggianti e sorprendenti.

Le difese esteriori hanno cominciato a cadere e crediamo ormai di sapere come sono costituite; ma la parte centrale, il nucleo atomico, rimane ancora, in parte almeno, un mistero.

Molti hanno piena fiducia che in esso siano celati tesori immensi che potranno, in un futuro prossimo lontano essere utilizzati a beneficio della umanità. La conquista del nucleo è certamente una mèta luminosa sulla quale varrà la pena che convergano gli sforzi, gli studi e le ricerche di tanti fra i maggiori fisici e scienziati del mondo.

Attraverso ed oltre gli ardui problemi delle specialità scientifiche e della tecnica possano i convenuti non perdere mai di vista l'inscindibilità ed unità della scienza; possa, attraverso essa, emergere alla luce meridiana, la unità morale dell'uomo.

Con questo richiamo a quella « humanitas » che fu retaggio preziosissimo dei nostri avi latini, ed è fondamento incrollabile della civiltà italiana, dichiaro aperto nel nome di S. M. il Re e alla presenza di S. E. il Capo del Governo, il primo Convegno internazionale della Fondazione Volta ».

Discorso del Senatore Corbino

La Società Edison di Elettricità che aderendo a una iniziativa altamente concepita e fervidamente patrocinata dall'On. Giacinto Motta istituì la Fondazione, porge per mio mezzo a tutti gli intervenuti il più grato saluto; accoglie con viva compiacenza il plauso così lusinghiero che le ha rivolto Guglielmo Marconi il cui nome è gloria ed orgoglio della Scienza italiana nel mondo; ed esprime i più devoti ringraziamenti a S. E. il Capo del Governo, la cui presenza a questa cerimonia inaugurale vuole certo significare riconoscimento ed auspicio che le finalità cui mirarono i fondatori della Istituzione meritano di essere e saranno raggiunte. La Società Edison ha profondamente inteso in quale misura il progresso delle scienze, anche di natura speculativa, può contribuire al benessere umano; essa non poteva invero dimenticare che alle scoperte scientifiche di Faraday e Maxwell seguirono presto la utilizzazione dell'energia elettrica e la radiotelegrafia di Guglielmo Marconi. Alla luce di questi ricordi si può anche sorridere del rilievo di alcuni osservatori superficiali, che vorrebbero attribuire le difficoltà economiche odierne ai troppo rapidi progressi della Scienza e della tecnica. Il più elementare buon senso ci avverte invece che per i perfezionamenti tecnici dei metodi di produzione o possono esser prodotte le stesse cose di prima con minore fatica degli uomini, o se ne possono fabbricare di più e aumentarne la disponibilità. Se i congegni economici funzionano regolarmente, quei risultati non possono che arrecare del bene all'Umanità. Non alla Scienza può essere pertanto imputato il disagio attuale. Si potrebbe se mai sostenere, e con maggiore fondamento, che i progressi della tecnica sono stati troppo lenti per poter consentire a tutti gli uomini di tenere il tono di vita al livello fittiziamente raggiunto dopo la guerra; mentre questa, distruggendo vite e ricchezze, non poteva certo avere per effetto di trasformare il Mondo in un'accolta di milionari. Disgraziatamente è mancato questa volta uno di quei grandi rivolgimenti tecnici che seguirono altre guerre o sconvolgimenti politici: esempio la macchina a vapore dopo il periodo napoleonico, o l'utilizzazione dell'energia elettrica dopo le guerre di formazione delle grandi unità nazionali.

Se è mancata questa volta una rivoluzionaria innovazione nelle applicazioni della Scienza, si è però determinato un vastissimo movimento concettuale e sperimentale intorno alla Fisica atomica; la quale è per ora lontana da possibilità immediate di utilizzazione, ma presenta delle prospettive di una portata incalcolabile in base alla già realizzata trasmutazione degli elementi e all'esistenza di enormi quantità di energia nucleare che potrebbero essere liberate in quella trasmutazione. Ben a ragione perciò la Fisica del Nucleo è stata scelta come oggetto di questo primo Convegno Volta che raduna i più eminenti studiosi del grande problema.

Per chiarire e illustrare la situazione attuale dei problemi che saranno discussi e per intendere quale campo di singolari fenomeni e di forze misteriose ci rivela la Fisica nucleare bisogna richiamare ciò che oggi noi conosciamo circa la costituzione dell'atomo, e l'origine dei fenomeni normali di cui è sede la materia non vivente.

L'atomo può essere considerato come costituito da un centro carico di elettricità positiva, detto nucleo, e da un insieme di particelle eguali, cariche di elettricità negativa, gli elettroni; questi sono distribuiti in vari strati a diversa distanza dal centro, e gli girano intorno come i pianeti intorno al Sole.

I vari corpi semplici della Chimica si differenziano per avere diverso numero di elettroni; l'idrogeno che è il più leggero fra gli atomi ne ha soltanto uno; mentre ne ha 92 l'uranio che è il più pesante fra tutti. Anche la carica elettrica del centro muta dall'uno all'altro elemento così da equivalere alla carica complessiva degli elettroni circostanti; ne risulta che l'intero atomo è da considerare per gli effetti a distanza come elettricamente neutro.

Nel giuoco delle forze che i vari elettroni subiscono dal centro e di quelle che essi esercitano l'uno sull'altro, il loro insieme assume una configurazione stabile che è stata determinata esattamente per tutti gli elementi. È servita per questo una nuova Meccanica chiamata quantistica, che è sorta perchè si era dovuto riconoscere che le leggi e i metodi della Fisica classica divengono insufficienti nell'interno dell'atomo. Si è così pervenuti a una teoria che è in perfetto accordo coi fatti già noti e che molti nuovi ha permesso di prevederne; sacrificando però gli antichi concetti della Meccanica e della Elettrodinamica e rivoluzionando molte idee che si erano accumulate per spiegare i fenomeni del Mondo macroscopico, e che per lunga consuetudine sembravano indispensabili quando invece erano fallaci o per lo meno superflue.

Il fatto non è nuovo nella Storia della Scienza. Anche per la spiegazione del movimento dei pianeti tutto divenne semplice e trasparente quando si ebbe il coraggio di ammettere, e non fu piccolo sforzo, che la Terra non è il centro dell'Universo ma che essa con gli altri Pianeti gira intorno al Sole, sotto il dominio della legge dell'attrazione universale. Una idea così audace non poteva non suscitare una forte reazione all'epoca in cui fu enunciata; e procurò, di fatti, alquanti dispiaceri al più grande dei suoi sostenitori. Consentitemi di constatare che il vedere accolti con tutti gli onori gli artefici della nuova rivoluzione concettuale, dà la prova che è ormai generalmente sentita la convenienza di sacrificare preconcetti e pregiudizi di fronte alle innovazioni anche audaci cui la Scienza è condotta; e ciò perchè si è riconosciuto che questo sacrificio è il prezzo del progresso e delle utilità che la Scienza procura.

Noi possediamo oggi, per un lavoro intenso ma durato meno di venti anni, una completa teoria dell'atmosfera elettronica la quale dà ragione interamente di quasi tutti i fenomeni fisici e chimici conosciuti.

Nei primi, cioè nei fenomeni fisici, l'atomo interviene con l'intero e immutato corteo dei suoi elettroni, ovvero questo subisce un transitorio scompiglio seguito rapidamente dal ritorno alla configurazione normale. Nei fenomeni chimici invece si producono variazioni permanenti nel numero degli elettroni; e poichè con ciò l'atomo perde il suo stato di neutralità elettrica, gli atomi così modificati, associandosi, formano le molecole dei corpi composti.

Così il sodio possiede nello strato più esterno un elettrone isolato che sfugge facilmente dall'atomo; il cloro al contrario tende ad accogliere un elettrone in più del normale. I due atomi così modificati, associandosi per l'attrazione elettrica che ne deriva, formano la molecola del cloruro di sodio. Su fatti di questa specie si fonda la Chimica, in tutte le varietà sterminate di reazioni e di prodotti che la Natura e l'Uomo sono riusciti a creare. Nonostante le grandissime differenze che si riscontrano fra le proprietà del composto e le proprietà degli elementi che lo costituiscono, nessuna modificazione profonda di questi è avvenuta, ma solo il guadagno o la perdita di qualche elettrone superficiale.

In un diverso ordine di fenomeni anche gli elettroni più interni possono essere rimossi dalla loro sede ordinaria per effetto di stimoli esteriori. Il mezzo più accessibile per provocare tali stimoli è quello di riscaldare la materia a temperatura elevata. Ma quando si riuscì ad imprimere a un fascio di elettroni liberi una grande velocità, lanciandoli come proiettili contro la materia, si riconobbe che la loro efficacia nel rimuovere gli elettroni più profondi dell'atomo è assai più grande di quella raggiungibile col calore. Si pensi che l'energia di un elettrone spinto col dislivello elettrico di appena un Volt equivale all'energia da esso posseduta nella materia riscaldata a ben diecimila gradi. E poichè noi possiamo comodamente, nei moderni tubi a vuoto, imprimere agli elettroni emessi da un filo caldo l'energia corrispondente a oltre duecentomila Volt,

l'azione che simili bolidi son capaci di esercitare sull'atmosfera elettronica di un atomo non si potrebbe ottenere per via termica che alla temperatura di ben 2 miliardi di gradi.

Quali sono gli effetti di tali bombardamenti?

L'esperienza è stata fatta e viene ripetuta ogni giorno, dopo la scoperta dei raggi X dovuta a Röntgen. Il potente stimolo penetra fino agli strati più profondi, e riesce a portar via un elettrone, staccandolo da quella sede dov'era fortemente ancorato.

Segue un rapido sconvolgimento e poi un riassetto degli elettroni col ritorno alla combinazione normale; in questa fase ha luogo una emissione brusca di luce da parte dell'atomo: luce di frequenza tanto più alta quanto maggiore è l'energia che l'atomo eccitato aveva sottratto al proiettile perturbatore. Quando sono stati impegnati e rimossi gli elettroni più profondi, la luce emessa ha una frequenza così alta da presentare singolari caratteristiche, tra cui quella di poter penetrare nei corpi opachi. Nascono così i raggi X, dei quali sono note le importanti applicazioni.

Mentre perciò il guadagno o la perdita di qualcuno degli elettroni più esterni dell'atomo dà origine a tutta la complessa fenomenologia della Chimica, lo sconvolgimento degli elettroni meno superficiali o anche dei più profondi non dà luogo che al fenomeno, importante ma transitorio, della produzione della luce o dei raggi X. Si riconosce da ciò che la Fisica e la Chimica, nonostante la grandiosità del dominio che possiedono sui fenomeni naturali, hanno una base semplice e un campo d'azione abbastanza limitato.

A misura che si precisavano le nostre conoscenze sull'atmosfera elettronica sorgeva il problema della costituzione interna del nucleo, il quale in tutto quanto ho esposto finora si manifesta solo come una carica elettrica che può ritenersi puntiforme, poichè le sue dimensioni lineari sono circa diecimila volte più piccole di quelle dell'atomo. Fino a pochi anni or sono il mistero più completo regnava intorno alla costituzione e alle proprietà interne di questa fondamentale parte dell'atomo. Si sapeva però che l'atmosfera elettronica contribuisce in misura minima al peso dell'atomo, e che perciò questo è quasi interamente determinato dal nucleo; si sapeva in più che da un elemento chimico al successivo varia progressivamente, ma senza regole numeriche semplici, il peso del nucleo, mentre la sua carica elettrica aumenta ordinatamente di un'unità intera. Infine era noto che, tolto il caso dei corpi radioattivi, dei quali parlerò in seguito, per tutti gli altri elementi, e in qualunque fenomeno fisico o chimico, il nucleo si comporta come una individualità assolutamente inalterabile.

Un grande passo nella via delle nostre conoscenze sul nucleo fu fatto con le celebri ricerche di Aston. Quelli che i Chimici consideravano come corpi semplici risultarono per quelle esperienze miscele di più corpi, di diverso peso atomico ma aventi tutti la stessa carica elettrica nucleare e la stessa disposizione dell'atmosfera elettronica, e perciò chimicamente inseparabili; sono questi i veri elementi naturali. Aston ne potè misurare il peso atomico; e pervenne al risultato importantissimo che se si prende come unità un peso leggermente più piccolo di quello dell'idrogeno, e precisamente un sedicesimo del peso nucleare dell'ossigeno, i pesi nucleari di tutti gli elementi semplici vengono espressi, quasi esattamente, da numeri interi. Sparito così l'imbarazzo dei pesi atomici frazionari, si venne alla persuasione che il nucleo di qualunque elemento è costituito da un certo numero di nuclei d'idrogeno, cioè di protoni, i quali nel riunirsi hanno subito una piccola contrazione di massa, di cui chiariremo più avanti le origini; entrano poi nella combinazione alquanti elettroni. Così il nucleo dell'elio contiene quattro nuclei di idrogeno e due elettroni con un peso nucleare quattro e una carica elettrica complessiva eguale a due.

Per quasi tutti gli elementi la compagine nucleare ha una stabilità estrema. Nei corpi radioattivi, invece, si verificano delle spontanee modificazioni strutturali del nucleo che danno luogo alla espulsione violenta di nuclei di elio, con velocità di qualche diecina di migliaia di chilometri. Sono le particelle alfa. Possono anche essere emessi elettroni con velocità molto più grandi costituenti i raggi beta.

Gli effetti di queste espulsioni sono tollerabili solo perchè si maneggiano piccole quantità di sostanza radioattiva. Se si potesse concentrare del radio in grandi quantità i suoi effetti energetici sarebbero imponenti; così una sfera di un metro di raggio svilupperebbe tanta energia da irradiare permanentemente la potenza di circa 3500 kilowatt.

La scoperta della radioattività ha messo la Scienza di fronte a fenomeni che hanno sede nel nucleo e che qualitativamente e quantitativamente sono di molto diversi da quelli prima conosciuti. Mentre perciò la Fisica dell'atmosfera elettronica può considerarsi sostanzialmente esaurita, il nucleo ci si rivela come un mondo nuovo, dove è da ritenere che le leggi fisiche meglio assodate perdano la loro validità. Così nel nucleo i vari protoni, situati a distanze estremamente piccole, si dovrebbero respingere mutuamente con forze enormemente grandi, in virtù della legge di Coulomb. Come avviene che il nucleo resiste senza esplodere, a queste formidabili forze disruptive?

Per poter rispondere a questa domanda si è dovuto ammettere che quando le cariche elettriche elementari sono portate alla vicinanza estrema che hanno nel nucleo, le forze mutue da ripulsive diventano attrattive, conferendo così al nucleo quella stabilità che altrimenti sarebbe inesplicabile.

Ma, se le forze sono attrattive, come avviene che negli elementi radioattivi la particella α, cioè il nucleo positivo dell'elio, può staccarsi dal nucleo ed essere espulso con così grande violenza? A questa domanda una risposta estremamente originale è stata data da Gamow fondandosi sulla moderna meccanica quantistica. Trattasi di materia non facilmente spiegabile ai non specialisti e che costituisce uno dei più importanti temi del presente Convegno.

Difficoltà ancora maggiori presenta la questione dello stato in cui si trovano gli elettroni che, oltre ai protoni, entrano anch'essi a far parte del nucleo (ce ne sono ben 146 nel nucleo dell'Uranio). Anche a questo argomento il Convegno dedicherà il suo esame, che sarà particolarmente faticoso. Risulta in ogni modo confermato, ancora di più, che l'interno del nucleo costituisce un Mondo nel quale la Fisica obbedisce ad altre leggi e dove perciò possono verificarsi i più impensati fenomeni.

Ho detto che i pesi atomici dei vari elementi sono espressi da numeri quasi esattamente interi se si prende come unità non proprio il peso del nucleo d'idrogeno, ma un peso leggermente minore. Se perciò i nuclei di tutti gli elementi sono costruiti mettendo insieme alquanti nuclei d'idrogeno, si deve ammettere che questi, associandosi, perdono una piccola parte del loro peso. La giustificazione di questo risultato è del maggiore interesse. Nello svolgimento della teoria della relatività, Einstein aveva già enunciato l'idea che la materia e l'energia sono intercambiabili l'una nell'altra, in ragione di 25 milioni di kilowattora per ogni grammo di materia distrutto. Ammesso ciò le differenze tra il peso nucleare di un elemento e il peso di tutti i nuclei di idrogeno e degli elettroni che lo costituiscono può risultare dal fatto che quando questi si riuniscono insieme per formare un nucleo più pesante, viene emessa una grande quantità di energia, corrispondente alla diminuzione di peso dell'agglomerato.

I conti si semplificano se si ammette che il nucleo dell'elio, cioè la particella alfa, sia il materiale comune di costruzione del nucleo degli altri elementi. Invero moltissimi di questi (che costituiscono ben il 90 per cento di tutta la materia esistente) hanno pesi atomici che sono multipli esatti di quello dell'elio, a meno di frazioni in difetto molto piccole. La loro formazione si otterrà quindi associando varie particelle alfa e considerando il piccolissimo residuo di massa sparita come l'equivalente della energia emessa nella costruzione. Per gli altri elementi a peso non multiplo di quello dell'elio occorrerà aggiungere alle particelle alfa ancora uno, due o tre protoni, oltre al computo dell'energia per il saldo del residuo. Con l'abbondante provvista dei risultati sperimentali raccolti da Aston e da altri si è potuta così ricostruire la genesi di molti degli elementi conosciuti, traendone conseguenze importanti, confermate dai fatti, nei riguardi della energetica nucleare e della maggiore o minore abbondanza dei vari elementi nella scorza terrestre.

In base alle considerazioni esposte si ripresenta, sotto una luce nuova, il secolare problema della possibilità di trasformare un corpo semplice in un altro. Non è di ostacolo la grandezza della quantità di energia occorrente alla trasformazione, poichè se fosse enorme la quantità di energia necessaria a eseguirla in un senso, dovrebbe bastare il farla avvenire in senso opposto perchè non solo non occorra energia, ma anzi se ne sprigioni in quantità sterminate. Così si richiedono circa duecentomila kilowattora per scomporre un grammo di elio in idrogeno; ma se ne svolgeranno altrettanti qualora si riesca a trasformare un grammo di idrogeno in elio. Per questa sintesi di un elemento così prezioso come l'elio la materia prima occorrente, l'idrogeno, è abbondantemente diffusa in natura; si ricaverebbero in più, con soli 50 chilogrammi di idrogeno trasformati, i dieci miliardi di kilowattora elettrici utilizzati in un anno in Italia. Che cosa si oppone alla realizzazione di questa sintesi così vantaggiosa?

È facile riconoscerlo. I quattro protoni che dovrebbero formare il nucleo di elio, si respingono con una forza, quella di Coulomb, che diviene sempre più grande a misura che essi si avvicinano e che sparisce solo quando son giunti quasi in contatto. L'ostacolo generale alle trasformazioni nucleari dell'atomo consiste appunto nella difficoltà di portare fino al contatto col nucleo, fortemente carico di elettricità positiva, altre particelle materiali, come il nucleo dell'idrogeno, o quello dell'elio, anch'essi carichi di elettricità positiva. Occorre cioè for-

zare la frontiera che separa il nostro mondo da quello nucleare, dove le forze elettriche da ripulsive diventano attrattive.

Detto ciò appare evidente l'origine di una idea geniale concepita da Lord Rutherford quando la Fisica del nucleo era appena al suo inizio, e che gli fece realizzare una esperienza a buon diritto considerata come la più grande scoperta fatta dalla Fisica in tutti i tempi. Lord Rutherford, profittando della enorme energia balistica posseduta dalle particelle α espulse dai corpi radioattivi, se ne servì per bombardare con esse gli atomi della materia ordinaria, come l'azoto e l'alluminio; e riuscì a dimostrare nella maniera più ingegnosa e convincente che come risultato dell'urto l'atomo colpito espelle un protone, cioè un nucleo di idrogeno, trasformandosi in un elemento diverso. L'esperienza è stata ripetuta da altri osservatori con vari dispositivi; dei risultati ottenuti si discuterà nel Convegno in base al rapporto presentato dal sig. Bothe. Particolarmente interessanti in proposito sono le ricerche del sig. Blackett il quale fotografando le scie del percorso delle particelle α che vanno ad urtare un atomo riuscì, fra le molte centinaia di migliaia di fotografie così eseguite, a trovarne una dozzina che registrano l'avvenimento rarissimo dell'urto a cui segue la trasformazione dell'atomo colpito.

Fu in tal modo possibile ricostruire dagli elementi cinematici delle traiettorie il meccanismo della trasformazione, e stabilire che nel caso dell'azoto la particella alfa rimane imprigionata nel nucleo colpito, mentre un protone ne sfugge dando luogo alla produzione degli atomi di idrogeno scoperta da Rutherford. Il nucleo d'azoto si è trasformato in ossigeno: l'energia sviluppata nel processo corrisponde all'ordine di grandezza desumibile dai numeri di Aston. Si giunge così alla prima equazione della nuova Chimica del Nucleo, che io cito per la sua storica importanza

Azoto + Nucleo Elio = Ossigeno + Nucleo Idrogeno + Energia

Fra le altre reazioni nucleari oggi in studio ne citerò una che dà l'indizio di una vera sintesi nucleare artificiale:

Berillio + Nucleo elio = Carbonio + Energia

Molti altri elementi sono stati sperimentati: di essi i più pesanti, dal rame in su, si mostrano insensibili al bombardamento. Ma anche con gli altri si hanno indizi sicuri di trasformazione solo per una dozzina. In ogni caso, di tutti gli urti fra il proiettile α e l'atomo solo pochissimi sono efficaci, cosicchè occorrono centinaia di migliaia di collisioni per incontrarne una che dia luogo alla trasformazione dell'atomo investito. È questo che limita per ora la portata pratica della grande scoperta.

Ma un fatto importante è da mettere in rilievo. Il successo della esperienza di Rutherford è tanto più significativo in quanto si può dimostrare che esso è in netta contraddizione con la Meccanica classica, in base alla quale l'esperienza avrebbe dovuto dare esito nullo. Si trova invero che per quanto sia grande l'energia balistica delle particelle α adoperate, essa non può ancora bastare per farle raggiungere, contro la forza ripulsiva del nucleo cui si avvicina, quella tale zona in cui le forze diventano attrattive; ciò che è necessario perchè avvenga la penetrazione. In altri termini con la particella α dovrebbe avvenire quello che si verifica tirando contro un aeroplano troppo alto, con un cannone di gittata insufficiente: il proiettile, ritardato in questo caso dalla gravità, torna indietro senza aver colpito il bersaglio. Che la particella α riesca effettivamente, per quanto di rado, a penetrare nel nucleo è perciò una sorpresa; si riesce a spiegarla solo se si applicano taluni concetti nuovi della Meccanica quantistica, come fece il Gamow svolgendo una ingegnosa teoria analoga a quella da lui stesso elaborata per spiegare l'uscita delle particelle α dai corpi radioattivi.

Nel nucleo sono adunque inapplicabili le leggi della ordinaria Meccanica oltre che quelle della Elettrostatica.

L'origine profonda di questa inapplicabilità risiede nel fatto che le dimensioni del nucleo sono di una estrema piccolezza, della quale non è facile formarsi un'idea adeguata. Si pensi che se potessimo ingrandire un pallino di piombo in tali proporzioni da farlo divenire grande come il globo terrestre, gli atomi di cui esso è formato ci apparirebbero grandi come un automobile, ma il nucleo, che ne è la parte essenziale, raggiungerebbe appena le dimensioni di un granello di sabbia. Non può recare sorpresa che in un Mondo così piccolo le leggi e i concetti fisici più abituali perdano validità e significato; nessun astronomo invero pretenderebbe che la legge di Newton e i procedimenti applicati per calcolare il movimento del pianeta Marte possano valere per far conoscere se, e perchè, ha preso fuoco la casa di un eventuale abitante di quel pianeta.

Se di qualche cosa ci si deve sorprendere, essa è che qualcuna delle leggi della Fisica classica sia ancora verificata, ciò che avviene appunto del principio della conservazione dell'energia, dominatore immanente e supremo di tutti i normali fenomeni fisico-chimici, e che è ancora valido nella emissione delle particelle α, e nell'urto di queste col nucleo.

La stessa modernissima Meccanica quantistica, riesce bensì, come ho detto, a dar ragione della scomposizione naturale e artificiale degli elementi; ma porta su questi fenomeni appena una traccia di luce, pallida e incerta. Noi non sappiamo se essa sia ancora e interamente applicabile nell'interno del nucleo; ed è anzi probabile che come dalla Meccanica classica si dovè passare alla quantistica per spiegare le proprietà dell'atomo, sia necessaria una altrettanto vasta rivoluzione concettuale per creare una nuova Meccanica atta a dominare anche il microcosmo costituito dall'interno del nucleo.

Qualunque siano le vicende delle teorie, sono già nelle nostre mani alcuni caposaldi sperimentali del più grande valore per le sorti della battaglia di cui siamo solo all'inizio.

Possiamo invero considerarci, in questo campo, nella situazione dei contemporanei di Talete Milesio quando fu eseguita la prima esperienza sulle forze elettriche. Appare inesplicabile che tanti secoli siano trascorsi prima che venisse approfondito lo studio di quella elementare esperienza; talchè solo 2500 anni dopo Talete si giunse alla costruzione della prima macchina elettrica.

Oggi le condizioni sono ben diverse: sotto i potenti mezzi di attacco dei moderni laboratori sperimentali e con la guida continua che offre agli sperimentatori la falange giovane e audace dei fisici teorici, l'avanzata si compie con una rapidità e un'efficacia che talvolta disorientano gli stessi combattenti, ma che affidano della possibilità del successo.

E sarà conquista grande, o Signori.

Nella vecchia parte dell'Universo che è la Terra da noi abitata la materia, dopo tempi sterminati di evoluzione, si è quasi interamente stabilizzata in forme immutabili; e perciò i fenomeni in mezzo a cui viviamo impegnano o l'intero atomo o appena la sua scorza esteriore. Ma la fenomenologia, a noi ignota, dell'interno del nucleo si svolge tuttora in forma imponente nelle stelle più giovani, dove tutta la materia esistente partecipa a un formidabile incendio interiore. Lo studio del nucleo, ora all'inizio, mira al disegno ambizioso di ridare sulla Terra la giovinezza alla materia, circoscrivendone le manifestazioni in limiti di spazio e di tempo compatibili con la nostra esistenza.

L'Uomo primitivo si distinse praticamente dagli animali il giorno in cui divenne padrone del fuoco. Oggi l'Uomo si accinge a prendere il dominio e il controllo di un fuoco ben più possente, valutabile a miliardi di gradi. Nel nuovo e arcano crogiuolo si realizzerà la trasmutazione artificiale degli elementi e la liberazione di masse di energia aventi classe e quantità incomparabilmente superiori a quelle finora da noi manovrate.

Non una civiltà ma un'età nuova con ciò potrà sorgere. Siamo ad essa vicini nel tempo?

Se anche si dovesse tardare dei secoli per raggiunger la mèta, il semplice fatto di averla individuata, e di avere scoperto la via per raggiungerla darà, in tutti i tempi, al secolo in cui viviamo la gloria più grande.

GIURISPRUDENZA FISCALE

Imposta di ricchezza mobile.

Società elettrica - Compito istituzionale della Commissione Centrale per le imposte dirette di rettificare le decisioni delle Commissioni amministrative - Interessi passivi corrisposti da una Società sulle somme prese a mutuo e destinate alla costruzione di impianti industriali - Valutazione fitto presunto opifici industriali - Canoni di derivazione d'acqua pagati allo Stato. (*T. U.* 24 *agosto* 1877, *n.* 4021, *art.* 25, 31, 32 e 43; *R. D.* 2 *ottobre* 1919, *n.* 1995 *art.* 2, 4; *R. D.* 30 *dicembre* 1923, *n.* 3069; *Legge* 26 *gennaio* 1865, *n.* 2136).

MASSIMA

La Commissione Centrale, può, senza rinviare per un riesame il ricorso alle Commissioni inferiori, decidere anche in merito alle questioni sottoposte al suo giudizio.

Sono esenti dal tributo mobiliare gli interessi che una Società paga per le somme prese a prestito da altro ente esistente nello Stato e impiegate alla costruzione di impianti industriali, anche se questi ultimi godano di uno speciale regime di esenzione da imposta, concretato nella detrazione dal reddito industriale lordo del loro fitto presunto.

Il calcolo del fitto presunto *attribuibile agli opifici industriali è un giudizio di carattere estimativo sottratto alla competenza della Commissione Centrale.*

È esente da imposta di ricchezza mobile il canone di derivazione pagato allo Stato perchè costituisce una vera spesa industriale inerente alla produzione del reddito.

Decisione del 1° *luglio* 1931 IX° *della Commissione Centrale pei ricorsi riguardanti le imposte dirette N.* 25184. *Udita la relazione sul ricorso della* S. A. IDROELETTRICA DELL'OZOLA *contro la decisione della Commissione Provinciale di Milano in data del* 27 *novembre* 1928.

Accertata la Società ricorrente per un reddito di Cat. B di L. 1.500.000 per gli anni 1922 e 1924 e di Cat. C2 di L. 100.000 per il 1922 salvo migliori deduzioni, reclamò alla Commissione Comunale e questa dichiarando di valersi della facoltà dell'articolo 43 della legge d'imposta rivalutò in base alle risultanze dei bilanci il reddito di Cat. B per il 1922 a L. 1.806.655 e quello di Cat. C2 per lo stesso anno in L. 1.387.775. Quanto al reddito di Cat. B per il 1924 partendo dalla base accertata per il 1922 e fattevi le deduzioni di cui ai RR. DD. 2 ottobre 1919, n. 1995 e 30 dicembre 1923, n. 3069 lo determinò in L. 866.655. Giustificò il nuovo accertamento osservando, quanto al 1922 che dal reddito di Cat. B risultante dai bilanci non erano deducibili L. 1.530.000 interessi passivi sul debito di lire 30.000.000 contratto dalla Società verso Istituti di credito per istituire nuovi impianti e non già per provvedere il capitale circolante alla gestione, epperciò gli oneri relativi dovevano gravare non sui redditi industriali, ma su quello degli impianti stessi già dedotto da quello del bilancio agli effetti dell'imposta di R. M. Invece il reddito così stabilito per il primo anno di esercizio, andava ridotto per il 1924 a L. 866.655 tenuto conto del maggiore valore locativo da attribuirsi per tale anno alla centrale elettrica di Predare da dedursi a termine dei suenunciati decreti. Reclamò la Società alla stessa Commissione Comunale a sensi dell'art. 98 del regolamento 11 luglio 1907, n. 560 e chiese che per il 1922 la indeducibilità degli interessi limitatamente ad un quinto corrispondente alla parte che si suole equitativamente attribuire agli impianti immobiliari nel determinare il valore locativo o fitto presunto; che poi sia per il 1922 che per il 1924 la valutazione di questo fitto presunto degli impianti da ammettersi in deduzione fosse calcolato in ragione di L. 120 per i 15.000 HP pari a L. 1.800.000 nel 1922 e di L. 120 per i 20.000 HP pari a L. 2.400.000 questa valutazione dimostrandosi in più equo rapporto sia con gli accertamenti prebellici che col costo dei nuovi impianti; e conseguentemente fosse annullato lo accertamento per inesistenza di reddito tassabile nel primo anno d'esercizio, e notevolmente ridotto quello per il 1924. Chiese infine che fosse parimenti ridotto l'accertamento del reddito di Cat. C2 per il 1922 non potendosi presumere alcun rapporto fra l'ammontare delle retribuzioni e la spesa per nuovi impianti.

La Commissione Comunale con decisione del 1° giugno 1928 confermò il suo primitivo accertamento. Appellò l'Ufficio perchè venisse ristabilito per il 1924 il reddito di Cat. B di Lire 1.806.655 già fissato per il 1922, originando l'utile d'esercizio dallo stesso bilancio 31 dicembre 1922 ed in secondo luogo perchè al valore locativo che va esente dalla imposta in virtù dei RR. DD. 2 ottobre 1919, n. 1995 e 30 dicembre 1923, n. 3069, venga attribuito il reddito di L. 440.000 corrispondente circa alla metà dell'utile di bilancio 31 febbraio 1922, allo scopo di proporzionarlo al valore degli impianti che sono per metà di natura immobiliare e per l'altra metà consistente in macchine e condutture. Appellò la Società insistendo nelle deduzioni già fatte in primo grado e per resistere all'appello dell'ufficio.

La Commissione Provinciale con l'impugnata decisione del 27 novembre 1928, rigettò l'appello del contribuente ed in accoglimento di quello dell'Ufficio confermò il reddito di L. 1.806.000 di Cat. B anche per il 1924 e confermò il reddito di Cat. C2 in L. 1.000.000 per il 1922. Ricorre in questa sede la Società e denunzia:

a) la violazione dell'art. 104 del regolamento per avere accolto l'appello dell'Ufficio sulla determinazione del reddito di Cat. B per il 1924 senza motivare la propria decisione;

b) per essere stata esclusa la deducibilità degli interessi passivi di L. 1.530.000 in violazione degli art. 31 e 32 della legge d'imposta, mentre tale deducibilità era giustificata dall'essere le somme cui questi oneri si riferiscono state impiegate nella costruzione di nuovi impianti di energia elettrica che sino al 1940 sono dichiarati esenti d'imposta dal R. D. Legge 2 ottobre 1919, n. 1995.

c) per essersi determinato in L. 440.000 il fitto presunto o valore locativo dall'impianto da dedursi ragguagliandolo così a circa la metà dell'utile netto di bilancio, mentre si sarebbe dovuto determinare in base ai criteri dell'art. 6 della legge 26 gennaio 1865, n. 2136; con questa valutazione si è violato lo art. 4 del succitato R. D. Legge 2 ottobre 1919, n. 1995;

d) che non sia ammessa la deduzione dei canoni di derivazione d'acqua in L. 18.821,25 ed in L. 6.814,05 con violazione dell'articolo 32 della legge d'imposta. Chiede in via principale che sia annullata la decisione impugnata e rinviati gli atti per nuovo giudizio alla Commissione Provinciale. In via subordinata che questa Commissione Centrale avvalendosi della facoltà conferitale dall'art. 43 della legge, sostituendosi alla Commissione Provinciale, voglia decidere anche nel merito tutte le questioni proposte col ricorso.

LA COMMISSIONE CENTRALE

osserva che non sono contestabili quei vizi di incongruente ed insufficiente motivazione che dal ricorso vengono rimproverati all'impugnata decisione. Ma poichè essi si risolvono sostanzialmente nell'accoglimento, sia pure non giustificato, di una tesi di diritto erronea, rientra nel compito istituzionale di questo supremo Collegio amministrativo rettificare la decisione e in base agli elementi di fatto già acquisiti fissarne le conseguenze, senza bisogno di procrastinare, con superflui rinvii alle Commissioni inferiori, la definizione di questa vertenza tributaria.

Osserva che malamente le Commissioni di merito negarono la deducibilità degli interessi passivi corrisposti dalla Società ricorrente sulle somme prese a mutuo e destinate alla costruzione degli impianti industriali. È infatti d'intuitiva evidenza che all'esercizio dell'industria elettrica non sono meno necessarie le

macchine produttrici e trasformatrici dell'energia, le reti di distribuzione, le cabine, i fabbricati che non lo stesso capitale circolante destinato alla gestione. La stessa legge del 30 dicembre 1923, n. 3069 col sopprimere il tributo fondiario sugli opifici industriali ha reso omaggio ad un principio che non ha bisogno di essere codificato tanto appare conforme alla ragione, quello cioè che gli opifici sono lo strumento di produzione del reddito industriale e conseguentemente le annualità passive corrisposte sulle somme impiegate nella costruzione degli opifici stessi, costituendo condizione necessaria dell'esistenza del cespite produttore, aggravano il reddito e debbono quindi ammettersi in deduzione in base al principio stabilito nell'art. 31 della legge d'imposta. Nella specie il prodotto certificato notarile delle risultanze dei libri della creditrice Società Generale Elettrica dell'Adamello giustifica la sussistenza e l'ammontare di queste annualità passive ed identifica la persona ed il domicilio della Società creditrice nello Stato, onde ricorrendo le condizioni richieste dal succitato articolo non può legittimamente negarsi la deducibilità di L. 1.530.000 importo annuale di queste passività. Osserva che, trattandosi di accertamento di redditi industriali riferibili ad esercizi anteriori al 1925, l'ammessa deduzione delle annualità passive sulle somme mutuate e destinate alla costruzione degli impianti non esclude che si debba far luogo anche alla deduzione del fitto presunto a termini dell'art. 32 della legge d'imposta, sia perchè questo fitto presunto non coincide, nè per entità giuridico-economica nè quantitativamente con le dette annualità passive, sia perchè trattandosi di un opificio di produzione di energia elettrica dichiarato esente dal tributo fondiario dalla legge 2 ottobre 1919, n. 1995 il mantenere nel reddito tassabile la spesa corrispondente a questo fitto si risolverebbe nella confisca dell'accordato beneficio tributario; Osserva che non hanno fondamento le censure mosse dal ricorso ai criteri seguiti dalla Commissione di merito per la determinazione di questo fitto presunto. Non è esatto ch'essa lo abbia valutato empiricamente, ragguagliandolo alla metà dell'utile netto di bilancio. Se da quest'erroneo concetto sono partite le proposte dell'Ufficio, non risulta affatto dimostrato ch'esso sia stato adottato anche dalle Commissioni, le quali tennero invece conto del numero di HP prodotti (15.000 nel 1922, n. 20.000 nel 1924) e con un giudizio estimativo, che rimanendo entro i limiti normalissimamente seguiti dal legislatore per queste valutazioni, deve necessariamente tener conto di tutte le particolari circostanze che concorrono a formare questo criterio di comparazione cui riferiscesi lo art. 6 della legge 26 gennaio 1865, n. 2136, valutarono il fitto in ragione di circa L. 60 per HP. *Il carattere squisitamente estimativo di questo giudizio non consente che possa essere riveduto in questa sede di legittimità.* Osserva infine che sono indubbiamente deducibili anche i canoni di derivazione d'acqua, trattandosi di somme pagate all'Erario per la relativa concessione e quindi di spese industriali inerenti alla produzione del reddito, delle quali si deve tener conto per l'art. 32. Che pertanto il reddito tassabile per l'esercizio del 1922, prendendo come base quello stabilito con incensurabile apprezzamento dalle Commissioni di merito (L. 2246000) ed operando le deduzioni sovra stabilite (fitto presunto L. 440.000: annualità passive L. 1.530.000, canoni di derivazione d'acqua L. 18.821,25 e L. 6.814,05) deve fissarsi in L. 250.364,70.

Che invece per l'esercizio del 1924, dovendosi la deduzione per fitto presunto portare secondo le valutazioni delle Commissioni di merito, a L. 1.000.000 (in conseguenza dell'aumentata produzione di HP per il nuovo impianto di Predare) l'accertamento va annullato, le deduzioni assorbendo ogni reddito. L'essersi l'accertamento stesso originariamente operato dalla Finanza presuntivamente e dalle Commissioni di primo grado rettificato con le facoltà dell'art. 43 della legge, lo sottrae alla disciplina del principio sanzionato dall'art. 25, per cui il reddito del secondo esercizio dovrebbe restare fissato invariabilmente dalle risultanze di bilancio del primo;

P. Q. M.

in parziale accoglimento del ricorso ed annullando per i capi relativi la decisione impugnata, determina in L. 250.364.70 il reddito tassabile in Cat. B per il 1922 e dichiara non esservi reddito tassabile in detta categoria per il 1924.

Decisione del 1° *luglio* 1931-IX° *della Commissione Centrale pei ricorsi riguardanti le Imposte Dirette. Sezione plenaria N.* 25183, *Serie* 5ª.

Udita la relazione sul ricorso della S. A. Idroelettrica dell'Ozola contro la decisione della Commissione Provinciale di Milano in data del 27 novembre 1928.

Accertata dall'Ufficio la Società ricorrente per un reddito di Cat. B di L. 2.300.000 per l'anno 1923 e di L. 3.473.922 per il 1925 e per un reddito di Cat. C 2 di L. 600.000 per il solo anno 1923, salvo migliori deduzioni, ed impugnato dalla Società questo accertamento davanti la Commissione Comunale di Milano, essa con decisione 11 marzo 1927, dichiarando di esercitare la facoltà consentita dall'art. 43 della legge d'imposta, deliberò di respingere il reclamo per quanto riguarda il reddito di Cat. B determinandolo sul bilancio al 31 dicembre 1923 in L. 2.461.842 da valere per l'anno 1923; nulla iscrivendosi a ruolo per l'anno 1925. Accolse parzialmente il reclamo per quanto riguarda il reddito di Cat. C 2 del 1923 che fissò, salvo rivalsa, in L. 300.000. Giunse quanto al reddito di Cat. B a queste conclusioni dopo avere escluso la deduzione di alcune partite su cui non vi era dissenso, osservando che la Società con un capitale di L. 30 milioni aveva proceduto a nuovi impianti per un valore di Lire 60.000.000, assumendosi interessi passivi verso istituti di credito per L. 2.726.499,23, che dovevano gravare sugli impianti, il cui reddito imponibile viene dedotto da quello di bilancio agli effetti della imposta di R. M., per cui non era ammissibile l'ulteriore loro deduzione. Considerò che il reddito così stabilito in L. 2.461.842 (tenuto conto della deducibilità per cedole e dividendi percepiti dalla Società e del valore locativo attribuibile alla Centrale di Predare) poteva valere per il 1923 secondo anno d'esercizio, nulla poteva iscriversi a ruolo per il 1925, perchè a partire dal 1° gennaio di quest'anno i redditi dei fabbricati industriali non erano più soggetti all'imposta fondiaria, ma a quella di R. M. e perciò gli oneri gravanti sugli stessi sono deducibili agli effetti di quest'imposta. Eppertanto i sopraccennati interessi passivi di L. 2.726.499,25 dovendo dedursi dal reddito, il bilancio residuava passivo agli effetti fiscali. Moderò poi il reddito di Cat. C 2 per il motivo che l'esercizio della Centrale elettrica era affidato a altra Società.

Reclamò contro questo nuovo accertamento la Società alla stessa Commissione Comunale a sensi dell'art. 98 del regolamento e la Commissione con decisione 1° giugno 1928 confermò l'accertamento. Intanto l'Ufficio aveva appellato alla Commissione Provinciale chiedendo che per quanto riguarda il reddito di Cat. B per il 1925 venissero tassati gli interessi di L. 300.000 per debiti contratti dalla Società per acquisto di titoli di proprietà portati al bilancio del 31/12/1923 per L. 4.210.848,10; che inoltre al valore locativo, esente da imposta in virtù dei RR. DD. 2 ottobre 1919, n. 1995 e 30 dicembre 1923, n. 3069 venisse attribuito il reddito di L. 650.000 corrispondente alla metà dell'utile del bilancio 31 dicembre 1923 allo scopo di proporzionarlo al valore degli impianti aventi carattere per metà immobiliare e per l'altra metà costituito da macchine e condutture.

Appellò la Società per ottenere una riduzione dell'accertamento del reddito di Cat. C 2 fissato dalla Commissione Comunale perchè doppio dell'ammontare degli stipendi e retribuzioni corrisposte ai propri impiegati; inoltre per resistere all'appello dell'Ufficio.

La Commissione Provinciale, con l'impugnata decisione del 27 novembre 1928, considerò che per il reddito di Cat. B, non essendo all'epoca dell'accertamento ancora in funzione il terzo impianto, era equo apportare una riduzione a quello fissato dalla Commissione di 1° grado e che invece appariva infondato l'appello della Società contro la determinazione del reddito di Cat. C 2, lasciò questo immutato; e deliberò per quello di Cat. B di rigettare l'appello dell'Ufficio e di accogliere parzialmente quello della parte e conseguentemente fissò il reddito in Lire 2.141.842 sia per il 1923 che per il 1925.

Ricorre in questa sede la Società e denunzia:

a) la violazione dell'art. 104 del regolamento per assoluto difetto di motivazioni sull'attribuzione del reddito per il 1925;

b) la violazione dell'art. 25 della legge d'imposta per avere accordato una riduzione sul reddito fissato dalla Commissione di 1ª istanza senza specificare a quali fra le singole partite dell'accertamento analitico sia attribuibile;

c) la violazione degli art. 31 e 32 della legge d'imposta per non avere ammesso la deduzione di L. 2.726.449,23 interessi passivi che gravano il reddito di R. Mobile;

d) violazione degli art. 6 della legge 26 gennaio 1865, n. 2136 e 13-14 dell'annesso regolamento 24 agosto 1877, n. 4024 nella determinazione del valore locativo o fitto presunto degli immobili da dedursi dal reddito;

e) violazione dell'art. 4 del R. D. Legge 2 ottobre 1919, n. 1995 recante provvedimenti di favore per i nuovi impianti di produzione di energia elettrica;

f) violazione dell'art. 32 della legge d'imposta per non aver ammesso fra le spese industriali le somme pagate all'Erario per canoni di concessioni di acqua. Chiede che la Commissione

Centrale avvalendosi delle facoltà conferitele dall'art. 43 della legge d'imposta si sostituisca alla Commissione Provinciale e decida nel merito tutte le questioni insorte sull'accertamento.

La Commissione Centrale

Osserva che evidenti sono le deficienze formali e logiche che inficiano la decisione impugnata; ma poichè le stesse si risolvono nell'accoglimento di un'errata tesi giuridica, rientra nel compito di questa sede di legittimità il rettificare in punto di diritto le premesse teoriche della decisione e trarre le conseguenze pratiche in base agli elementi di fatto già acquisiti agli atti.

Osserva che erroneamente fu negata la deducibilità per l'esercizio 1923 delle annualità passive sulle somme dalla Società mutuate e destinate alle costruzioni dei propri impianti.

Essi infatti sono, non meno che il capitale circolante, elementi indispensabili per la produzione del reddito; epperciò per le ragioni già esposte nell'altra decisione di pari data relativa agli esercizi 1922-1924, vanno dedotte in base all'art. 31 della legge d'imposta dal reddito tassabile essendone giustificata la sussistenza, l'ammontare e accertata la persona ed il domicilio nello Stato del creditore (Società Generale di Elettricità Adamello). Che la deduzione di queste annualità passive non esclude per l'esercizio del 1923, anteriore all'entrata in vigore del R. D. 30 dicembre 1923, n. 3069, la deducibilità della spesa per fitto presunto trattandosi di azienda di produzione di energia elettrica dichiarata esente dal tributo fondiario della legge 2 ottobre 1919, n. 1995.

Queste spese per fitto presunto furono dalle Commissioni di merito valutate in ragione di L. 60 per HP, tenuto conto della produzione totale di 20.000 HP. *Trattasi di giudizio squisitamente estimativo, non suscettibile di riesame in questa sede.*

Osserva che l'ammontare delle somme deducibili documentalmente dimostrate in L. 2.726.499 per annualità passiva, e dalle Commissioni di merito stabilite per fitto presunto nell'esercizio 1923 in L. 1.380.000, assorbono sia per l'esercizio 1923 che per quello del 1925 il reddito determinato dalla Commissione Mandamentale per il 1923 in L. 3.841.842 e stabilito per il 1923 e per il 1925 dalla Commissione Provinciale in L. 2.141.842.

P. Q. M.

accoglie il ricorso, annulla la decisione impugnata e dichiara non esservi tassabile in Cat. B nè per l'esercizio 1923 nè per quello del 1925.

NOTA

Riportiamo le due pregevoli decisioni — che sono sostanzialmente identiche — poichè la chiarezza dei concetti in esse esposti varrà indubbiamente a troncare alcune questioni sollevate in questi ultimi tempi dagli Uffici distrettuali delle Imposte.

E non senza aver rivolto agli esimî magistrati del Supremo Collegio un vivo elogio per la speditezza della procedura instaurata col decidere senz'altro la controversia, evitando le lungaggini di inopportuni rinvii alle Commissioni inferiori, esprimiamo il nostro consenso alle massime sopra enunziate.

Per quanto riguarda la deducibilità degli interessi passivi sulle somme prese a mutuo e investite in impianti industriali, non ci dovrebbero più essere dubbî dopo la Nota Ministeriale del 31 agosto 1926, n. 9187 (Direzione Generale Imposte Dirette - Divisione 3ª) rivolta alle Associazioni tra le Società Italiane per Azioni e dopo la Circolare 2 settembre 1926, n. 9543 agli Ispettori Superiori.

Il diniego della deduzione, nel liquidare il reddito di Categoria B degli enti azionari, dei su detti interessi se poteva in un certo senso comprendersi quando il legislatore considerava l'opificio industriale come produttivo di due redditi distinti e separati, uno di natura *fondiaria* ed uno di natura *mobiliare*, non può più sussistere dopo l'emanazione del decreto 30 dicembre 1923 (art. 5) con il quale si è riconosciuto che l'opificio è fattore strumentale di produzione di un reddito avente carattere interamente mobiliare.

La giurisprudenza passata aveva costantemente ritenuto che tali interessi non gravassero il reddito industriale ma il reddito *immobiliare* dell'opificio e, data la coesistenza dei due regimi tributarî, altra opinione non era possibile. Anche il Quarta ha scritto (Vol. II, pag. 344) che l'interesse dei capitali tolti a prestito ed impiegati nell'*esercizio* dell'industria, se non può detrarsi come *spesa di produzione*, può invece detrarsi come *annualità passiva*, semprechè, *conditio sine qua non*, i capitali siano impiegati nell'*esercizio* e concorrano direttamente alla produzione del reddito.

Che se invece — si esprimeva l'illustre commentatore della legge di R. M. — i capitali siano stati impiegati *per lo acquisto* o *per la costruzione dell'edificio*, ove la industria si esercita, i relativi interessi non potranno detrarsi perchè non aggravano il reddito, bensî l'opificio, ed i capitali non concorrono neppure all'attuale produzione del reddito ma son serviti ad aumentare il patrimonio dell'esercente mediante l'acquisto o la costruzione dell'opificio.

Ma anche l'opinione del Quarta derivava dal particolare trattamento fiscale degli opifici industriali, trattamento la cui irrazionalità venne poi riconosciuta in pieno con il su citato decreto del 1923. Cosicchè, oggi per concorde parere di dottrina e giurisprudenza, riscontrato negli interessi corrisposti sulle somme impiegate alla costruzione di impianti industriali il carattere di *annualità passiva*, non si può negarne la detrazione dal reddito lordo, in omaggio al noto principio di diritto: *bona intelliguntur cujusque quae deducto aere alieno supersunt.*

La lettera della legge (« i contribuenti sono ammessi a dichiarare le annualità passive che *aggravano i loro redditi provenienti da ricchezza mobile* »), non meno che lo spirito, non permette altra soluzione. Una definizione dell'annualità passiva possiamo trovarla già in una remota sentenza della Cassazione (22 maggio 1876 in causa Fabbriceria S. Alessandro di Bergamo): « *per annualità passive afficienti il reddito contemplate dall'art.* 31 *della legge, si debbono intendere gli oneri annuali obbligatorii imposti dagli stessi titoli, dai quali il reddito emana e che costituiscono una prededuzione necessaria in favore di determinate persone. Evidentemente nel concetto del Legislatore le annualità passive, rispetto ai redditi patrimoniali, debbono trovarsi nello stesso rapporto delle spese di produzione rispetto ai redditi industriali, avere cioè col reddito un nesso così intimo e necessario, da doversi ritenere che lo colpiscano e lo decurtino nella sua stessa sorgente* ».

Nel caso della Società Idroelettrica dell'Ozola nessun dubbio è possibile circa la qualità di *annualità passiva* degli interessi pagati alla Società Generale Elettrica dell'Adamello; oltre alle somme necessarie all'esercizio vero e proprio, come potrebbero essere quelle occorrenti al pagamento di stipendî, tasse, manutenzioni ecc., altre ne sono occorse alla Società debitrice per portare a compimento la costruzione dei suoi impianti, i quali — com'è intuitivo — costituiscono in sostanza la base senza di cui non sarebbe possibile l'esistenza di un qualsiasi *esercizio* industriale.

Gli oneri dipendenti dalla costruzione di tutto il complesso degli opificî industriali (macchinari, dighe, canali, cabine, linee, ecc.) possono, in un certo modo, paragonarsi alle spese che incombono ad alcune Società, specialmente di costruzioni, per la registrazione dei contratti d'appalto, delle quali spese gli Uffici delle Imposte hanno per lungo tempo negata la deducibilità, definendole erogazioni anteriori alla produzione del reddito e quindi sottratte al vero processo produttivo del reddito. Ma, come è impossibile l'inizio dei lavori di costruzioni senza il contratto d'appalto e relativa registrazione, così, nel caso di Società produttrici e distributrici di energia elettrica, è parimenti impossibile che esista l'esercizio industriale senza la costruzione degli organi di produzione e di trasformazione dell'energia.

Ben a ragione, quindi, ha stabilito il Supremo Collegio che il pagamento degli interessi passivi rappresenta condizione necessaria per l'esistenza del cespite produttore; accertate, altresì, le condizioni volute dall'art. 31 della legge (sussistenza

effettiva del debito, identificazione della persona e del domicilio nello Stato dell'Ente creditore) sono salvaguardati i diritti del Fisco e deve farsi luogo alla deduzione, essendo irrilevante ai fini della decisione che gli impianti per cui servirono i fondi mutuati godano della speciale esenzione da imposta mobiliare decretata dalla disposizione del 2 ottobre 1919, n. 1995.

La deduzione dal reddito lordo degli interessi passivi afferenti alla costruzione non esclude la deduzione del valore locativo (fitto presunto) degli impianti industriali esenti (calcolato di solito in base ad un coefficiente oscillante intorno alle L. 100 per HP). Infatti la consistenza economica e la portata giuridica, oltre che il materiale importo, delle due distinte detrazioni non coincidono; negando la detrazione *temporanea* (fino al 1940) dal reddito mobiliare globale del fitto presunto degli impianti costruiti dopo il 1919, il principio informatore dell'esenzione, accordata senza riserva alcuna dal decreto del 1919, sarebbe vulnerato e rimarrebbe conseguentemente frustrato lo scopo del Legislatore di favorire la costruzione degli impianti idroelettrici.

In quanto all'affermazione della Commissione Centrale che il giudizio della Commissione Provinciale sull'entità da detrarre per fitto presunto (L. 60 per il totale dei cavalli *prodotti*) sia un giudizio meramente estimativo, ci permettiamo di esprimere qualche riserva.

Che per valutare il reddito edilizio delle « *officine di produzione e di trasformazione dell'energia elettrica* » di cui parla l'art. 4 del R. D. 2 ottobre 1919, n. 1995 si ricorra ad un coefficiente rappresentativo del reddito edilizio riferibile ad ogni cavallo dinamico, sta bene. La prassi si è avviata in questo senso e non abbiamo critiche da fare; ma ci viene il dubbio che la Commissione Centrale non abbia sufficientemente valutate le questioni di diritto collegate alla determinazione della quantità dei cavalli cui commisurare il coefficiente di esenzione. *Cavalli prodotti*, dice la sentenza; ma intende *cavalli effettivi*? o *cavalli risultanti dal decreto di concessione*? Per nostro conto noi riteniamo che il coefficiente di esenzione debba essere riferito alla *potenza utile installata*, per il semplice quanto ovvio riflesso che gli impianti (edificio della centrale, condotte d'acqua, serbatoi, turbine, ecc.) vengono costruiti in relazione al *massimo* di sfruttamento possibile. Così che è la potenzialità produttiva massima cui bisogna adeguare l'esenzione, allo stesso modo che un molino, ad esempio, attrezzato per la produzione di 1000 quintali di farina al giorno, ma utilizzato dall'esercente (proprietario o affittuario) solo per 500 quintali, ha un *valore locativo* in rapporto alla sua potenzialità di 1000 quintali giornalieri e non 500.

Se non è suscettibile di riesame da parte della Commissione Centrale, come questione di fatto, la determinazione dell'ammontare unitario di esenzione (nel caso Idroelettrica dell'Ozola L. 60 per HP), del che peraltro dubitiamo, rientra sicuramente nella competenza del Supremo Collegio il decidere in punto di diritto se il reddito di una officina elettrica debba determinarsi o no in base alla « *dotazione permanente, indipendentemente da qualsiasi indagine sull'effettivo consumo e sull'utilizzazione della forza* ». (Cassaz. 10-30 dicembre 1918, Società Elettrica Bresciana; nelle *Imposte Dirette*, 1919, pag. 87).

Rileviamo inoltre di volo che, nel caso in esame, per le sottostazioni, (« *officine di trasformazione* », dice la legge) dipendenti da impianti esenti, non è stato accordato alcun beneficio d'imposta.

La spesa per i canoni d'acqua pagati all'Erario, imposti con l'art. 26 del R.D.L. 9 ottobre 1919, n. 2161 nella misura di lire tre per ogni cavallo dinamico nominale destinato a forza motrice, ed elevati, con decorrenza 1° gennaio 1924, a lire dodici per effetto del R.D.L. 25 febbraio 1924, n. 456, era considerata, anteriormente all'entrata in vigore dell'art. 5 del R. D. 30 dicembre 1923, n. 3069, cioè fino al 31 dicembre 1924, come un onere aggravante il reddito del fabbricato.

Oggi, invece, i canoni, come gli interessi passivi di cui sopra, essendo assoggettato il fabbricato al tributo mobiliare, costituiscono una spesa squisitamente *inerente* al reddito di ricchezza mobile e non si può più dubitare della loro deducibilità, ai sensi dell'art. 32 del T. U. del '77.

Sicchè, rettamente ha giudicato il Supremo Collegio con l'ammetterne la detrazione dal reddito lordo.

Le decisioni annotate ci risultano accettate dall'Amministrazione Fiscale; speriamo che il lodevole spirito di comprensione della Direzione Generale delle Imposte Dirette sia condiviso dagli Uffici periferici e le questioni ora decise non vengano più riproposte.

Ch.

NOTE E RIASSUNTI

CENNI SULLE OPERE DI BONIFICA DELLA PIANA DEL SELE CON PARTICOLARE RIGUARDO ALLA DIGA DI PERSANO.

Il Sele è un corso d'acqua a carattere eminentemente torrentizio; esso da una portata di 25 mc/sec nei periodi di grande magra, raggiunge, nei periodi di massima piena, un deflusso di 2 500 mc/sec.

Nell'alta valle, le acque di questo fiume vengono utilizzate per produzione di forza motrice, dalla Soc. Meridionale di Elettricità (centrale del Tanagro); successivamente esso riceve le acque di parecchi affluenti fra cui quelle del Calore e sbocca nel Mare Tirreno con le portate sopra accennate.

e) opere varie complementari, una rete stradale dello sviluppo di qualche centinaio di km, una condotta d'acqua potabile pel villaggio espressamente costruito per alloggiare presentemente le numerose maestranze addette ai lavori e successivamente la nuova popolazione agricola che, debellata la malaria, potrà risiedervi.

Un altro Ente procede per conto del Consorzio dei proprietari della zona in sinistra del Sele, alla bonifica di questo comprensorio che, dalle propaggini degli Alburni, si estende fino a Pestum, famosa per le antiche rovine. Questa zona abbraccia una superficie di 12 000 ettari con una portata utilizzata di 8 mc/sec integrata a valle con una successiva presa sul Calore.



Fig. 1. - Veduta panoramica del fiume Sele a Persano e delle opere idrauliche su di esso in corso di costruzione.

Il problema di bonifica della piana del Sele si presenta quanto mai semplice e razionale. Trattasi di mettere in valore portate notevolissime d'acqua che altrimenti andrebbero a sfociare al mare senza alcuna utilizzazione attraversando un comprensorio di ben 34 000 ettari. Queste terre, quasi totalmente fertilissime, abbracciano una estesa zona pianeggiante, che può dare raccolti imponenti e preziosi per quantità e qualità nei periodi di massima precipitazione, mentre tutto si inaridisce sotto l'ardore del sole implacabile nelle annate di siccità.

Il programma di bonificazione idraulica di questa zona è ormai in pieno corso di svolgimento e, per la parte relativa alla bonifica e alla irrigazione della piana in riva destra, di cui qui ci occupiamo, esso viene attuato dalla Soc. Anonima per le bonifiche, con sede in Milano.

Il complesso delle divisate opere idrauliche ed accessorie comprende:

a) uno sbarramento provvisorio ed una galleria di deviazione;

b) una diga in parte fissa del tipo a gravità ed in parte mobile con paratoie automatiche regolatrici del livello a quota 46,50;

c) una galleria di presa per la portata di mc/sec 20, lunga ca. km 5 e seguita da un canale principale di irrigazione lungo ca. 25 km, a cui si allacciano i primari d'irrigazione, i canali secondari e quelli di minore portata fino alle canne;

d) opere per la raccolta delle acque basse;

a) Sbarramento provvisorio e galleria di deviazione.

Lo sbarramento è stato effettuato a Ponte Sele presso la stazione ferroviaria di Persano, sulla linea Napoli-Potenza, e presso il grande castello di Persano che sorge al centro di una vasta tenuta di 3 600 ettari, destinata all'allevamento di cavalli per l'Esercito e gestita dal Ministero della Guerra.

La località scelta per lo sbarramento si presenta in condizioni particolarmente favorevoli poichè il fiume forma ivi un'ansa molto accentuata che ha consentito di ridurre al minimo la lunghezza della galleria di deviazione; questa, infatti, risulta di soli 90 m ed attraversa il promontorio collinoso, circoscritto dall'ansa sopraccennata, per scaricare a valle dello sbarramento definitivo (fig. 1).

Lo sbarramento provvisorio è stato costruito in terra e rafforzato a monte da gabbionate e sacchi di terra di notevoli dimensioni. Esso fu parzialmente demolito durante il grande nubifragio del 21 settembre 1929 e, successivamente ricostruito, ha resistito per tutto il rimanente periodo.

b) Diga di sbarramento.

La diga di sbarramento vera e propria è costituita da una parte fissa del tipo a gravità in calcestruzzo, della lunghezza di 86 m ca., in sponda sinistra. La parte rimanente è formata da paratoie automatiche per una lunghezza di ca. 95 m ivi comprese le pile e le spalle (fig. 2).

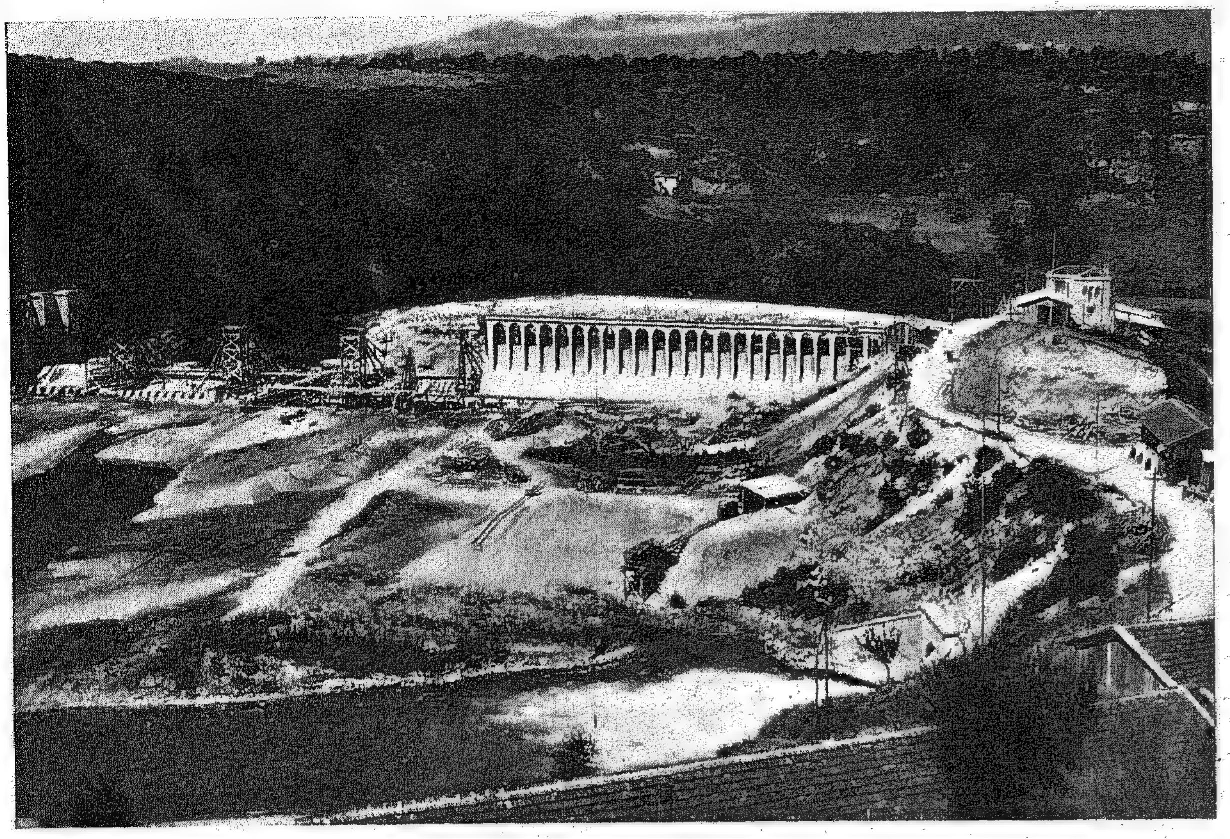


Fig. 2. - Diga di sbarramento vista da valle.

Una caratteristica interessante della diga di sbarramento è data da uno speciale accorgimento inteso ad evitare eventuali correnti sottopassanti la diga stessa e ad impedire quindi qualsiasi sifonamento. Ciò è stato suggerito dal fatto che procedendo dalle sponde verso l'alveo si è incontrato un letto di notevole altezza formato da materiale alluvionale, sabbia e ghiaia, sino alla profondità di circa 25 m sotto il pelo d'acqua di magra.

Il provvedimento a cui si accenna consiste in un diaframma di tenuta, costituito da pali in cemento armato sistema Wolfholz, gettati in posto nel modo seguente: lungo l'asse del divisato taglione viene praticata a mezzo di sonde, una serie di fori nei quali rimangono infissi dei tubi di acciaio del diametro di 30 cm circa e della lunghezza di 25 a 30 m con 40 cm di interasse; in questi viene calata anzitutto un'anima costituita da un'ossatura a traliccio con cinque tondini verticali ed un'armatura elicoidale e viene successivamente iniettata della malta cementizia alla pressione di 10 a 15 atm. Man mano che si esegue il getto liquido il cemento va a riempire i vuoti della coltre alluvionale e per effetto della stessa pressione il tubo viene sollevato e progressivamente estratto, rimanendo al suo posto il palo in cemento armato. L'iniezione viene effettuata alternativamente, lasciando cioè, in un primo momento, un tubo privo di iniezione per ogni tubo iniettato. Ne consegue pertanto che per l'effetto della fortissima pressione la malta cementizia va ad investire i due tubi laterali in attesa del getto che successivamente viene fatto anche in essi. Così, in definitiva si ottiene a monte del massiccio di fondazione una paratia continua in cemento armato, resistente ed impermeabile per quanto un calcestruzzo ricchissimo di cemento e materiale finissimo può dare (fig. 3).

L'anima in traliccio, dopo l'estrazione dei tubi, sporge alla sommità dei pali per un'altezza di 0,70 ÷ 1 m e viene piegata ed incorporata nel getto di fondazione della diga in modo da costituire con esso un complesso monolitico come sopra detto.

Durante la esecuzione degli scavi di fondazione si è avuto modo di constatare la perfetta riuscita della paratia con la prevista compenetrazione successiva dei pali.

In prossimità della paratia sono state poi fatte in limitata misura, sopratutto per maggior sicurezza, altre iniezioni di cemento ad elevata pressione.

La diga mobile comprende quattro paratoie automatiche separate da pile in muratura ed in cemento armato. Un sistema di pali Wolfholz portanti del diametro esterno di 50 cm circa, costruito con gli stessi metodi accennati per una profondità di m 15 ca. sotto la fondazione delle pile, ha lo scopo di costipare il sottosuolo e di sostenere una parte del carico dovuto alla spinta dell'acqua ed al peso dell'imponente masso sovrastante.

DIGA MOBILE.

Le quattro paratoie della diga mobile hanno, ciascuna, una luce netta di m 17 di larghezza per m 6 di altezza normale di ritenuta. La disposizione d'installazione è quella riportata nella figura 4, che rappresenta il montaggio in corso di svolgimento delle parti infisse e l'imbocco della galleria di presa. Dette paratoie sono di tipo a settore a funzionamento automatico e sono previste per rispondere alle seguenti condizioni di manovra:

a) Funzionamento automatico per mantenere costante entro pochi cm di tolleranza. il livello a monte, semprechè la portata del fiume non oltrepassi la capacità di scarico delle luci completamente aperte.

Il funzionamento automatico viene realizzato utilizzando l'azione dell'acqua su alcune ventole servomotrici, due per ogni paratoia, disposte lateralmente nelle pile, entro apposite camere.

b) Manovra idraulica a mano, allo scopo di poter comandare le paratoie ed eventualmente provocarne a volontà anche la

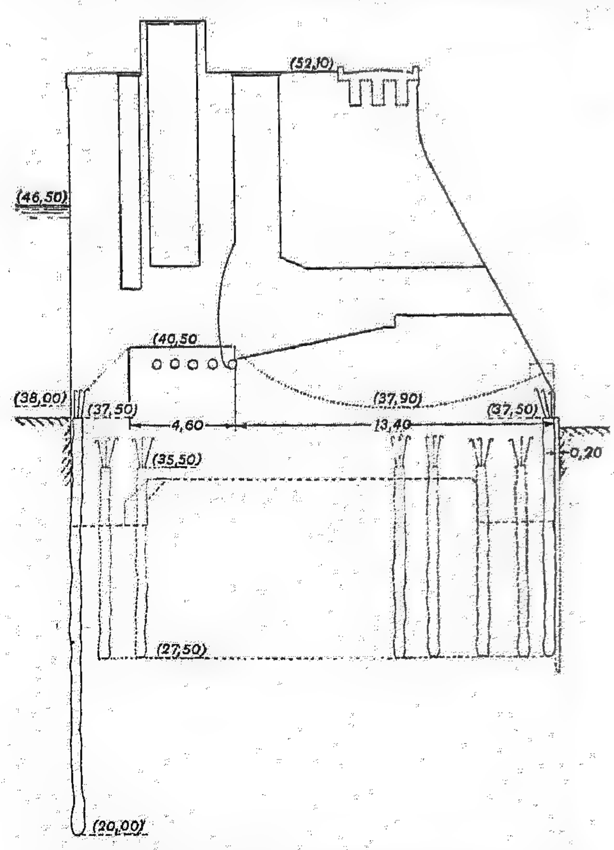


Fig. 3. - Profilo di una pila intermedia con la paratia in cemento ed i pali di costipazione del terreno di fondazione, sistema Wolfholz.

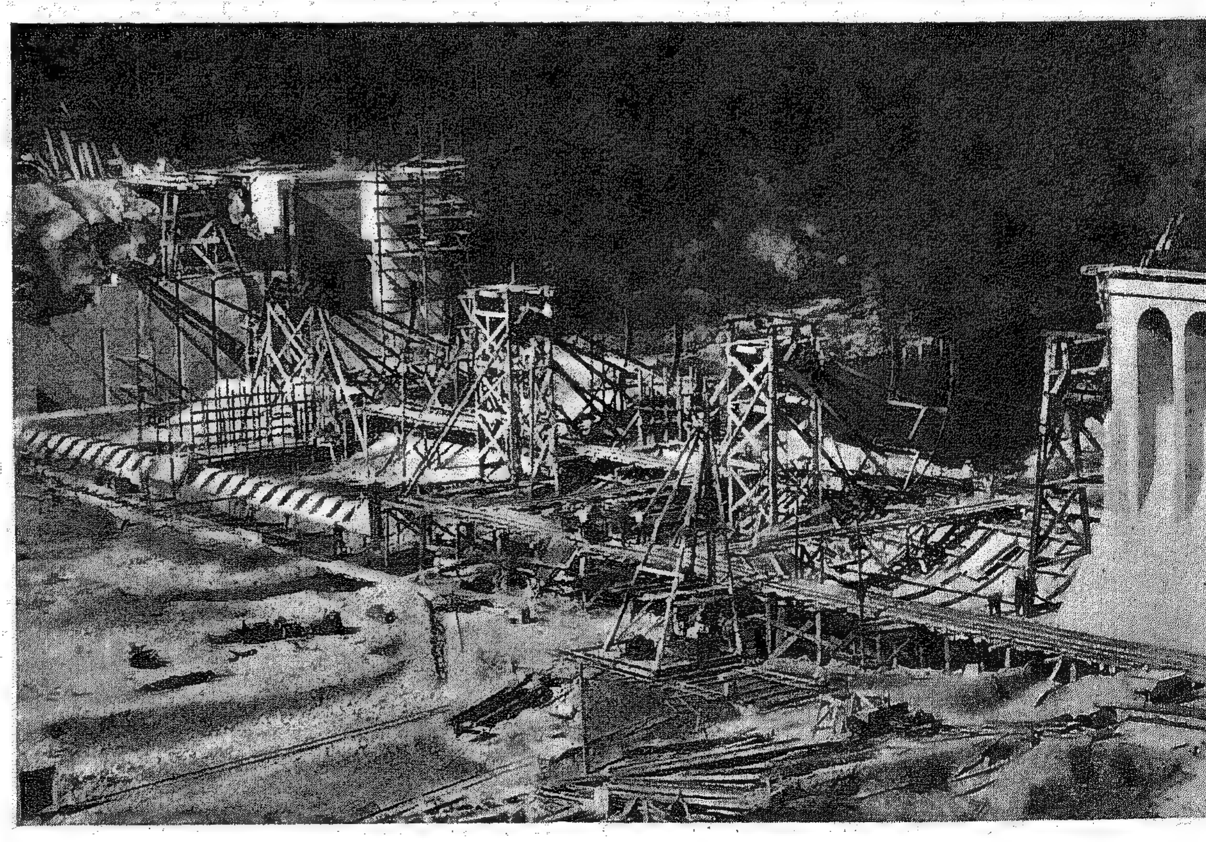


Fig. 4. - Parti infisse delle paratoie automatiche in corso di montaggio ed imbocco della galleria di presa.

completa apertura, utilizzando la spinta idrostatica che, mediante il gioco di opportune saracinesche, si può creare sotto le ventole servomotrici, in dipendenza del dislivello esistente tra monte e valle dello sbarramento. A tal uopo, a mezzo di una piccola saracinesca apribile a mano, si può mettere in comunicazione la parte inferiore delle camere delle ventole servomotrici con l'acqua a monte delle paratoie, anche se il livello di questa si trova a quota inferiore alla cresta dello sfioratore di presa per il funzionamento automatico.

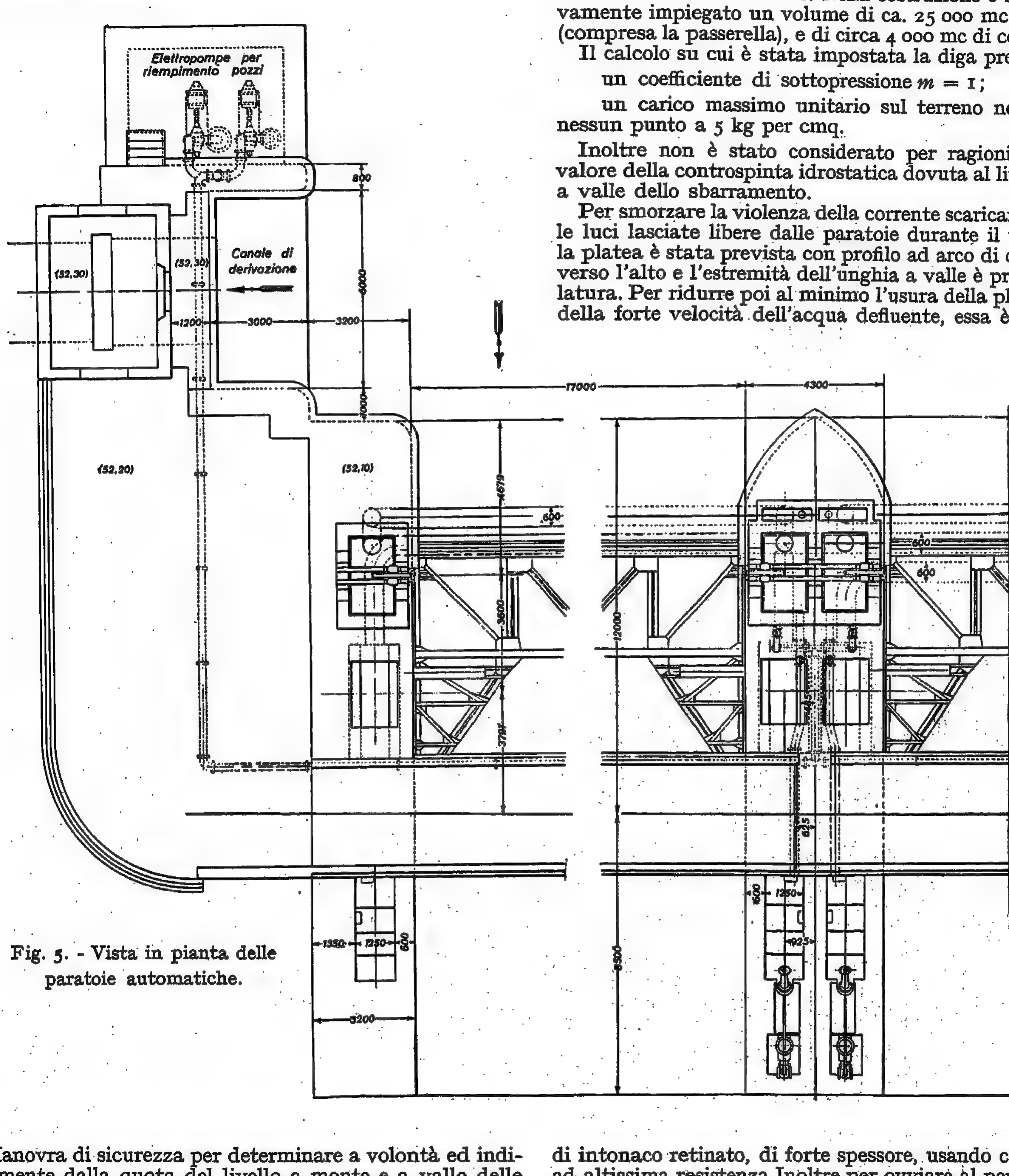


Fig. 5. - Vista in pianta delle paratoie automatiche.

c) Manovra di sicurezza per determinare a volontà ed indipendentemente dalla quota del livello a monte e a valle delle paratoie, la loro apertura o chiusura parziale o totale, utilizzando l'azione di gravità dei contrappesi mobili combinata alla spinta idrostatica che sui contrappesi stessi si potrà esercitare regolando opportunamente il livello dell'acqua entro appositi pozzi. I contrappesi sono collegati a mezzo di cavi di acciaio e di pulegge di rinvio alle paratoie e scorrono nei pozzi ricavati anch'essi lateralmente nelle pile, verso monte. Per manovrare le paratoie risulta sufficiente pertanto variare il livello dell'acqua nei pozzi fino a scaricar questa completamente, a mezzo di una semplice valvola disposta ai piedi dei pozzi stessi (figure 5, 6 e 7).

La soglia delle paratoie è a quota 40,50.

Il livello normale di ritenuta che dovrà essere mantenuto dalle paratoie automatiche nei limiti della tolleranza prestabilita è a quota (46,50).

La quota normale del livello dell'acqua a valle dello sbarramento è (42,50).

Il dislivello minimo fra i peli dell'acqua a monte e a valle delle paratoie in corrispondenza al quale esse dovranno essere mantenute aperte col comando automatico, è di m 3, cioè col livello a valle a quota (43,50).

Il livello massimo a valle in corrispondenza del quale potrà essere adoperato il terzo comando di riserva, non supererà la quota (44,50).

I lavori di fondazione hanno richiesto per la diga a gravità un volume di scavo di circa 8 000 mc e per la diga mobile un volume di circa 10 000 mc. Nella costruzione è stato complessivamente impiegato un volume di ca. 25 000 mc di calcestruzzo (compresa la passerella), e di circa 4 000 mc di cemento armato.

Il calcolo su cui è stata impostata la diga prevede:

un coefficiente di sottopressione $m = 1$;

un carico massimo unitario sul terreno non superiore in nessun punto a 5 kg per cmq.

Inoltre non è stato considerato per ragioni prudenziali il valore della controspinta idrostatica dovuta al livello dell'acqua a valle dello sbarramento.

Per smorzare la violenza della corrente scaricantesi attraverso le luci lasciate libere dalle paratoie durante il funzionamento, la platea è stata prevista con profilo ad arco di cerchio concavo verso l'alto e l'estremità dell'unghia a valle è provvista di merlatura. Per ridurre poi al minimo l'usura della platea per effetto della forte velocità dell'acqua defluente, essa è stata rivestita di intonaco retinato, di forte spessore, usando cemento granito ad altissima resistenza. Inoltre per ovviare al pericolo di scalzamento del grande blocco di fondazione, immediatamente a valle della zona occupata dalla diga mobile, si sono infisse 2 file di pali in legno fino a raggiungere la profondità di 15 m; questi pali costringono dei grossi blocchi di pietra collocati fra le due file, del volume di mc 1 circa cad., per una fascia larga 6 m.

Le opere complementari al bacino di carico comprendono:

una paratoia di scarico di fondo a diaframma piano, con rulli di scorrimento per una luce netta di m 2,10 per 2,50 di altezza con un battente massimo sulla soglia di m 8,67. Essa è di tipo comune con argano a cremagliere azionato da motore elettrico e provvisto di manovra di riserva a mano;

la casa del guardiano disposta sull'estremità del promontorio, posizione che consente di dominare lo sbarramento e di accorrere rapidamente nel caso di funzionamento del segnalatore di allarme di piena;

il rivestimento in cemento armato del rilevato ferroviario della linea Potentina Persano-Contursi, immediatamente a monte dello sbarramento e prospicente il bacino di carico.

c) Galleria di presa e canali derivatori.

La bocca di presa è costituita da una luce chiudibile mediante paratoia piana di m 3×3 con un battente d'acqua di m 3 sulla soglia, di tipo analogo alla paratoia dello scarico di fondo dello sbarramento.

Dall'edificio di presa parte il canale adduttore di ca. 5 km, di cui 4 in galleria interamente rivestita di calcestruzzo, a sezione ovoidale con gli assi di m 4×4,50; la parte rimanente, in muratura, di un km di lunghezza è allo scoperto, con sezione rettangolare da m 4×4,50 ed ha una pendenza del 0,50 °/₀₀; esso convoglia una portata di 20 mc/secondo. Al termine del canale adduttore sono ricavati uno sfioratore, uno scarico di fondo ed una paratoia di servizio del canale di irrigazione per l'immissione in esso delle acque nei dovuti periodi.

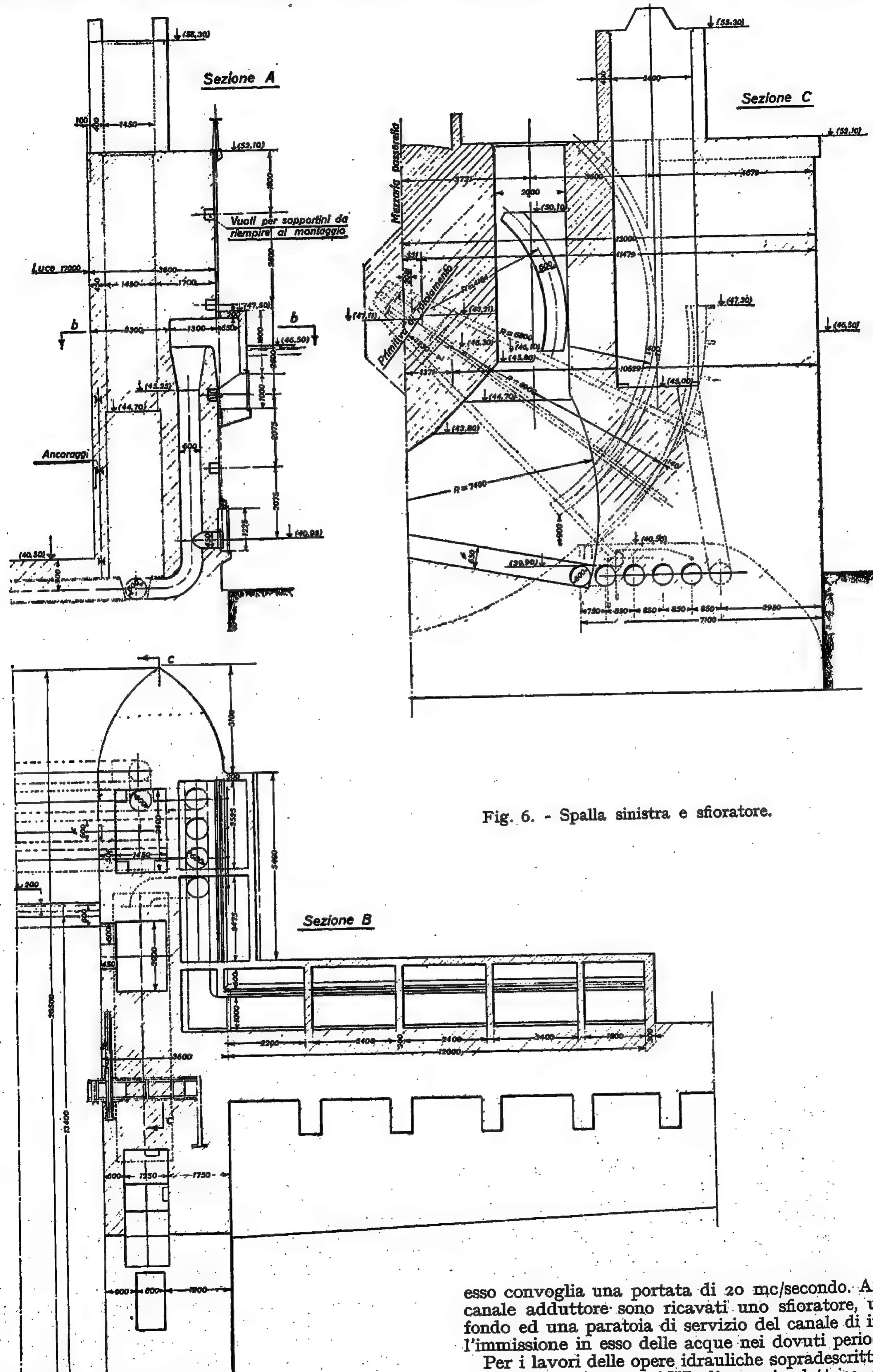


Fig. 6. - Spalla sinistra e sfioratore.

Per i lavori delle opere idrauliche sopradescritte si sono consumati circa 2 500 000 kWh di energia elettrica, derivata dalla linea a 30 000 V della rete Tanagro Napoli della Soc. Meridionale di Elettricità, ridotta alla tensione di utilizzazione mediante 2 trasformatori da 1000 kW ciascuno installati a Ponte Sele

e da qui portata ai vari cantieri per l'azionamento dei diversi macchinari.

Il canale di irrigazione si svolge per una lunghezza di circa 20 km ed ha una pendenza del 0,20 $^0/_{00}$; esso è per la massima parte in terra. La sua esecuzione ha richiesto un rilevante numero di manufatti come ponti canali, tombini, sovrapassi stradali e particolari opere per il sottopassaggio della linea ferroviaria della Calabria, della strada nazionale calabra Battipaglia-Pesto, un grande sifone della lunghezza di 140 metri e due altri di minore importanza sotto i torrenti Lama e Vallimonio.

A questo canale principale si connette una grande rete di canali primari, a cui fanno capo i secondari ecc. fino ad arrivare alle canne, in modo che nessuna zolla resta priva di alimento.

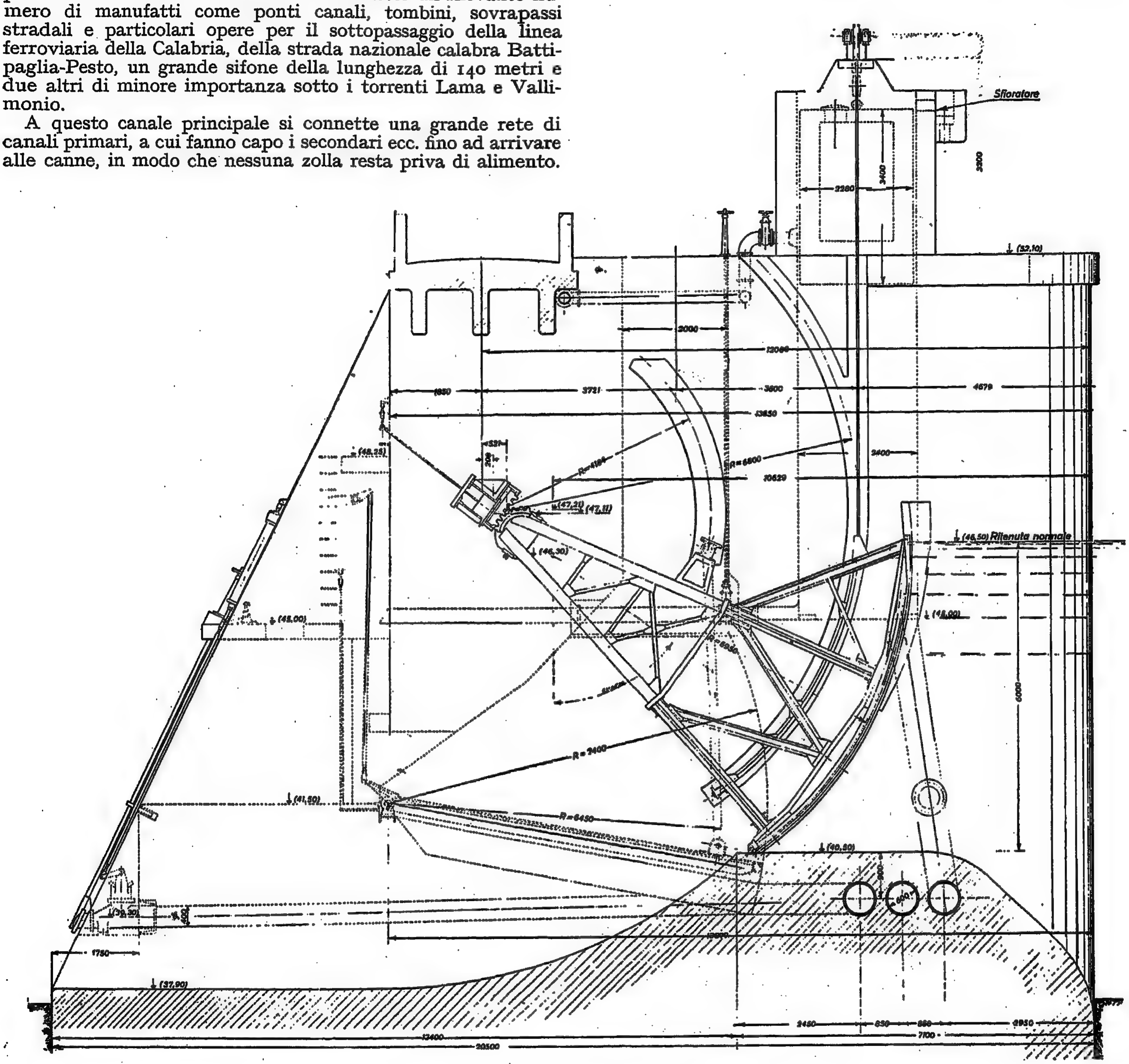


Fig. 7. - Insieme sezione trasversale della paratoia di sponda.

d) Opere di bonifica.

Oltre ai grandiosi lavori sopraccennati, destinati alle opere di irrigazione, fervono attualmente anche i lavori di bonifica intesi ad ottenere la raccolta delle acque basse per convogliarle al mare, ove non potrebbero diversamente scaricarsi. Essi investono una rete di colatori che immettono in un collettore principale della lunghezza di 3 km ca. Allo sbocco del collettore è installato un impianto idrovoro comprendente 3 gruppi elettropompa che sollevano ciascuno una portata di 1 000 litr/sec con una prevalenza massima di m 2,50. L'energia elettrica occorrente per l'azionamento dei motori è derivata dalla rete della Soc. Meridionale ed è trasformata in posto alla tensione di utilizzazione mediante trasformatori espressamente approvvigionati.

e) Opere complementari.

Sono in corso di ultimazione 35 km di rete stradale per il servizio della prima zona abbracciante una superficie di 2 000 ettari; questa rete permette una rapido allacciamento con le stazioni ferroviarie e con alcuni stabilimenti, destinati alla confezione del tabacco e alla preparazione di conserve alimentari.

In relazione al programma tracciato ed al ritmo dei lavori in corso si può ritenere che entro l'anno 1932 si avrà il completamento delle opere idrauliche di irrigazione e di quelle di bonifica per la prima zona che abbraccia 2 000 ettari come sopra detto. Nei prossimi anni si darà corso al completamento delle opere per le zone rimanenti di tutto il comprensorio ed agli imponenti lavori di arginatura del Sele, per un tratto di 10 km, che richiederanno movimenti di terra per oltre 1 000 000 di mc. In tal modo tutte le opere per l'intera bonifica potranno ritenersi ultimate entro il 1936.

Contemporaneamente alla bonifica idraulica i proprietari della zona hanno iniziato la trasformazione dei terreni, la costruzione di stalle e fabbricati rurali in modo che a bonifica ultimata i terreni saranno pronti per accogliere le culture intensive; e si prevede che la popolazione agricola potrà superare il numero di 4000 famiglie che alloggeranno in tre villaggi espressamente costruiti.

Dr. Ing. Vincenzo Rubbo.

RASSEGNA TECNICA

LO SVILUPPO DELLE DIGHE IN FRANCIA DAL 1830 AL 1930

Annales des Ponts et Chaussees, num. speciale dell'aprile 1931.

L'ing. Gustavo Mercier in occasione del centenario della fondazione degli « Annali » pubblica un articolo a cui da il titolo: « Les grands barrages » e dove si occupa essenzialmente di quanto al riguardo è stato fatto in Francia negli ultimi 100 anni.

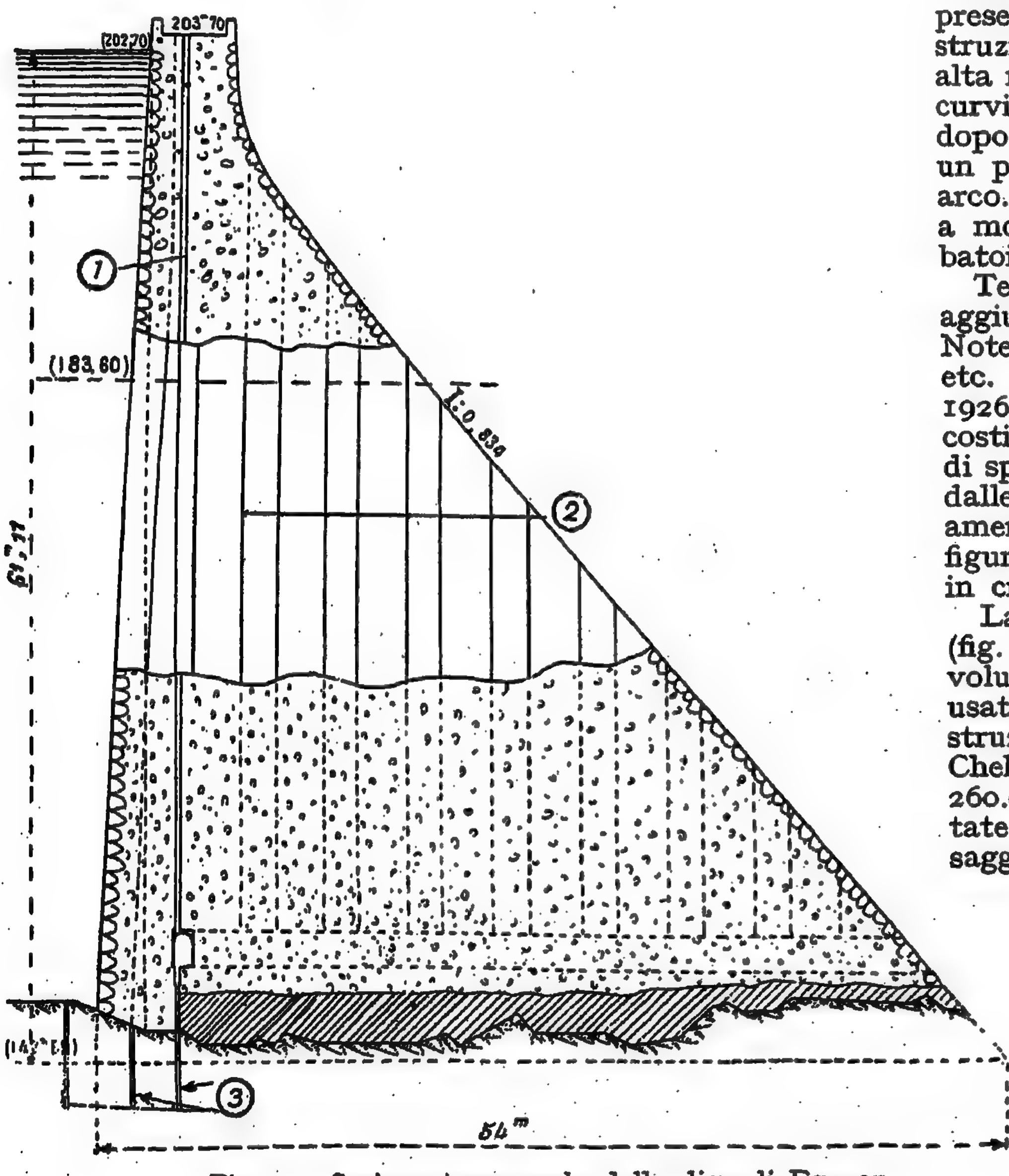


Fig. 1. - Sezione trasversale della diga di Eguzon.
1) Drenaggi. — 2) Giunti di contrazione. — 3) Tubi di drenaggi e per iniezioni.

L'autore distingue tre periodi:

Primo periodo (1830-1853), in cui le dighe furono unicamente eseguite per soddisfare i bisogni della navigazione e le costruzioni non rispondevano ad alcuna regola precisa. Esempi caratteristici: dighe di Grosbois, di Chazilly, Glomel ecc., eseguite in muratura con lievissima inclinazione del paramento a valle e profilo a gradini verso monte. Tali dighe dopo un certo periodo presentarono pericolose fessurazioni che richiesero costosi lavori di rinforzi mediante contrafforti; a queste costruzioni risale il nome di dighe a gravità. Nel 1840 fu costruita anche una grande diga ad arco, quella di Tholonet (Vaucluse) alta m 36,40 e che pare sia una delle più antiche del genere costruita in Europa.

Secondo periodo (1853-1918): alle dighe per i bisogni della navigazione si aggiunsero quelle destinate a creare serbatoi per l'alimentazione degli acquedotti. In questo periodo si ebbero in Francia numerosi esempi di dighe in terra come quella per lo sbarramento di Montaubray alta m 17,78, quella di Torcy Neuf alta m 14,50 costruite nel 1860 e 1887 rispettivamente. In quest'epoca inoltre la tecnica delle dighe fece notevoli progressi per gli studi e le considerazioni del Sazilly, Mery, e Delacre e per la regola di Maurice Levy la quale prescrive che nelle dighe non debbono verificarsi sforzi di tensione e che inoltre gli sforzi principali di compressione nei vari punti del paramento a monte debbono essere superiori o uguali ai valori della pressione idrostatica corrispondente. In base a questi studi nel 1897 fu elaborata la circolare del Ministero dell'Agricoltura rimasta valida fino al 1923 e la regola del Levy fu tenuta presente in tutte le costruzioni del genere. Una notevole costruzione di questo periodo è la diga del « Gouffre d'Enfer » alta m 56, lunga m 100 ed avente un andamento planimetrico curvilineo con raggio di m 250,50; essa fu costruita da Delocre dopo il 1861. La diga ha la sezione trasversale costituita da un profilo di uniforme resistenza con opportuni raccordi ad arco. La pressione sul piano di fondazione è di Kg. 6,4 per cmq a monte, con serbatoio vuoto, e Kg. 6,16 a valle, con serbatoio pieno.

Terzo periodo (1918-1930): alle dighe precedenti si sono aggiunti i grandi sbarramenti per gli impianti idroelettrici. Notevoli fra questi sono le dighe di Eguzon, dello Chambon etc. La diga di Eguzon (fig. 1), sulla Creuse, fu costruita nel 1926 in calcestruzzo ciclopico con paramento a monte stagno costituito da uno strato di malta di cemento Portland di 4 cm di spessore; per essa furono osservati gli accorgimenti suggeriti dalle precedenti costruzioni nonchè quelli dettati dalla pratica americana. Le caratteristiche della diga sono riportate nella figura. Essa è munita di giunti di dilatazione, ha uno sviluppo in cresta di 300 m ed è formata ad arco con un raggio di 250 m.

La diga dello Chambon, in costruzione sulla Romanche (fig. 2) è rettilinea, della lunghezza di 294 m e richiederà un volume di calcestruzzo di 300.000 mc dello stesso tipo ciclopico usato per la diga Eguzon. La diga di Oued Fodda pure in costruzione è destinata ad assicurare l'irrigazione della piana di Cheliff; essa è rettilinea con 200 m di lunghezza e richiederà 260.000 mc di calcestruzzo. Le sue caratteristiche sono riportate in fig. 3. Un'attenzione particolare è stata posta nel dosaggio del calcestruzzo al quale è stata aggiunta una leggera proporzione di *Kieselguhr* che ne accresce la plasticità e ne facilita la messa in opera. Sotto il piano di fondazione sono state effettuate iniezioni di cemento a forte pressione come per la diga delle Chambon.

La diga di Sarrans in costruzione sul fiume Truyère per una centrale di 125.000 HP è del tipo a gravità, alta m 101 con raggio di curvatura di m 475.

La diga di Marèges, in costruzione (fig. 4) è del tipo ad arco.

La diga del Sautet sul torrente Drac è pure del tipo ad arco, alta m 135 con uno sviluppo in cresta di m 67 e larga alla base m 4. Essa è situata in una gola strettissima ed il volume di muratura che occorrerà per la sua costruzione si aggira intorno ai 60.000 mc. Le dighe di questo terzo periodo, eccetto quella di Eguzon, ultimata nel 1926, saranno pronte fra il 1932 ed il 1935. Contemporaneamente si sono avute altre costruzioni di dighe di diverso tipo come quelle del Sélune e del Ghrib. La diga di Sélune è ad archi multipli. Gli archi, larghi larghi m 5, in cemento armato sono inclinati a 45° e sono sostenuti da contrafforti pure in cemento armato (fig. 5). Questo tipo di costruzione è economico e presenta il vantaggio che eventuali infiltrazioni non provocano sottopressioni, fatto che invece costituisce la costante preoccupazione per le dighe a gravità. La diga del Ghrib del tipo a scogliera è, come quella già menzionata dell'Oued Fodda, destinata alla messa in valore della vallata del Cheliff. Essa avrà un volume di 600 000 mc. La muratura a secco è sostenuta da una platea di fondazione in cemento armato la quale poggia sopra le marne compatte del sottosuolo. Il taglione di guardia è stato spinto sino al terreno più compatto e impermeabile sottostante di 20 a 30 m alle alluvioni superficiali, e il suolo di fondazione è stato consolidato mediante nu-

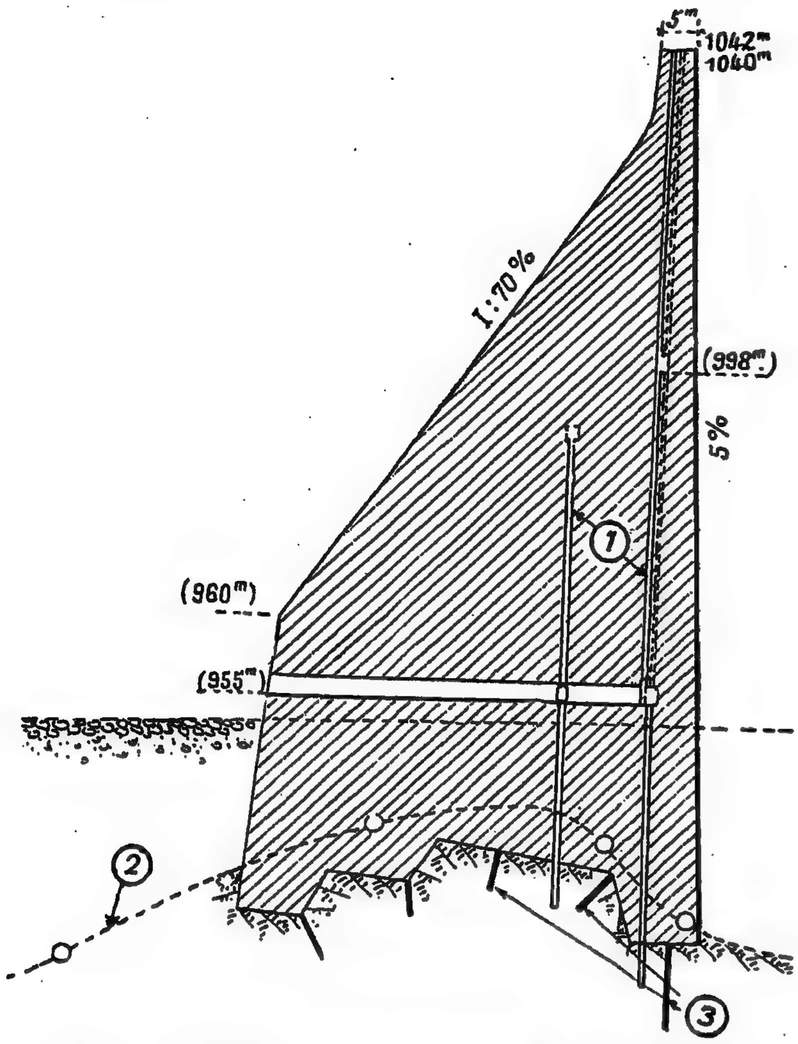


Fig. 2. - Sezione trasversale della diga di Chambon.

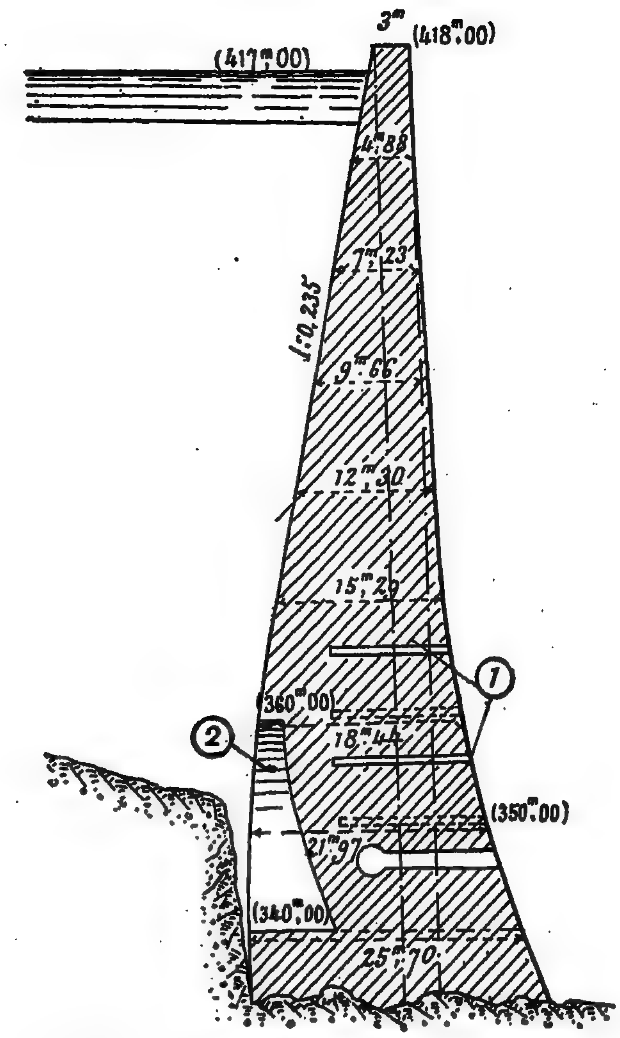


Fig. 4. - Sezione della diga di Marèges.
1) Drenaggi. — 2) Volta di alleggerimento.

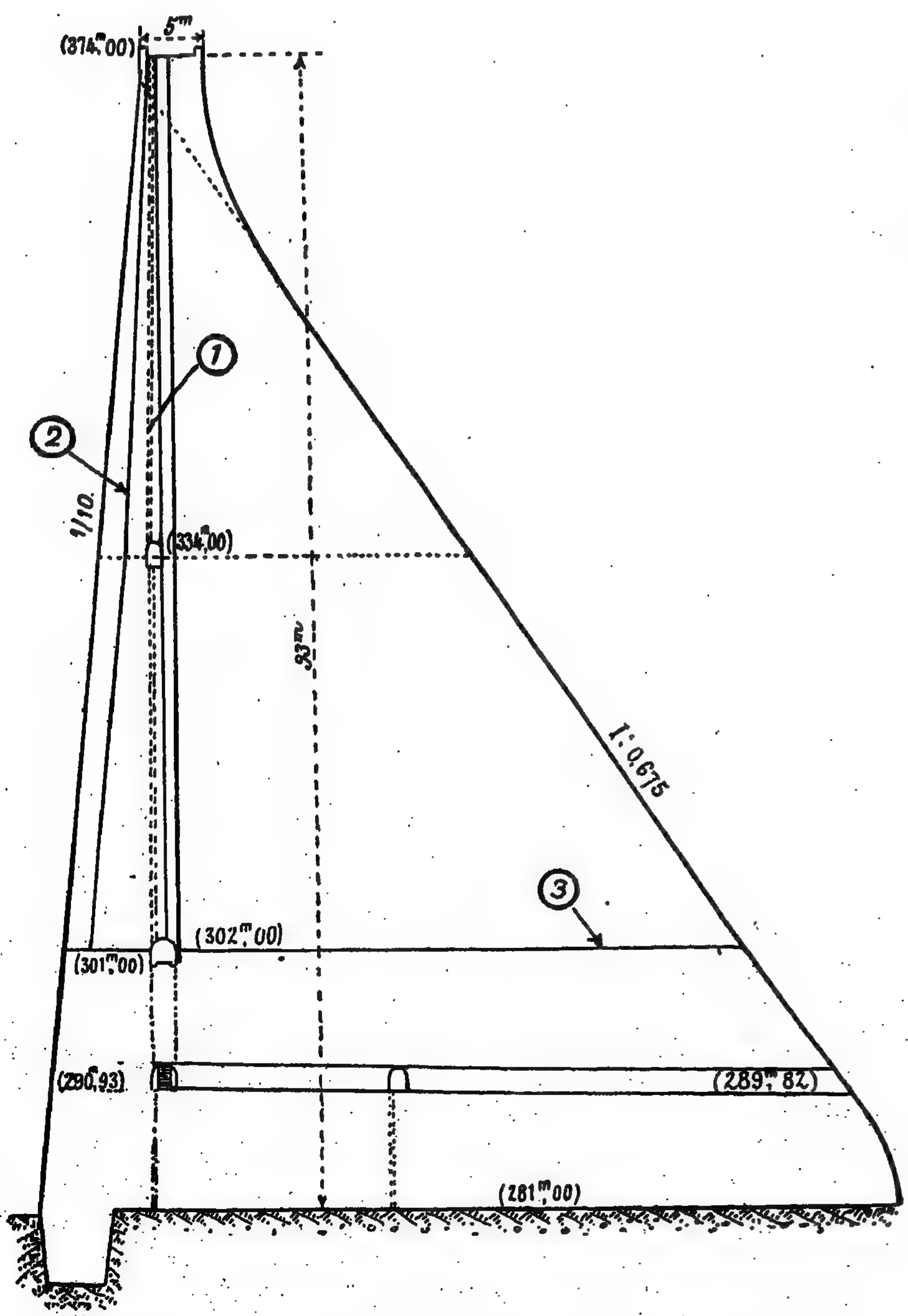


Fig. 3. - Sezione lungo l'asse di un cunicolo di ispezione della diga di Oued Fodda.
1) Drenaggi. — 2) Lamina di rame. — 3) Origine dei giunti.

merose iniezioni di cemento sotto pressione. Il paramento a monte della diga sarà protetto da una soletta elastica in cemento armato sostenuta da una struttura in muratura ciclopica addentellata alla scogliera a secco.

L'autore rileva che anche in Francia il grande sviluppo degli sbarramenti è essenzialmente dovuto ai progressi dell'industria elettrica che al 1° gennaio 1930 raggiungeva una potenza installata di 1 000 000 di kW e ad ultimazione dei lavori e delle

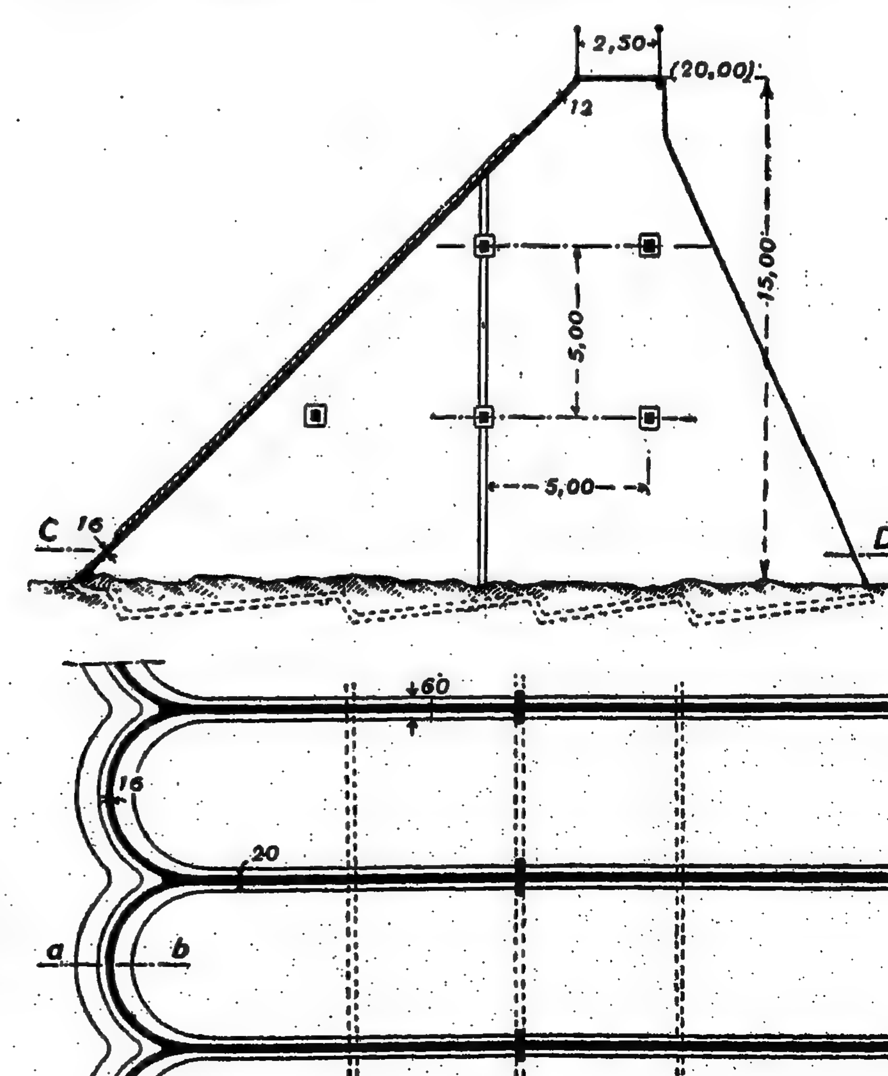


Fig. 5. - Sezione trasversale ed orizzontale *C-D* della Diga di Sélune.

concessioni in corso arriverà a 5 200 000 kW mentre la potenza totale, per la sola Francia continentale si valuta potrà raggiungere i 9 000 000 di kW. Inoltre per l'importanza assunta da queste opere si sono creati anche in Francia alcuni organi il cui scopo è quello di farne progredire la costruzione dettando gli accorgimenti per la loro migliore esecuzione e manutenzione. Questi organi sono:

1° La Commissione Amministrativa delle grandi dighe, composta di funzionari del ramo tecnico dell'Amministrazione. Essa rappresenta un organo consultivo del Ministero dei LL.PP. e si occupa anche dello studio dei regolamenti ai quali gli ingegneri devono attenersi.

2° Il Comitato Francese delle grandi dighe che ha lo scopo di accentrare e raccogliere la documentazione relativa a questi lavori, di favorire gli studi, le prove etc.

3° La Commissione internazionale delle grandi dighe di cui lo statuto è stato ratificato a Berlino in occasione del II° Congresso della Conferenza mondiale dell'Energia, nel giugno 1930.

4° Cicli di conferenze speciali presso la Scuola Nazionale di Ponts et Chaussées. Manca un regolamento tecnico per le dighe ad archi multipli e qui l'autore accenna che in Italia esso esiste già e si augura che presto ciò sia fatto anche in Francia. Attualmente vige solo una circolare per il controllo delle grandi dighe emanata dal Ministero dell'Agricoltura in data 20 luglio 1927 e che fu accolta con molta soddisfazione dai vari Enti, per l'interessamento dello Stato a questi lavori di vitale importanza.

L'Autore conclude ponendo in rilievo i mezzi di indagine di cui oggi si dispone i quali consentono di scoprire e valutare eventuali inconvenienti nelle costruzioni eseguite e di ricorrere ai rimedi più adatti per correggerli ed attenuarli, citando l'esempio classico dato nel caso di un paramento a valle umido dove una volta si ricorreva a rivestimenti, cosa estremamente dannosa perchè si metteva l'opera in pressione, mentre oggi si impiega il metodo esattamente inverso, cioè si ricorre ad opportuni fori di drenaggio.

Ru.

---

b) CRITERI GEOLOGICI E MINERALOGICI PER L'APPLICAZIONE DELLE INIEZIONI DI CEMENTO SOTTO PRESSIONE

L'industria italiana del cemento, 1931, N. 8. – ING. PROF. LEONZIO MADDALENA.

Le cementazioni, grazie alla perfezione raggiunta nei metodi di sondaggio ed al progresso delle macchine operatrici connesse, hanno assunto un grande sviluppo, sì che ad esse si ricorre senz'altro quando si tratta di eseguire: 1° Fondazioni su terreni di limitata resistenza. 2° Scavi in terreni poco coerenti ed acquiferi. 3° Lavori di impermeabilizzazione di rocce fessurate, specialmente in corrispondenza alle fondazioni ed all'incastro di dighe e per facilitare lo scavo di gallerie in presenza d'acqua.

I terreni da consolidare possono essere così distinti: *a*) sabbie e ghiaie con acqua in movimento; *b*) sabbie argillose; *c*) depositi morenici con limo glaciale; *d*) torbe; *e*) detriti di falda rocciosi; *f*) materiali di riporto. Ad essi vanno aggiunte alcune formazioni geologiche e principalmente: *a*) rocce di conglomerati cementati, arenarie, molasse, marne ecc.; *b*) rocce calcaree e calcareo magnesiache, cariate e frantumate per laminazione; *c*) rocce anidritiche e gassose; *d*) rocce scistocristalline; *e*) rocce massicce: graniti, sieniti ecc.; *f*) rocce effusive: porfiriche, trachitiche ecc.; *g*) tufi vulcanici, ceneri, lapilli.

Dall'esame di un deposito sabbioso di origine alluvionale, con circolazione d'acqua si rileva l'esistenza di diversi strati in corrispondenza dei vari periodi alluvionali nonchè superficie secondarie di separazione delle sabbie di diversa granulosità; tutte queste superfici intersecantisi fra loro vengono a formare una fitta rete di vene attraverso le quali può penetrare una miscela cementizia iniettata sotto pressione la quale riempirà anche gli spazi intergranulari. L'acqua eventualmente contenuta nella sabbia agevola la compattezza della presa evitando le porosità, essa viene poi successivamente scacciata dalla miscela cementizia più densa, sotto pressione. In definitiva ne risulta un'armatura di cemento di forma spugnosa, i cui vuoti sono occupati dalla sabbia, ed il complesso presenta una grande resistenza ai carichi sovrapposti.

Dette cementazioni possono presentare grandi vantaggi; ma per garantirne la riuscita è necessario anche un accurato studio preliminare della natura del terreno in modo da avere l'esatta diagnosi geo-mineralogica, sulla quale vanno basati i metodi di applicazione. Nell'esempio citato occorre perciò esplorare la sabbia con sondaggi, sottoporla ad un'analisi granulometrica, determinarne la composizione mineralogica, stabilire la presenza o meno di altri elementi, come l'argilla, il gesso, la torba ecc. Se le acque poi contengono solfati o sali alcalini occorre aggiungere alla miscela una certa quantità di cemento a rapida presa od opportuni preparati chimici; come per il caso di acque marine dove occorre neutralizzare l'azione dei sali che potrebbero spappolare il cemento ed impedirne la presa. Occorre inoltre osservare che la presa deve iniziarsi solo dopo la completa penetrazione della miscela cementizia per non compromettere l'intera applicazione; in qualche caso per rallentare la presa si ricorre all'aggiunta di alcune sostanze come solfato di alluminio od altro.

Un'applicazione felicemente riuscita è quella fatta per il terreno sottostante il Campanile di Pisa sul quale venne preventivamente eseguita una prova che fu controllata ed approvata dall'apposita Commissione Governativa. Il carico di prova ad esperimento finito superò i 20 kg/cmq mentre prima il terreno non sopportava un carico maggiore di 2 kg/cmq.

Quando si tratta di cementare ghiaie il processo è più semplice di quello che occorra per il caso delle sabbie; un esempio classico è costituito dall'applicazione fatta alla Gola del Sagittario sotto la diga di San Domenico dove le ghiaie furono trasformate in calcestruzzo omogeneo ed impermeabile fino alla profondità di m 56.

Consideriamo ora le applicazioni al consolidamento ed impermeabilizzazione del terreno per garantire la stabilità delle dighe di sbarramento e le applicazioni nella costruzione delle gallerie in rocce acquifere od in terreni incoerenti. Le rocce su cui avverrà l'imposta della diga devono soddisfare a due condizioni: *a*) essere sufficientemente impermeabili; *b*) avere una resistenza tale da garantire che sotto il carico della diga non possa verificarsi alcun cedimento.

Il geologo deve effettuare preventivamente una serie di investigazioni a mezzo di trivellazioni, ricorrendo pure, se del caso, a pozzi o cunicoli di accesso. Mediante acqua colorata in pressione poi si riconoscerà la profondità a cui avviene l'attraversamento di qualche frattura e la sua importanza come via d'acqua; e questo fino a raggiungere la roccia praticamente impermeabile. Infatti è necessario individuare la natura delle dislocazioni che interessano le rocce e che possono essere fratture e faglie o fessurazioni per contrazione di volume ecc. le quali danno luogo ai cosidetti piani di divisibilità variabili a seconda della natura mineralogica del magma da cui derivano. Il geologo deve riconoscere a quale epoca risalgono i movimenti orogenetici onde giudicare sulla efficacia delle eventuali cementazioni naturali avvenute fra le fratture. Per le dighe di sbarramento occorre effettuare in ogni caso cementazioni in corrispondenza del taglione, in modo da costituire una specie di prolungamento della massa muraria, ottenendo un aumento di resistenza del sistema diga-roccia per evitare le travenazioni; altre iniezioni si dovranno eseguire sui fianchi onde assicurare l'impermeabilità.

Accanto ai mezzi preventivi il geologo può ovviare ad eventuali perdite o cedimenti che dovessero riscontrarsi a opera finita, semprechè l'esecuzione del lavoro sia stata preceduta da un accurato studio geo-mineralogico il quale suggerisce gli accorgimenti da adottare.

Per le gallerie che devono superare attraversamenti di sabbie fluenti o limi glaciali conviene ricorrere a cementazioni od all'agglomerazione delle sabbie con mezzi chimici (soluzioni colloidali) come venne recentemente fatto in un caso del genere nello scavo della galleria tra Ferrandina e Pisticci delle Calabro-Lucane. Le eventuali infiltrazioni d'acqua possono venire arrestate con opportune iniezioni di cemento che precedono di una ventina di metri l'avanzata della galleria, come fu fatto per alcuni tratti della grande galleria dell'Appennino, della direttissima Bologna-Firenze, per attraversare le arenarie fessurate che davano in certi punti infiltrazioni fino a raggiungere una portata di 250 litri d'acqua al secondo.

Le gallerie per impianti idroelettrici, numerose delle quali sono sottoposte a carichi ingenti, richiedono che la roccia presenti resistenza uniforme perchè non avvengano soluzioni di continuità e quindi perdite di acqua e di carico. È pertanto necessario anche qui di eseguire uno studio dettagliato geo-mineralogico dal quale dedurre gli accorgimenti più opportuni da adottare caso per caso per le iniezioni cementizie.

I procedimenti che sono stati fugacemente accennati devono essere sempre adoperati con la massima precauzione e richiedono la collaborazione di specialisti per il dettagliato esame preventivo e di maestranze che conoscano a fondo la tecnica esecutiva del lavoro.

Ru.

c) UN NUOVO DISPOSITIVO DI REGOLAZIONE DELLA TENSIONE DEI CONDUTTORI NELLE LINEE ELETTRICHE AEREE

Rev. Gén. de l'Électricité, 29 agosto 1931. – R. PERICHON.

La regolazione del tiraggio dei conduttori si fa come è noto in base alle determinazioni della freccia. Il problema è di solito il seguente: data una linea di portata x e di diametro d, note le qualità del conduttore e le condizioni di vento e di temperatura nelle quali viene eseguita la posa, quali devono essere la tensione e la freccia perchè la linea funzioni nelle condizioni

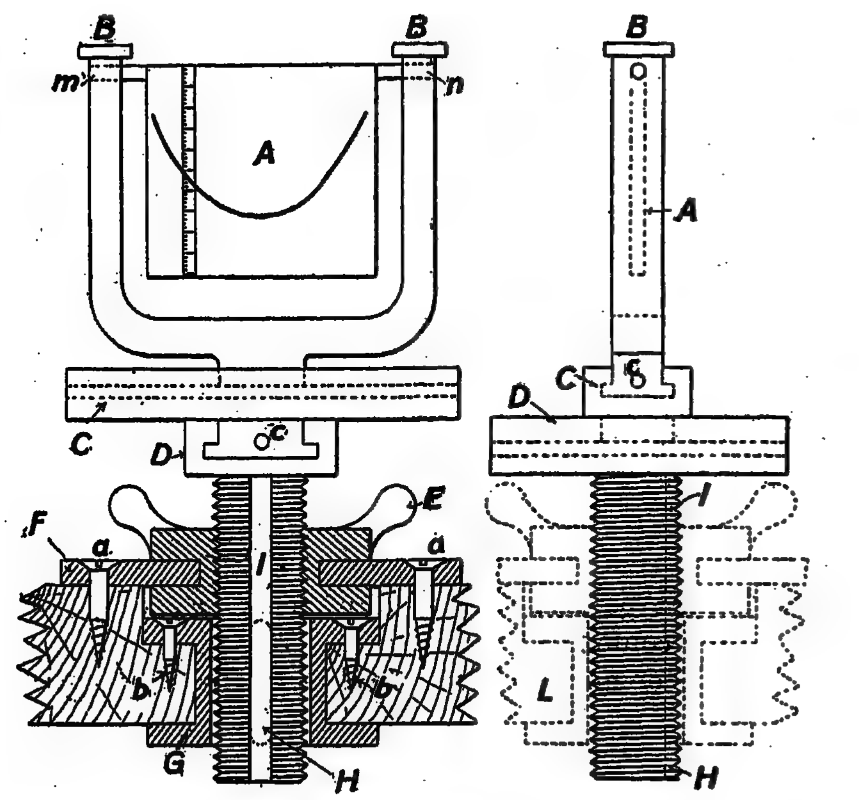


Fig. 1. - Disegno schematico dell'apparecchio.

A = vetro con tracciata catenaria tipo; B = guide scorrevoli; a, b = viti di fissaggio; m, n = perni del vetro; C, D = guide scorrevoli manovrabili con c, c'; E = volantino per alzare ed abbassare il vetro; F = mezzi anelli fissati al piede; G = manicotto fissato al piede; H = chiavetta; I = scanalatura; L = piede apparecchio.

dell'ipotesi più vantaggiosa? Il problema è spesso di soluzione disagevole, specialmente quando la campata attraversa dei larghi valloni e i supporti non sono a livello: le operazioni topografiche da eseguire sono laboriose e qualche volta ardue, data la natura del terreno.

L'autore descrive un apparecchio destinato a permettere di eseguire tale operazione con grande risparmio di mano d'opera e di tempo, e con un'approssimazione maggiore di quella ottenuta con altri metodi.

L'apparecchio si basa su di una proprietà delle catenarie (che l'autore dimostra) e cioè che tutte le catenarie di parametri qualsiansi si deducono dalla catenaria tipo collocata ad una distanza uno da un punto qualunque P proiettandola su un piano parallelo ad essa e collocato ad una distanza dal punto P eguale al parametro (calcolato in metri) della catenaria da costruire.

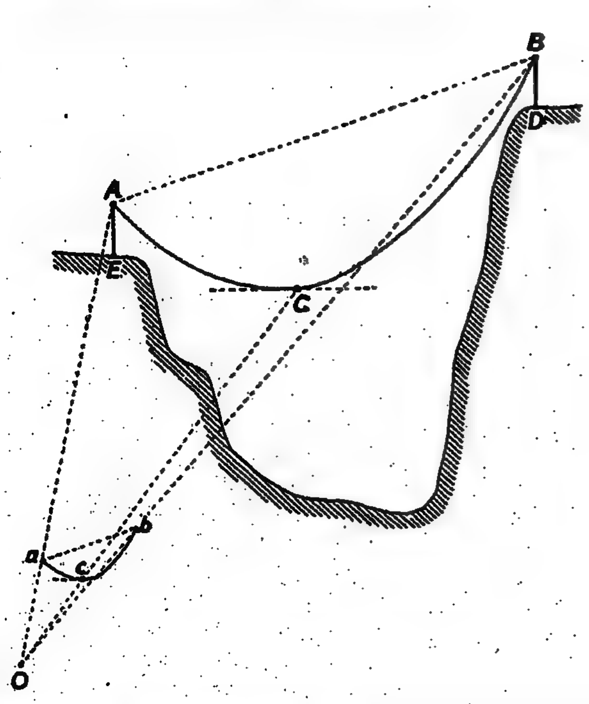


Fig. 2. - Costruzione che dimostra come si può riferire alla catenaria tipo una catenaria reale ACB di parametro qualunque. O punto qualunque sulla cresta, centro di omotelia; C punto più basso della catenaria ACB reale, c punto più basso della catenaria tipo acb.

Supponiamo di conoscere il parametro a della catenaria reale; prendiamo posizione in un punto qualunque delle sponde della vallata, dal quale si possa vedere l'intera campata. Mettiamo in stazione un tacheometro, in modo che il suo canocchiale abbia il suo centro anallatico proprio in quel punto; collochiamo davanti all'apparecchio tacheometrico un vetro A (vedi fig. 1) sul quale sia tracciata una catenaria tipo di parametro unitario, in modo che il piano di questa catenaria tipo sia parallelo a quello della catenaria reale il quale resta determinato dai due punti estremi A e B (fig. 2). Per ottenere tale parallelismo basta avere una bussola dando al vetro un angolo di declinazione eguale a quello della linea: l'approssimazione è sufficiente allo scopo.

Si misuri la distanza dal centro del tacheometro al supporto d'estremità A della catenaria reale e mediante dispositivo micrometrico spostiamo il vetro in modo che il raggio visivo partente dal centro del canocchiale passi per un punto della catenaria tipo.

Si verifica se la distanza determinata con una mira parlante, da questo punto della catenaria tipo al centro del tacheometro corrisponde al quoziente fra la distanza dell'attacco A dal centro del canocchiale, e il parametro della catenaria reale.

Se tale corrispondenza non esiste, si sposterà mecrometricamente il canocchiale in senso verticale e orizzontale senza modificare l'angolo di inclinazione, finchè si sia raggiunto il risultato voluto. In quel momento anche l'attacco B deve corrispondere ad un punto della catenaria tipo. La regolazione è allora facile: si dovrà ammarrare la linea, quando la catenaria da essa descritta, vista attraverso il canocchiale, si sovrappone alla catenaria tipo.

Gli errori che si possono commettere con questo apparecchio sono i seguenti: errore di lettura della distanza dal centro del tacheometro al punto mirato sul vetro; errore nella distanza calcolata dal centro del tacheometro al punto di attacco; errore dovuto a imperfetto parallelismo delle due catenarie; errore dovuto al fatto che l'asse della catenaria non è perfettamente verticale.

Con un esempio numerico relativo ad una campata di 6730 m, l'A. dimostra che l'errore massimo che si può commettere è compreso in limiti trascurabili.

Ri.

STRUMENTI DI MISURA PER FENOMENI DOVUTI AL FULMINE

G. E. R., aprile 1931. – C. M. FOUST.

I numerosi strumenti studiati in questi ultimi anni per le misure dei fenomeni dovuti al fulmine e che si trovano ora in commercio, rappresentano un mezzo assai proficuo per l'indagine e la conoscenza dei fenomeni stessi ed il loro uso, generalizzandosi e diffondendosi, contribuirà per buona parte alla definitiva soluzione del problema della protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica.

È pertanto interessante, sopratutto per l'ingegnere d'esercizio, conoscere quali siano questi strumenti e quali caratteristiche presentino. L'articolo che riassumiamo è appunto una rassegna dei sei strumenti seguenti:

a) Registratore della tensione d'onda a pellicola mobile.
b) Registratore della tensione d'onda a pellicola fissa.



Fig. 1. - Registratore della tensione d'onda a pellicola mobile (aperto).

c) Oscillografo a raggi catodici.
d) Registratore di scariche dirette.
e) Indicatore di sovratensioni.
f) Misuratore della violenza della scarica.

Tutti gli strumenti per le sovratensioni di origine atmosferica devono essere a registrazione automatica, pronti per il funzionamento in qualunque istante e il tempo di registrazione deve essere dell'ordine dei microsecondi.

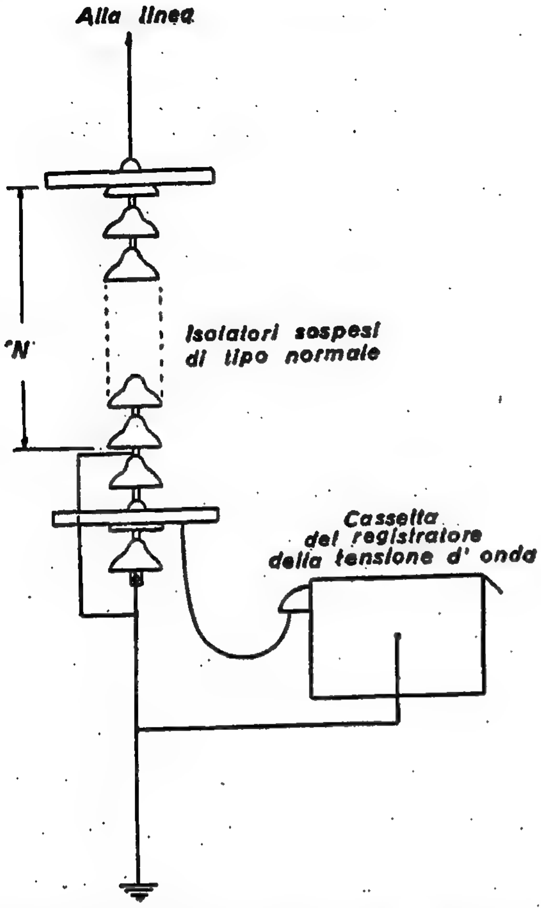


Fig. 2. - Schema di installazione di un registratore della tensione d'onda a pellicola mobile con ripartitore di tensione, e collegamenti a una linea e alla terra.

Il *registratore della tensione d'onda* o *clidonografo*, che si fa nei tipi *a*) e *b*), utilizza il metodo delle figure di Lichtenberg ed è munito di elettrodi a polarità diretta e inversa collegati in parallelo. Ogni sovratensione, indipendentemente dalla propria polarità, grazie a questa disposizione, viene registrata con due figure di Lichtenberg, una positiva e una negativa, ciò che permette una determinazione più accurata dell'entità e della natura del fenomeno.

Il tipo *a*) (vedi fig. 1) permette di determinare, oltre alla tensione di cresta, l'ora in cui si è verificata la sovratensione e la frequenza dei disturbi sulla rete; sul tamburo di avvolgimento della pellicola sono infatti incisi i numeri indicanti la misura del tempo e l'incisione è riempita con materiale radioattivo. La velocità del movimento della pellicola è di 12 mm all'ora. Il collegamento dello strumento alla linea di trasmissione è fatto col mezzo di un ripartitore di tensione come indicato in fig. 2; lo schema può essere usato per linee a varie tensioni di esercizio,

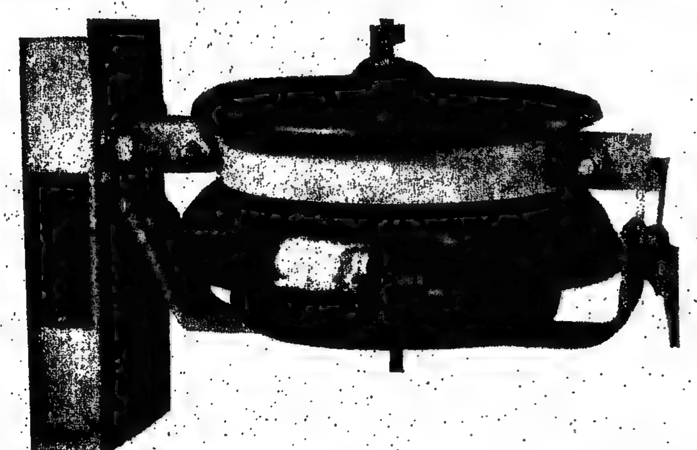


Fig. 3. - Registratore della tensione d'onda a pellicola fissa.

cambiando opportunamente il numero degli elementi nella catena di isolatori. Il ripartitore di tensione ha lo scopo di aumentare (fino a 3000 kV) il campo d'azione dello strumento, che sarebbe altrimenti limitato da 3 a 30 kV.

Per riuscire a determinare l'andamento di una sovratensione lungo una linea occorre installare su questa parecchi registratori, a distanza di pochi chilometri uno dall'altro; si può così ottenere il profilo della curva d'attenuazione lungo la linea.

Il tipo *b*) a pellicola fissa è rappresentato in fig. 3 e, ad eccezione del movimento della pellicola, ha le stesse caratteristiche del tipo *a*).

Il registratore a pellicola fissa è più piccolo e più economico del precedente; naturalmente però non serve a determinare nè la frequenza dei fenomeni sulla linea nè l'istante in cui essi avvengono. È particolarmente adatto quando occorra ottenere un certo numero di misure sullo stesso palo e quando lo spazio disponibile è limitato.

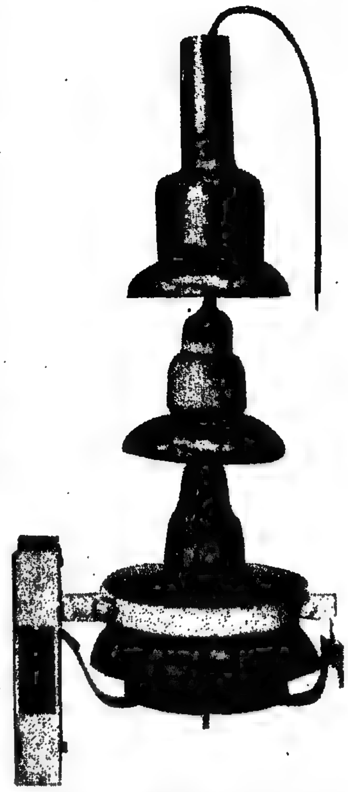


Fig. 4. - Registratore della tensione d'onda a pellicola fissa con ripartitore di tensione per misure fino a 200 kV.

Anche col tipo *b*), per aumentare il campo d'azione dello strumento, è opportuno adoperare un ripartitore di tensione; la disposizione visibile in figura 4 serve per misure fino a 200 kV.

L'*oscillografo a raggi catodici* è lo strumento più perfetto finora noto in questo campo; infatti esso permette anche di registrare un elemento assai importante, e cioè la forma d'onda che, dato il tempo brevissimo del fenomeno (ordine dei microsecondi), non si riesce a determinare con strumenti registratori a movimento meccanico.

La fig. 5 mostra una moderna disposizione di due oscillografi; lo schema delle connessioni è riportato in fig. 6. Con questo schema il primo oscillografo comincia automaticamente a tracciare la forma d'onda entro 1/4 a 1/2 di microsecondo dopo che l'onda arriva al conduttore di linea e ne registra la prima parte (l'ampiezza della pellicola corrisponde a 50 microsecondi); il secondo strumento entra in azione da 1 a 2 microsecondi dopo il primo e traccia la porzione rimanente dell'onda di sovratensione e più tardi le riflessioni di questa.

Il campo d'azione dello strumento viene opportunamente ampliato per mezzo di ripartitori di tensione.

Il *registratore di scariche dirette* serve allo scopo di distinguere fra le scariche dirette su pali, conduttori o fili di guardia e le sovratensioni indotte su un conduttore. Anche questo strumento (fig. 7) si serve delle figure di Lichtenberg; una base di porcellana, solidamente fissata a un montante del palo per mezzo di un morsetto d'acciaio, porta un elettrodo collegato elettricamente al morsetto stesso e un coperchio metallico contenente a sua volta un altro elettrodo; quest'ultimo è connesso al montante del palo, 5 a 10 m sopra lo strumento. Le figure di Lichtenberg si inscrivono su una pellicola posta fra i due elettrodi; tali figure sono però di tipo diverso da quelle ottenute coi clidonografi.

L'*indicatore di sovratensioni* permette di individuare facilmente, stando ai piedi del palo, gli isolatori sui quali si sono ma-

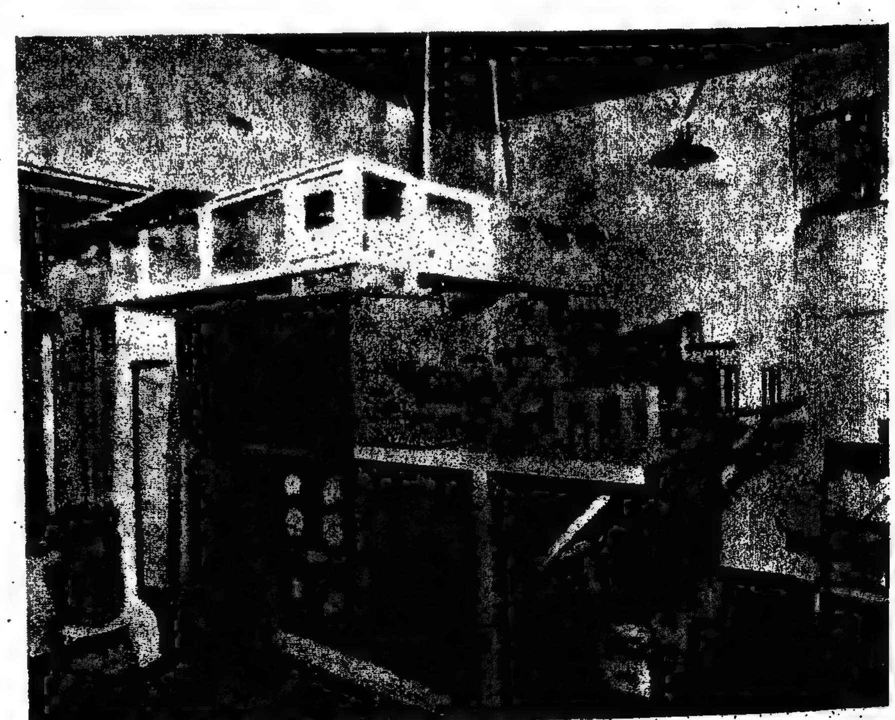


Fig. 5. - La disposizione con due oscillografi a raggi catodici in un moderno laboratorio.

nifestate scariche durante un temporale o altrimenti; è dunque veramente prezioso per l'ingegnere d'esercizio. Prima del passaggio della sovratensione, lo strumento ha l'aspetto indicato

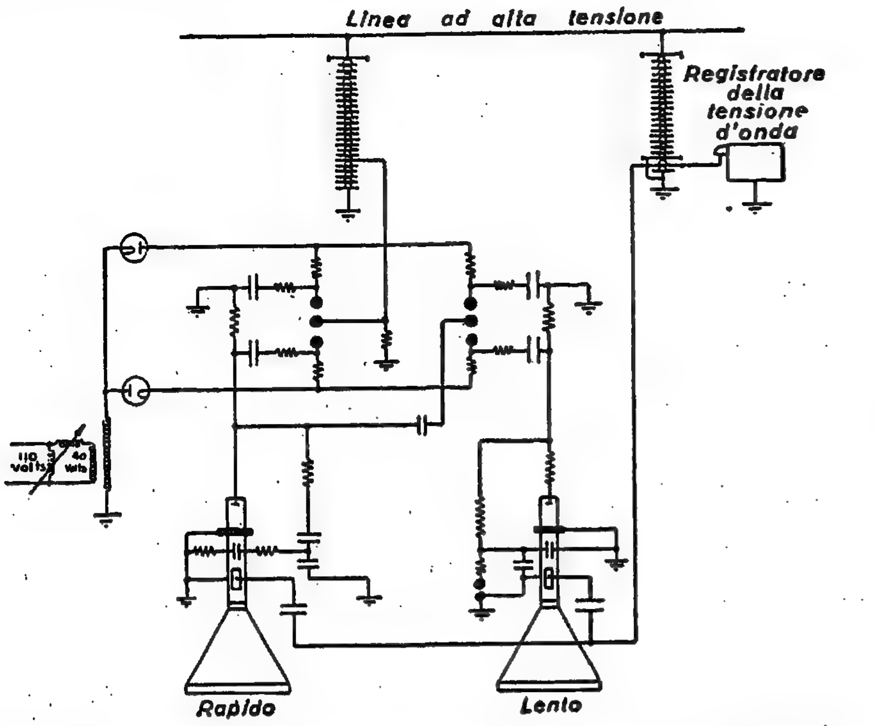


Fig. 6. - Schema delle connessioni per il funzionamento automatico dei due oscillografi di cui a fig. 5.

in fig. 8*a*; la fig. 8*b* mostra invece come si presenta lo strumento quando, per il passaggio di una sovratensione (ossia quando è avvenuta una scarica sugli isolatori), si è rotto il diaframma

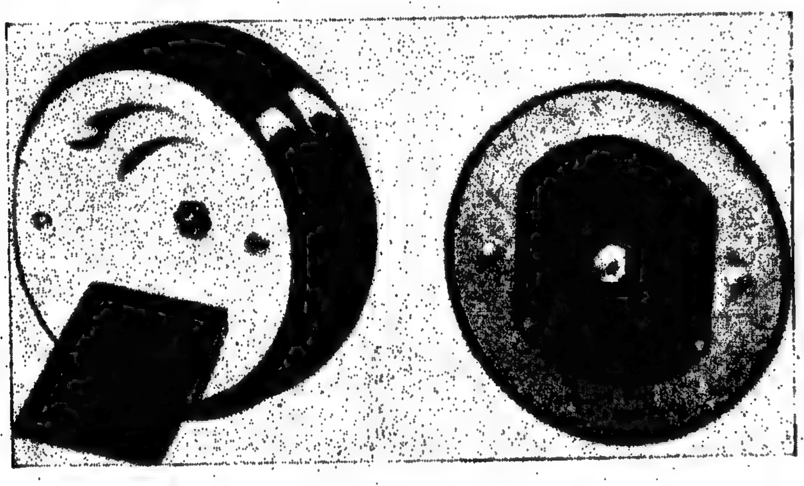


Fig. 7. - Registratore di scariche dirette (aperto per mostrare il pacchetto della pellicola).

rangibile che protegge la targhetta bianca d'indicazione. Per funzionare in modo soddisfacente, l'indicatore di sovratensioni deve essere inserito su una parte del palo nella quale passi la corrente di scarica proveniente da una delle catene di isolatori; solitamente quindi una mensola.

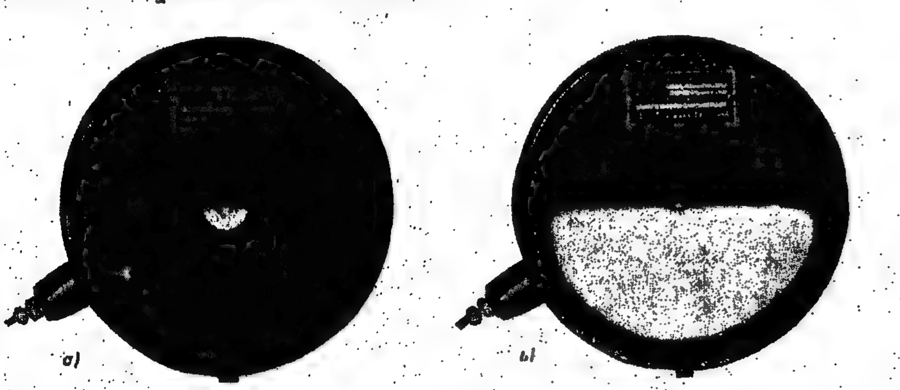


Fig. 8. Indicatore di sovratensioni prima e dopo il passaggio di una sovratensione.

Il *misuratore della violenza della scarica* è stato studiato allo scopo di registrare l'intensità delle condizioni temporalesche alle quali vien sottoposta la linea di trasmissione. L'installazione dello strumento comprende anche un'antenna che, quando si trova nel campo di una nube, assume una carica proporzionale all'intensità del campo stesso. Avvenendo la scarica, il campo scompare e la carica dell'antenna passa attraverso un tubo di vetro contenuto nello strumento, producendovi una illuminazione proporzionata all'intensità del campo; la luminosità del tubo a sua volta impressiona una pellicola fotografica, e l'intensità di tale impressione può essere determinata con metodi fotometrici, stabilendo così una scala per la valutazione della violenza della scarica.

M. A.

LAMPADE DI SEGNALAZIONE SULLE LINEE ELETTRICHE AD ALTA TENSIONE

R. G. E., 11 luglio 1931. – M. ABADIE.

Un tipo speciale di lampada è stato studiato dall'A. allo scopo di segnalare agli aviatori, durante la notte, la presenza di linee elettriche ad alta tensione e di evitare così il pericolo spesso mortale di un fortuito contatto degli aeroplani con le linee stesse in caso di brusco atterraggio.

La lampada, che è già stata sperimentata in Francia, e pare con buon successo, serve anche ad indicare la messa in tensione della linea, e la sua luminosità è sufficiente per la visibilità dell'apparecchiatura e degli apparecchi di misura.

Il dispositivo è illustrato dalla fig. 1, dove 1 è uno, dei conduttori di linea, al quale viene attaccata la lampada per mezzo delle ganasce 2, che si possono serrare grazie alle orecchie 3. Il metallo a contatto del conduttore deve esser lo stesso di questo, per evitare la formazione di coppie elettriche. L'intelaiatura 4 in metallo inossidabile sostiene un manicotto 5 in vetro duro o in *pyrex*, all'interno del quale è disposto un tubo luminoso 6, al neon o meglio ancora al neon e all'elio, di piccolo diametro e avvolto a spirale. Nella parte inferiore del manicotto 5 è disposto il manicotto metallico 8, munito di una serie di punte 9, che hanno lo scopo di favorire il passaggio della corrente nell'atmosfera.

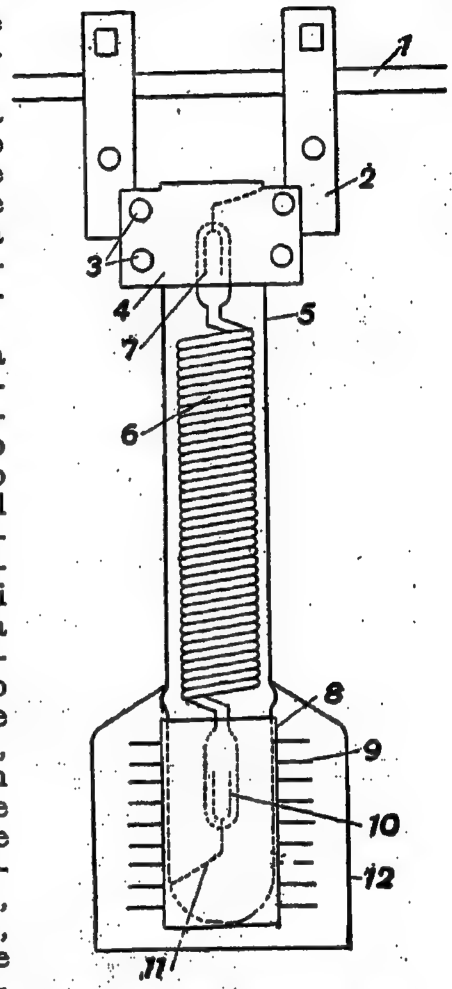


Fig. 1. - Disposizione della lampada.

L'elettrodo 7 del tubo al neon è collegato al manicotto d'attacco del dispositivo; l'altro elettrodo 10 può essere collegato in due modi: o direttamente al manicotto metallico 8 per mezzo del filo 11, secondo lo schema della fig. 1, oppure prima ad un'armatura metallica. Con questo secondo modo si viene a realizzare un condensatore, le cui armature son costituite dal disperditore a punte 8 e dall'armatura metallica sopra accennata, mentre il manicotto 5 in vetro ne forma il dielettrico.

Il funzionamento varia leggermente dall'uno all'altro sistema di montaggio: la carica elettrica passa prima per il manicotto d'attacco e per il tubo al neon, provocandone la luminosità e quindi o si disperde direttamente per le punte nel primo caso, o passa a caricare il condensatore che a sua volta si scarica attraverso le punte nel secondo caso.

L'importanza del *disperditore* è data dal fatto che esso influisce notevolmente sull'intensità luminosa della lampada, perchè ne modifica la corrente di circolazione a seconda della propria massa metallica e della natura delle punte. L'A. preconizza pertanto parecchi dispositivi atti ad aumentare il potere di dispersione.

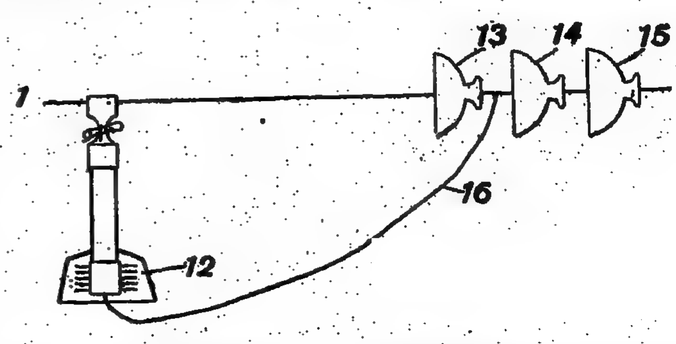


Fig. 2. - Schema del dispositivo che permette di inserire le lampade sotto tensione di 2000 e 3000 V.

La lampada descritta funziona facilmente con potenziali verso terra di almeno 6000 V. Volendo invece realizzare una lampada funzionante con tensioni di 2000÷3000 V si può utilizzare il dispositivo della fig. 2, collegando col filo isolato 13 il disperditore (che può anche non esser munito di punte) a un attacco di uno degli isolatori di linea. Questi compiono allora l'ufficio del dielettrico e l'intensità luminosa della lampada varierà secondo che l'attacco venga fatto nei punti 14, 15, 16 ecc. Per evitare il pericolo di accensione dell'arco si utilizzerà il secondo sistema di montaggio dell'elettrodo inferiore (con armatura metallica) e si adotterà per il manicotto in vetro uno spessore sufficiente.

Secondo le misure eseguite, il consumo della lampada è molto piccolo in confronto alla luminosità ottenuta (ordine di 0,4 W per lampada).

M. A.

---

f) MATERIALI CEMENTANTI PER ISOLATORI DI PORCELLANA

The Electrician, 13 marzo 1931. – J. K. Gillett.

In questa nota è accennata la necessità di impiegare, negli impianti elettrici, alcuni materiali cementanti atti a stabilire un'intima connessione fra le parti metalliche e gli isolatori di porcellana ad esse sovrapposte.

Dal punto di vista economico ed industriale, il problema richiede due condizioni essenziali:

1° potere escogitare una miscela cementante di rapida presa;

2° fare in modo che, a parità di rendimento, il processo di composizione di tale miscela costi il meno possibile.

Il numero di queste sostanze cementanti (o più semplicemente cementi) è grandissimo. Ma fino ad oggi, nella pratica comune, se ne usano appena quattro, giacchè per lo scopo occorre che un cemento abbia i seguenti requisiti:

1° dev'essere di facile impiego e deve potere essere usato senza preventivo trattamento di tutte o di alcune delle parti cementate (per es.: preriscaldamento dell'isolatore di porcellana nel caso che il cemento debba essere versato caldo);

2° dev'essere di rapida presa; cioè il tempo richiesto per questa deve essere il più breve possibile: una presa lenta impedisce l'uso degli isolanti per molto tempo;

3° durante il periodo di presa non deve subire contrazioni di sorta, è tollerabile una minima dilatazione;

4° deve offrire una resistenza relativamente alta agli sforzi di compressione, di trazione e di taglio;

5° il coefficiente di dilatazione termica deve essere minimo;

6° non deve essere poroso al fine di impedire l'infiltrazione dell'acqua, dell'olio e delle comuni emanazioni di natura chimica;

7° deve potersi fissare in modo da contenere le eventuali dilatazioni o contrazioni delle parti metalliche per effetto di un repentino cambiamento di temperatura;

8° infine, non deve essere caro; e questo è un fattore di grande importanza.

I quattro tipi di cemento che maggiormente si avvicinano ai requisiti suesposti sono: il Portland, il litargirio con glicerina, il solfo con vetro (sulphur-glass) ed il Keene's, che descriveremo brevemente in ordine della loro importanza.

1° Il cemento Portland.

Il suo processo di fabbricazione risale originariamente al 1824: fu brevettato dal muratore inglese James Aspdin. Questo genere di cemento fu denominato Portland perchè, allo stato solido presenta all'incirca lo stesso colore della pietra di Portland.

Per ottenere questo cemento si mescolano insieme gesso frantumato e argilla, in acqua, fino a formare una specie di poltiglia. Questo procedimento si svolge in una serie di serbatoi o vasche circolari di circa 6 metri di diametro e m 1,80 di profondità. Ogni serbatoio è munito di un agitatore della miscela cementante, la quale, nel passaggio da un serbatoio al successivo, attraversa uno staccio: questi stacci hanno le maglie progressivamente più fitte, l'ultimo ha 72 fili per cm e trattiene un residuo minore del 5 %.

Nel caso in cui, invece del gesso, si impiega la calce, la miscela viene disseccata in cilindri di acciaio e con sfere di acciaio mescolata in modo da renderla omogenea.

Questa miscela viene calcinata in una fornace rotante, le cui dimensioni sono conformi ai bisogni richiesti. Il cilindro viene fatto girare lentamente: il suo asse è leggermente inclinato e il miscuglio, per gravità, si porta un po' alla volta all'estremità più bassa del cilindro, dove la temperatura raggiunge i 1500° C.

A circa 800° C, il carbonato di calcio già disseccato, si trasforma in ossido di calcio e, alla massima temperatura, la calce si combina con la silice e l'allumina presenti nell'argilla, dando luogo ai rispettivi silicati e alluminati di calcio i quali emergono dalla fornace sotto forma di piccoli blocchi crepitanti, di un colore bianco; e ciò dopo un periodo di calcinazione da tre a quattro ore.

Appena raffreddati, questi blocchi vengono ridotti in polvere estremamente fina e questa viene immagazzinata in speciali silos mobili, già pronti per la spedizione.

Per quanto le reazioni chimiche che si hanno nel processo di costituzione del cemento Portland siano di natura alquanto complessa e non del tutto note ancora oggi, ad esse si può dare la seguente interpretazione: l'acqua aggiunta nella miscela attacca i tre costituenti principali, calce, silice ed allumina, e produce, in primo luogo, una massa colloidale attorno a ciascun blocco di cemento. La minima aggiunta di acqua vale a facilitare la formazione di questo velo colloidale; questo ritarda ogni ulteriore azione dell'acqua sui grani di cemento vergine; col tempo, il velo si dissecca anche se il cemento fa presa sott'acqua; e l'intera massa s'indurisce.

Con l'azione isolante del colloide, la fibra di ciascun grano di cemento non può essere completamente idratata; si ricorda un caso in cui una massa di cemento, che fu tenuta sommersa in acqua per venti anni (!) presentò poscia una considerevole resistenza agli sforzi di trazione. Se ne deduce, quindi, che quanto più rapido è, poscia, il periodo di presa, tanto più consistente è la massa cementizia che se ne ottiene.

Cause di inconvenienti nell'espansione.

In aggiunta alla silice, alla calce e all'allumina, nel cemento Portland possono esservi altresì piccole quantità di magnesia, gesso, ossido di ferro, anidride solforosa ecc. Se la percentuale dei suddetti costituenti non è controllata *con molta cura*, possono aversi serii inconvenienti appena il cemento si è consolidato.

Per esempio, un'eccessiva quantità di magnesia produce un'espansione dopo un periodo di parecchi mesi, e talvolta di qualche anno anche, perchè la magnesia, una volta portata ad altissima temperatura (a 1500° C.) rimane inerte, dal punto di vista fisico-chimico, per un lungo periodo. In un periodo di 25 anni, un eccesso del 4 % di magnesia libera, sulla quantità normalmente tollerabile, ha dato luogo ad un'espansione 14 volte più grande della normale.

Quando vi è un eccesso di gesso ($CaSO_4 . 2\,H_2O$), l'espansione è dovuta alla formazione del solfo-alluminato di calcio.

Quindi la necessità assoluta di controllare qualitativamente e quantitativamente questi costituenti deleteri, di modo che il rischio di espansioni pericolose venga ridotto al minimo.

Perciò il cemento adoperato per gli isolatori, viene mescolato in ragione di 30 kg circa di cemento e un litro circa di acqua. Quando il cemento è sottoposto a bagno d'acqua, si fa di solito

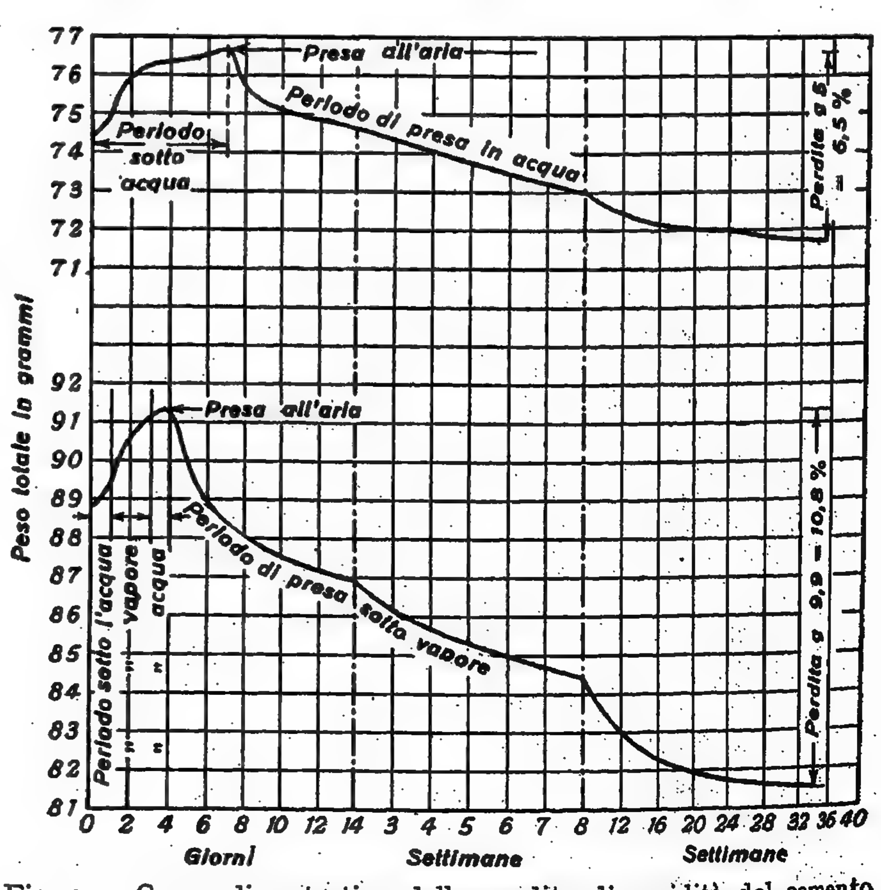


Fig. 1. - Curva dimostrativa della perdita di umidità del cemento Portland.

indurire il miscuglio nell'aria per un periodo che varia da due a cinque giorni, prima di immergerlo completamente in acqua per sette giorni.

Un metodo più moderno consiste nell'immergere il cemento nell'acqua per un giorno soltanto, dopo di che viene posto in un forno a vapore per due giorni: questo metodo riduce a metà il periodo di presa e riduce al minimo le possibilità di ulteriore espansione del cemento.

Dopo essere stato tolto dal bagno di vapore o di acqua, il cemento comincia subito a cedere lentamente una certa percentuale di umidità. Quanto sia considerevole questa perdita del peso può essere riscontrato nell'andamento delle curve della figura 1. Contemporaneamente alla perdita di umidità, si verifica una contrazione del volume. Per impedire questa perdita, si usa proteggere le superfici esposte all'aria con schermi impermeabili che si applicano subito dopo il periodo di assorbimento terminale.

Resistenza meccanica del cemento Portland.

Di tutti i cementi sinora conosciuti, il Portland è, dal punto di vista meccanico, quello che offre la resistenza massima. E questa resistenza aumenta col tempo.

Nella Tabella 1 sono riportati i dati di resistenza meccanica in base ad esperienze su campioni B.E.S.A., di forma cilindrica, sottoposti a sforzi di trazione e di compressione:

TABELLA I.

Resistenza meccanica e coefficiente di dilatazione lineare del cemento Portland.

Miscuglio cemento (in kg) e acqua (in lit.)	Periodo di presa	Resist. max in kg/cm² alla trazione	alla compress.	Coefficiente di dilataz. lineare in $°C \times 10^{-6}$
3,5 : 1		185	2 100	—
2,8 : 1	7 giorni nell'aria	163	1 140	11,3
1,4 : 1		150	835	10,4
3,5 : 1	7 giorni in H_2O	360	2 456	—
2,8 : 1		306	2 000	18,4
1,4 : 1		113	578	16,3
3,5 : 1	1 giorno in H_2O	230	2 600	—
2,8 : 1	2 giorni nel vapore	238	2 556	16,5
1,4 : 1	4 giorni nell'aria	150	1 186	12,2

Dalla tabella si vede che un eccesso nella percentuale in acqua fa diminuire molto la resistenza del Portland, sia alla trazione che alla compressione. Così pure si nota la sensibile influenza che ha sulla resistenza il periodo di presa.

Il cemento Portland, pur impiegato su vasta scala, più di tutti gli altri cementi assieme, non è scevro da inconvenienti: In primo luogo necessitano almeno 24 ore per togliere il modello dalla forma e, dopo di ciò, occorrono diversi giorni per l'ulteriore presa.

Ha un coefficiente di dilatazione termica molto più grande sia di quello della porcellana (che varia da $2{,}5 \times 10^{-6}$ a 5×10^{-6} per °C.) che di quello del ferro fuso malleabile che è di 11×10^{-6} per °C.

Inoltre non resiste all'azione dell'olio isolante che assorbe o evolve con effetti di dilatazione o di contrazione.

Alcuni di questi difetti sono superati con l'uso del secondo dei quattro cementi menzionati:

2° LITARGIRIO CON GLICERINA.

Il litargirio commerciale (PbO) è comunemente preparato in una specie di fornace mediante l'ossidazione del piombo a una temperatura sufficientemente alta, in modo che l'osido di piombo, man mano che si forma, resti allo stato fuso sulla superficie del piombo. Una corrente d'aria viene fatta passare sul piombo fuso a una temperatura di circa 1000° C.

Il litargirio fuso viene versato, man mano che si forma, in terrine di ferro le quali sono sottoposte a lento raffreddamento. Piccole variazioni nel processo di preparazione fanno variare il colore finale dell'ossido dal giallo limone al giallo rossastro.

La glicerina ($C_3H_5(OH)_3$) è mescolata al litargirio nelle proporzioni, in peso, di 1 a 3,75. L'operazione di miscela richiede un periodo da 10 a 12 minuti; ma col tempo il cemento comincia a indurirsi. Nell'inverno oppure sotto l'azione d'un'atmosfera fredda o con una proporzione nel miscuglio litargirio-glicerina minore di 2 3/4 : 1, il cemento si consolida con molta difficoltà, mentre d'estate o sotto l'azione d'un'atmosfera calda il cemento si indurisce appena fatta la colata.

La resistenza meccanica del cemento di litargirio con glicerina è un po' minore di quella del Portland. La tabella II ci dà un riepilogo delle diverse resistenze ottenute con differenti miscele; le prove sono state fatte sette giorni dopo la colata.

TABELLA II.

Forze meccaniche e coefficiente lineare di dilatazione termica del cemento di litargirio e glicerina.

Miscela di litargirio e glicerina (rapporto)	Resist. max in kg/cm² alla trazione	alla compress.	Coefficiente di dilataz. termica in $°C \times 10^{-6}$
$3\frac{3}{4}$: 1 mescolanza meccanica	225	1 982	—
$3\frac{3}{4}$: 1 » a mano	172	1 428	28,6
$3\frac{1}{4}$: 1	154	1 433	30,–
$2\frac{3}{4}$: 1	103	886	29,9

Come si vede dalla tabella, basta una piccola eccedenza della glicerina sul litargirio per determinare una notevole diminuzione di resistenza sia alla trazione che alla compressione.

Sebbene il cemento di litargirio e glicerina sia di presa molto più rapida (2÷3 ore) del cemento Portland, esso è alquanto suscettibile di inconvenienti, a meno che non si abbiano adeguate precauzioni. Questi inconvenienti sono la rottura degli isolatori, dato che il coefficiente di dilatazione termica è il doppio di quello del cemento Portland.

3° SOLFO CON VETRO.

Per ottenere il blocco di cemento, lo zolfo viene scaldato in un focone di ferro a una temperatura da 130° a 150° C. Quindi vi si versa, a poco a poco, il vetro finemente polverizzato (fior di vetro), avendo cura di agitare continuamente il miscuglio. Il vetro impiegato dev'essere polverizzato in modo da passare attraverso a uno staccio con maglia di 70 fili per mm circa. La colata viene effettuata a circa 130° C in piccole quantità; si deve avere molta cura nell'effettuare questa operazione, poichè il vetro, essendo di peso specifico maggiore dello zolfo, tende a portarsi di preferenza negli strati inferiori del miscuglio.



Fig. 2. - Sezione di rottura del cemento versato a strati.



Fig. 3. - Sezione di rottura del cemento versato in una sola volta, dimostrante la precipitazione del vetro sul fondo.

Comunemente si fanno una serie di piccole colate (o versamenti) per cementare un isolatore; e allora si ottiene una massa stratificata come dimostra la fig. 2; se il cemento viene versato in una sola volta, com'è il caso della fig. 3, si vede una netta separazione del vetro che risiede tutto sul fondo.

Queste due figure rappresentano le superfici di rottura di blocchi sottoposti a sforzi di trazione.

Questo tipo di cemento può essere impiegato su vasta scala nel caso di piccoli isolatori avvolgenti supporti che non devono sostenere carichi eccessivamente pesanti; occorre poi che la temperatura del luogo o dell'ambiente non sia giammai di molto superiore alla normale. L'umidità non ha influenza alcuna sullo zolfo della miscela qualora gli isolatori che la circondano non siano usati in contatto col petrolio.

Il principale vantaggio di questa miscela cementante è la sua rapidità di presa, per cui gli isolatori possono essere usati pochi minuti dopo la cementazione.

4° Keene's.

Il principale costituente del gesso allo stato nativo, come tutti sappiamo, è il solfato di calcio idrato ($CaSO_4 + 2\,H_2O$); esso viene disidratato in una fornace ad una temperatura da 110° a 120° C, sino a formare una specie di pasta. A ritardare la rapida presa di quest'ultimo tipo di cemento, i grani di questa pasta vengono nella fornace scaldati al rosso e quindi posti in una soluzione di solfato di alluminio. Col raffreddamento, questa massa grumosa si trasforma in una polvere fina pronta per l'uso.

La presa del cemento Keene's è dovuta alla ricombinazione del gesso disidratato ($CaSO_4$) con l'acqua di cristallizzazione. La quantità di acqua usata nella miscela non è sufficiente a ridare l'idratazione completa; quindi, come risultato, è soltanto una *parte-cristallina* quella che viene ricomposta, rispetto alla massa di gesso impiegata nel processo di fabbricazione.

Se si aggiunge acqua in eccesso (la proporzione normale è di 3 1/4 gesso:1 acqua), allora si ottiene un cemento di ben scarsa resistenza a ogni genere di sollecitazione e quindi di nessuna utilità pratica.

Il periodo di presa del cemento Keene's è di circa mezz'ora, ma esso è alquanto poroso, tanto per l'olio quanto per l'acqua e, quindi, può essere usato soltanto nel caso di isolatori che non siano sottoposti all'azione dell'olio.

La Tabella III riepiloga i risultati di resistenza meccanica del cemento «solfo con vetro» e del cemento Keene's; le prove sono state eseguite 7 giorni dopo la colata.

Tabella III.

Resistenze meccaniche dei cementi solfo con vetro e Keene's:

Qualità di cemento	Miscuglio	Resist. max. kg/cm² alla trazione	alla press.	Coefficiente di dilataz. lin. in °C×10⁻⁶
Zolfo con vetro	10 zolfo 8 vetro	130 224 173	1 180	—
Keene's	$3\frac{1}{4} : 1$	220	988	
	$3\frac{1}{4} : 2$	100	648	17,7

È di grande importanza il constatare che il coefficiente di dilatazione termica ha molta attinenza con la cosidetta ulteriore dilatazione di presa nella maggior parte dei cementi.

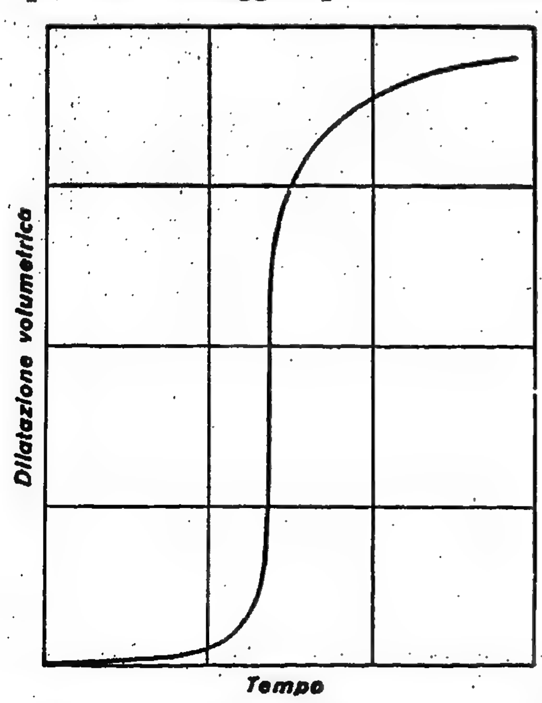


Fig. 4. - Curva tipica della dilatazione del cemento durante il periodo di presa.

Questa dilatazione è causa di frequenti rotture degli isolatori al passaggio della corrente o non appena vi si applichi un carico. Questi generi di sforzi possono essere eliminati quasi sempre, applicando alle superfici cementate un sottilissimo strato di bitume che funziona, in altri termini, da cuscinetto.

Sono state fatte molte esperienze per vedere come varia il volume di una miscela cementante durante il periodo di presa. I risultati sono dimostrati dalla curva della fig. 4, in cui le ascisse segnano il tempo e le ordinate le corrispondenti variazioni di volume.

Conclusione.

Ciascuno dei quattro cementi che abbiamo citato ha i propri vantaggi e anche i propri svantaggi.

Sopratutto bisogna cercare di seguire con estrema delicatezza le esperienze di laboratorio e di ricollegarle coi risultati ottenuti nella pratica corrente, al fine di evitare conclusioni errate.

Al presente si indaga incessantemente sulla questione; tanto che i casi di insuccesso, negli impianti elettrici, sono molto meno frequenti di quel che erano soltanto dieci anni or sono.

P. P.

GRANDE DIVERSITA' DI OPINIONI RELATIVE ALLE LINEE MONTATE SU PALI IN LEGNO

Electrical World, 3 ottobre 1931.

La citata rivista ha indetto un referendum fra numerosi esercenti di linee elettriche per stabilire alcune questioni relative al comportamento degli elettrodotti montati su pali in ferro rispetto a quelli montati su pali in legno.

Purtroppo la diversità delle opinioni espresse fu tale da non poter condurre ad una vera e propria conclusione; probabilmente la differenza di vedute è dovuta al fatto che l'esercizio delle linee viene gestito in condizioni completamente diverse e non paragonabili fra di loro. Pertanto sarebbe stato augurabile di aver potuto raffrontare due linee parallele percorrenti terreni di differente natura e di cui una fosse montata su pali in ferro e l'altra su pali in legno.

Sembra però accertato che l'isolamento è sensibilmente migliore nelle linee in legno che non nelle altre e che la continuità del servizio è maggiormente garantita dalle prime che non nel caso di elettrodotti su pali in ferro.

Dal referendum risulta confermata la maggior durata delle linee in ferro rispetto a quelle in legno, ma non la maggior sicurezza di queste ultime rispetto alle prime. Per linee ad altissima tensione, e specie se sulla stessa palificazione vanno montate più terne sembrano tuttavia imporsi le linee in ferro.

Regna pure grande diversità di opinioni per quanto riguarda la necessità o meno di munire le linee di un filo di guardia e di mettere a terra i pali in ferro nonchè di proteggere quelli in legno mediante un parafulmine. Alcune Società pretendono che linee in legno non munite di parafulmine sono troppo facilmente soggette ad essere demolite da scariche atmosferiche, altre invece credono di poter affermare esattamente il contrario.

La prima domanda posta al referendum era la seguente:

« Le linee su palificazione in legno, dato il loro miglior isolamento, danno realmente un maggior affidamento rispetto alla continuità del servizio che non le equivalenti linee su tralicci in ferro? ».

Dalle risposte, spesso contradditorie, si può in ultima analisi arguire una maggior preferenza per le palificazioni in legno, che pertanto sembra diano una maggior garanzia rispetto a quelle in ferro.

« Si può considerare una linea su palificazione in legno altrettanto conveniente ad una su tralicci in ferro per quanto riguarda il costo, la sicurezza, la durata e la manutenzione? ».

Anche qui le risposte sono varie e controverse, ma in linea di massima la maggioranza conclude affermando che una linea in legno costa realmente molto meno di una in ferro soltanto se non si tiene conto della durata e della manutenzione, altrimenti il suo prezzo è di poco inferiore all'altro. Secondo alcuni poi le linee in ferro non dovrebbero essere prese in considerazione altro che per tensioni al di sopra dei 44 kV.

La terza domanda era la seguente:

« Sono giustificati i fili di terra collegati col suolo in ogni palo nelle palificazioni in legno? In caso affermativo quali sono le precauzioni da prendersi per ciò che riguarda la sezione del filo, la messa a terra lungo ciascun palo e la manutenzione delle terre? ».

Dalle risposte inoltrate dai vari Enti interpellati non è possibile farsi un concetto esatto della opinione predominante, poichè mentre alcuni escludono a priori la utilità di un filo di guar-

dia con relativo filo di messa a terra lungo ciascun palo, altri invece dichiarano di aver riscontrato dei reali benefici installando queste protezioni. Quanto alla natura del filo di terra alcuni consigliano rame, altri copperweld e altri infine acciaio. Sembra poi inutile qualsiasi manutenzione delle messe a terra quando esse siano state inizialmente ben eseguite.

La successiva domanda era la seguente:

« Può il fulmine demolire un palo in legno e causare un relativamente maggior tempo di sospensione di servizio durante il complesso dell'esercizio di quello che non sia riscontrabile in una linea montata su pali in ferro? ».

Anche qui le risposte sono varie e diverse e ciò è naturalmente dovuto anche alle differenti regioni in cui le linee sono installate. Non è pertanto possibile desumere una conclusione relativa a questa domanda.

L'ultima domanda era la seguente:

« Sono giustificati pernotti in legno, mensole in legno e isolatori in legno per i tiranti? ».

Per quanto anche a questa domanda le risposte siano varie e contradditorie, in genere si può desumere che le mensole in legno godono una certa simpatia e altrettanto gli isolanti in legno per i tiranti. Lo stesso non sembra potersi dire per i pernotti degli isolatori.

G. R. M.

---

h) 360 km DI LINEA DI TRASMISSIONE A 132 kV COSTRUITA IN 225 GIORNI

(*Electrical World*, 4 e 18 luglio 1931. – R. H. HALFPENNY).

La Southern Sierras Power Company ha costruito in 225 giorni la linea elettrica di trasmissione, della lunghezza di 360 km e per tensione di esercizio di 132 kV, destinata alla alimentazione dei cantieri per la costruzione della famosa diga di « Boulder » sul Colorado, detta anche « Diga Hoover », che sarà la più grandiosa del mondo.

La sottostazione di arrivo, della potenza di 15 000 kW, è collocata in vicinanza dell'imposta della diga, sulla riva destra. La linea di trasmissione è stata costruita in modo da essere poi utilizzata per trasmettere l'energia in senso inverso, quando cioè sarà funzionante l'impianto idroelettrico della « Diga Hoover ».

Subito dopo la firma del contratto di appalto per la costruzione della linea suddetta si misero in campagna le squadre per il lavoro di picchettazione del tracciato; non vi furono difficoltà notevoli per i permessi di passaggio, trattandosi in gran parte di terreno demaniale in regioni deserte e montagnose. Entro sei settimane veniva iniziato il lavoro di scavo delle fondazioni dei pali e cominciavano a giungere le prime spedizioni di tralicci di acciaio.

Furono stabiliti otto cantieri di deposito in corrispondenza delle stazioni ferroviarie più vicine al tracciato della linea. Da questi depositi il materiale veniva inviato lungo la linea a mezzo di autocarri e le consegne erano distribuite in modo da mantenere un'alimentazione continua ad ogni squadra di erezione. Per comodità di montaggio ogni sostegno completo era contenuto in uno speciale gruppo di colli, che veniva spedito sempre unito.

Le strade mancavano lungo quasi tutto il percorso e, se nelle parti piane e deserte non vi furono difficoltà a stabilire delle carreggiate di servizio, nella parte montagnosa fu messa a dura prova l'abilità del personale addetto al lavoro. In un punto occorsero speciali autocarri muniti di verricello per superare un lungo e accidentato declivio. Una corda lunga 800 metri veniva ancorata ad un albero e, svolgendola piano piano, l'autocarro veniva calato giù per la discesa; la corda veniva poi riavvolta ed il procedimento ripetuto sinchè il carro non fosse arrivato in fondo e cioè sopra un terreno che ne permettesse lo spostamento con mezzi ordinari.

Il personale era distribuito in cinque accampamenti con tende per 50 persone ciascuno, ed eccezionalmente per 80 persone; uno di questi serviva da quartiere generale, dei lavori di costruzione, che talvolta si estendevano su un tratto di 200 km. lungo la linea. Il lavoro era diviso fra squadre specializzate e cioè per gli scavi, per la posa delle fondazioni, per l'erezione dei pali e per la tesatura dei fili. Ogni accampamento veniva mantenuto sinchè il lavoro in quel tratto fosse completato.

Le sezioni di base dei pali a traliccio del tipo ad H ed i piedi delle torri del tipo ad A venivano montati nei cantieri di deposito ed ivi immersi in un bagno di asfalto caldo, servendosi di un apposito carro munito di benna e verricello.

Lo scavo delle buche per le fondazioni dei tralicci e delle torri veniva fatto con una speciale trivella del diametro di m 0,75, montata su apposito autocarro, dappertutto ove le condizioni del terreno lo permettessero; ciò avvenne per circa il 65 % del numero totale delle fondazioni. Le basi dei sostegni ad H erano disegnate in modo che per esse bastava il foro di m 0,75 di diametro, allargato poi a mano nella parte superiore. Più del 30 % dei fori richiese l'uso di esplosivo.

Le basi erano poste in opera per mezzo di apposite stanghe di legno con imposte in ferro, munite di perni di riscontro che si impegnavano in fori del traliccio. Le basi dei sostegni ad H venivano sollevate e messe a posto da 8 uomini che, dopo aver esattamente livellato il terreno, riempivano la buca e costipavano la terra. Per le torri ad A, i cui quattro montanti dovevano formare un rettangolo, il lavoro era più complesso e si richiedeva un sistema più complicato di stanghe e riscontri ed anche una livellazione più accurata.

L'avanguardia della squadra di montaggio, che seguiva immediatamente quella per la messa a posto delle basi, era composta di due operai, e apriva i colli, disponeva ordinatamente i varî pezzi e la bulloneria e verificava accuratamente che non mancasse nulla. La squadra di montaggio od erezione dei pali era composta di 12 uomini e di un caposquadra e veniva divisa in due gruppi di 6 uomini ciascuno, in modo che la squadra potesse montare contemporaneamente due doppi tralicci adiacenti, su ciascuno dei quali lavoravano quattro uomini mentre due rimanevano a terra. Vi erano 6 di tali squadre, che normalmente montavano 4 tralicci ad H per giorno e spesso anche di più. I pali e le torri erano sempre montati in posto un tronco sopra l'altro, perchè in molti punti le condizioni del terreno non avrebbero permesso il montaggio preventivo sul suolo e il successivo innalzamento del palo completo.

La squadra, montato il palo, appendeva gli isolatori e collocava gli altri accessori in modo che potesse senz'altro passare la squadra per la tesatura dei fili.

f. f.

---

i) CONTROLLO DEGLI INTERRUTTORI

(*A. E. G. Mitteilungen*, settembre 1931. – DIPL. ING. L. STEINFELD.

L'A. mette dapprima in evidenza l'importanza e l'utilità del controllo degli impianti elettrici centralizzato in quadri riproducenti lo schema monofase dell'impianto. Tali quadri possono essere predisposti per il loro controllo della posizione degli interruttori e dei coltelli (fatti a mezzo di lampadine o di segnali ottici) oppure anche per quello dei circuiti, nel qual caso anche questi vengono illuminati o meno, a seconda che si trovino o no sotto tensione.

Esamina quindi i vari tipi di segnalazione che si possano classificare in segnalazione ottica semplice, segnalazione ottica con controllo del circuito ausiliario, segnalazione ottica a conferma, segnalazione ottica e avviso acustico dell'apertura degli interruttori, segnalazione ottica con avviso di guasti nel circuito.

La segnalazione ottica semplice è ottenuta per mezzo di una sola lampadina che accendendosi segnala la posizione « chiuso » dell'interruttore oppure di un segnalatore a settori comandato da un elettromagnete a una sola bobina. Con questo sistema manca naturalmente il mezzo di controllare il circuito di segnalazione e la lampadina può p. es. essere spenta non perchè l'interruttore è aperto, ma perchè il circuito è interrotto. A questa mancanza sopperisce la seconda classe di segnalatori nella quale le lampadine-spia sono due: una per la posizione « chiuso », l'altra per quella « aperto ». O l'una o l'altra deve essere accesa se il circuito di segnalazione è in buono stato. Analogamente per la segnalazione ottica a settori per la quale viene impiegato un comando elettromagnetico a due bobine. In questo caso non è più consigliabile, come nel primo, un circuito a un solo filo giacchè, sia in caso di rottura del conduttore, sia a causa di squilibri nella caduta di tensione nel circuito segnalatore, possono verificarsi imprecisioni di segnalazione, ma è meglio ricorrere a un circuito a due fili.

L'A. consiglia inoltre di distinguere le lampadine non per mezzo del colore, ma per mezzo della forma del profilo o della grandezza.

I sistemi sopra accennati servono per segnalare la posizione degli interruttori a ogni istante, ma non a segnalare il cambiamento di tali posizioni, come può avvenire anche accidentalmente o spontaneamente per quelli automatici. A tale scopo serve il sistema cosidetto a conferma. In esso la lampadina-spia

non segnala la posizione dell'interruttore, ma solo la variazione di tale posizione rispetto a quella di uno speciale commutatore disposto sul quadro di controllo. Il commutatore ha una forma che si integra con quella dei circuiti del quadro e segnala con la sua posizione quella dell'interruttore controllato. La lampadina-spia che si è accesa per il funzionamento dell'interruttore non si spegnerà che quando il personale di servizio avrà ruotato il commutatore portandolo nella posizione corrispondente a quella dell'interruttore.

Anche qui di lampadine-spia possono essercene una o due a seconda se si vuole o no il controllo continuo del circuito di segnalazione. Anche con una sola lampadina si può però avere un certo controllo del circuito manovrando di tanto in tanto il commutatore e osservando se si accende la lampadina. In alcune costruzioni la lampadina è montata al centro del commutatore. Questo sistema può servire, oltre che per il controllo, anche per la trasmissione a distanza degli ordini di manovra.

Un'altra classe di segnalatori è quella degli apparecchi ottici a settore, con avviso acustico dell'apertura dell'interruttore. L'apparecchio ottico ha allora tre posizioni: « chiuso », « apertura », « aperto ». Le prime due vengono comandate dall'interruttore e la seconda produce anche il funzionamento di un segnalatore acustico; la terza è comandata dal personale di servizio per mezzo di un pulsante che fa contemporaneamente cessare la segnalazione acustica. Anche a questo sistema può essere applicato il controllo del circuito. L'ultima classe di apparecchi è particolarmente indicata per gli impianti a bassa tensione molto estesi, come quelli d'illuminazione stradale, e ha lo scopo di segnalare oltre che la posizione degli interruttori, anche i difetti che si verificano sull'impianto di segnalazione; difetti che possono essere particolarmente frequenti a causa dell'estensione degli impianti.

Per gli impianti a corrente trifase tali apparecchi sono ad induzione: un nucleo in corto circuito è montato folle tra un giogo a più espansioni polari, e un pezzo che chiude il circuito magnetico. Un avvolgimento del giogo è connesso permanentemente a una fase del sistema, mentre il secondo viene connesso all'una o all'altra delle rimanenti a seconda della posizione dell'interruttore e in tal modo causa la rotazione del nucleo verso destra o verso sinistra. In caso di un'interruzione viene a mancare la corrente in un avvolgimento, si annulla il momento torcente e il nucleo si porta per il proprio peso nella posizione intermedia. Per gli impianti a corrente continua vengono usati apparecchi analoghi: a relais polarizzati.

A. Bs.

---

l) IL GAS ELEMENTO PRECIPUO NEGLI INTERRUTTORI

Electrical World, 1° agosto 1931. – J. D. Hilliard.

La costruzione di interruttori d'alta tensione presenta ancora dei problemi insoluti e può essere interessante considerare con occhio critico i principi sui quali si fondano i vari tipi in uso. Negli interruttori Deion, come è noto, vi sono delle piastre di materiale magnetico distanziate fra loro e immerse nell'olio.

Nel funzionamento dell'interruttore la corrente viene spinta magneticamente sempre più addentro negli interstizi fra le piastre man mano che il contatto mobile M si allontana da quello fisso L; il calore sviluppato dall'arco fa vaporizzare e

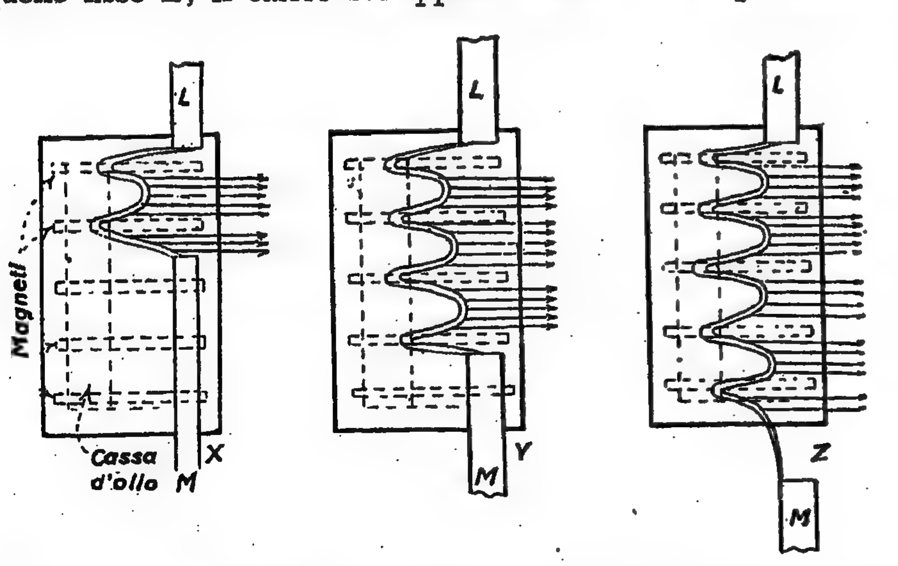


Fig. 1. - Azione magnetica e soffiamento del gas agiscono in modo combinato nell'interruttore Deion.

scomporre parte dell'olio e i vapori così formati, portandosi sul percorso dell'arco, raffreddano e deionizzano l'atmosfera conduttrice dell'arco (fig. 1).

Negli interruttori a camera di esplosione i gas prodotti effluiscono dalla camera per un ugello con direzione parallela a quella dell'arco producendone l'estinzione.

Il funzionamento dei due tipi è perciò analogo, pur differendo nei particolari. Si ritiene in generale che quanto maggiore è la rapidità nella formazione di gas tanto più grande sia l'efficacia di interruzione dell'apparecchio. L'A. ritiene però che questa affermazione non sia sempre vera. Qualora infatti si potesse arrivare a vuotare e mantenere vuoto fino ad un limite opportuno un tubo isolante, e si disponesse di un metallo che non contenesse gas occluso e non formasse ossidi gasosi, anche quando i contatti si riscaldano nell'interruzione, si sarebbe senz'altro realizzato un ottimo interruttore senz'olio, perchè non vi sarebbe possibilità che si formasse un'atmosfera ionizzata e l'interruzione dell'arco riuscirebbe perciò assai facile.

Non si ha in generale un esatto concetto delle forze che intervengono nei cassoni dell'olio, come conseguenza della produzione di gas, quando l'interruttore interrompe un corto circuito. P. es. un interruttore moderno per 15 kV con una cassa da 50 cm di diametro produce presso a poco una massa di gas come se nella cassa si facesse esplodere circa mezzo chilo di polvere da sparo. L'effetto relativo di rottura dipende dalla velocità dell'interruzione del circuito in confronto della velocità di esplosione della polvere, velocità che però possono ritenersi presso a poco uguali. Cogli interruttori ultra rapidi che interrompono l'arco in mezzo periodo, le cose avvengono circa come se nell'esempio precedente si usasse dinamite anzichè polvere.

Tutto ciò indica quanto sia importante lo studio meccanico degli interruttori, la scelta opportuna dei materiali e l'esatta considerazione delle sollecitazioni alle quali essi possono essere esposti.

Quanto minore è la quantità di gas prodotto in un dato tempo e per una data interruzione, tanto minori saranno le sollecitazioni nella cassa dell'interruttore. Si può ritenere che i punti di vista più importanti sul progetto degli interruttori sono un'efficace deionizzazione e una regolazione dei gas nella loro produzione ed espansione.

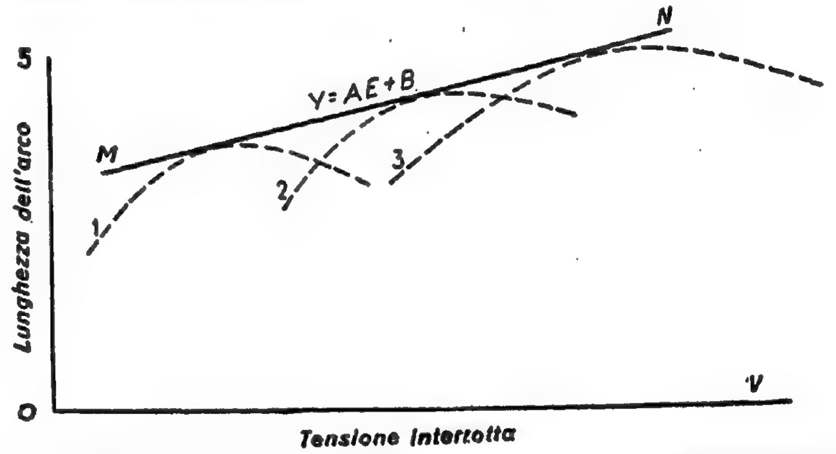


Fig. 2. - Inviluppo delle massime distanze dei contatti in 3 interruttori.

Considerando in particolare gli interruttori a rottura multipla l'A. assume che la rapidità di operazione sia dello stesso ordine di quella dei comuni interruttori a 2 contatti. Nella fig. 2 le curve 1, 2, 3, rappresentano le curve inviluppo della lunghezza d'arco (cioè distanza dei contatti) in interruttori rispettivamente per 15, 37, 73 kV. Tracciando la retta $M\,N$ tangente a queste curve si ottiene una linea che rappresenta le massime distanze di interruzione per interruttori fino a 73 kV.

L'equazione delle linee $M\,N$ è della forma $Y = A\,E + B$, dove Y è la lunghezza dell'arco, E la tensione del circuito, A e B due costanti, di cui A sempre molto più piccola di B.

Nell'applicare questa equazione agli interruttori con interruzioni multiple in serie, l'A. considera gli organi di contatto equivalenti a condensatori in serie, nei quali la tensione fra gli elettrodi è funzione della distanza e della superficie di essi. Sulla base di tale ipotesi calcola la distanza di interruzione di ciascuno degli intervalli in serie. La lunghezza di ogni arco elementare in un interruttore a 4 rotture, calcolata in tale modo, risulta circa l'80 % di quella di ogni arco in un interruttore a 2 rotture.

Non deve quindi far meraviglia se con un interruttore a 4 rotture si ottiene una quantità di gas circa doppia di quella che si otterrebbe interrompendo lo stesso circuito con un interruttore a 2 intervalli.

È bensì vero che in molti interruttori a intervalli multipli la quantità di gas sviluppato è circa eguale a quella di un corrispondente apparecchio a 2 interruzioni, ma in tali interruttori esiste sempre la probabilità della formazione di archi che mettano in corto circuito i diversi intervalli, ciò che può avere conseguenze gravissime nei riguardi dell'apparecchio.

Gli interruttori cosidetti a soffiamento di gas (aria, anidride carbonica, idrogeno o azoto), possono, secondo l'A., dare soddi-

sfacenti risultati in esercizio, purchè sieno verificate le seguenti condizioni: il serbatoio di gas sia mantenuto a pressione normale, il gas sia mantenuto secco, non avvengano fenomeni di carbonizzazione o, in generale, di deterioramento, tutti i dispositivi meccanici agiscano normalmente.

Se la corrente da interrompere aumenta, bisogna aumentare anche la pressione del gas che produce l'interruzione, e ciò avviene, secondo l'A., non già perchè sia necessaria una maggior quantità di gas non ionizzato per deionizzare l'atmosfera dell'arco, ma perchè la maggior intensità di corrente produce una maggior temperatura e quindi una più elevata pressione in tale atmosfera, diminuendo così l'efflusso di gas fresco dal serbatoio.

Ri.

---

m) CORRETTE ED ERRATE FONDAZIONI DI MACCHINE

VDI, 22 agosto 1931. – E. Rausch.

Le fondazioni delle macchine sono spesso affidate a persone incompetenti che tengono un conto sommario e superficiale delle sollecitazioni dinamiche in gioco. Come risultato di questa leggerezza si hanno non infrequenti lesionature di blocchi di fondazione che richiedono talvolta il completo rifacimento delle fondazioni stesse.

Le azioni dinamiche agenti sulle fondazioni si possono raggruppare in due categorie:

1°) Sollecitazioni non periodiche.

2°) Sollecitazioni periodiche dovute a masse oscillanti secondo una legge sinusoidale.

Il primo gruppo di sollecitazioni è quello che si riscontra ad esempio nei magli, negli ascensori, montacarichi, frantoi ecc., il secondo vien prodotto invece in tutte le macchine a moto alternativo e in quelle rotanti. In queste ultime la forza centrifuga genera in ogni istante una componente verticale e orizzontale le cui intensità hanno entrambe un andamento periodico sinusoidale.

Sollecitazioni dinamiche aperiodiche.

1) Possiamo considerare il blocco di fondazione come un corpo massiccio posato su una massa elastica (fig. 1).

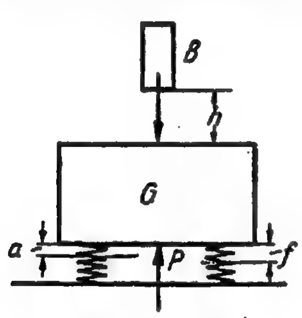


Fig. 1.

Se ad esempio questa fondazione viene sollecitata verticalmente da un peso B cadente da una altezza h, allora essa indurrà sul terreno sottostante delle oscillazioni (smorzate dai vari attriti) che dipenderanno esclusivamente dalla massa del corpo e della natura elastica del sottofondo.

La frequenza propria delle oscillazioni indotte nel terreno in 1' è data da

$$n_e = \frac{300}{\sqrt{f}}$$

dove f rappresenta il cedimento elastico del suolo sotto l'azione statica del peso G.

Nel caso considerato della fig. 1, il peso B cadendo da una altezza h acquisterà una velocità

$$V_B = \sqrt{2gh}$$

che indurrà nel blocco una velocità smorzata

$$V_G = V_B (1+k) \frac{B}{B+G} \text{ e una forza viva } E = \frac{1}{2} \frac{G}{g} V^2_G$$

dove k dà il numero dei colpi ($0 < k < 1$).

Durante le oscillazioni periodiche del sottosuolo, nel momento della massima escursione a di queste, la forza elastica pure periodica avrà raggiunto il valore P. Questa forza produce pertanto ogni mezzo periodo il lavoro

$$A = \frac{1}{2} aP$$

Essendo

$$P = \frac{a}{f} G \quad \text{sarà}$$

$$A = \frac{1}{2} \frac{a^2}{f} G$$

Uguagliando il lavoro fatto da P alla variazione della forza viva si ha

$$a = V_G \sqrt{\frac{f}{g}}$$

e anche

$$P = \frac{a}{f} G = \frac{V_G}{\sqrt{gf}} G = \nu G \tag{1}$$

dove

$$\nu = \frac{V_G}{\sqrt{gf}}$$

dà l'incremento del peso statico per effetto delle sollecitazioni dinamiche. Con che il problema del calcolo della fondazione di una macchina in movimento si riduce ad una verifica di sollecitazioni statiche.

Va però notato il fatto che anche il terreno è soggetto ad una sollecitazione dinamica e che pertanto esso non può essere caricato come nel caso di compressione puramente statica. Bisognerà porre allora nella (1) al posto di P il valore

$$P_s = \mu \nu G$$

dove μ è un coefficiente che per azioni dinamiche continuate è bene tenere = 3 e per sollecitazioni dinamiche abbastanza distanziate nel tempo, basta porre = 2.

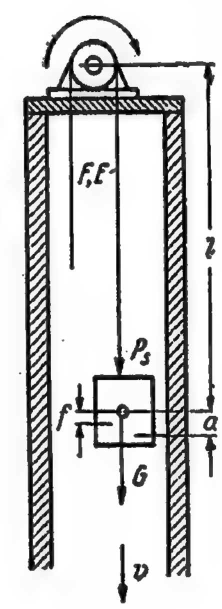


Fig. 2.

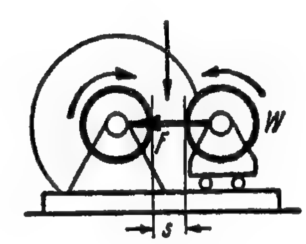


Fig. 3.

Nel caso di apparecchi di sollevamento (fig. 2), l'incremento delle sollecitazioni dovute al brusco arresto della gabbia del montacarichi, si ha come nel caso precedente, ponendo

$$\nu = \frac{V}{\sqrt{fg}}$$

dove

$$f = \frac{GL}{EF}$$

e dove G = peso della gabbia dell'ascensore

L, F, E = rispettivamente la lunghezza, la sezione e il modulo di elasticità della fune.

2) Se lo sforzo dinamico anzichè verticale è orizzontale, allora le condizioni cambiano. Consideriamo il caso di un frantoio (fig. 3).

La velocità finale del rullo di macina dopo ogni urto è di

$$V_W = \sqrt{2bs} = \sqrt{2 \frac{F}{W} gs}$$

dove W è il peso del rullo, F la tensione delle molle, s la corsa del rullo stesso.

La massa della fondazione può essere sostituita analiticamente con una massa fittizia G' (fig. 4 *a*, *b*, *c*) tale da essere

$$G' = \frac{I}{h^2}$$

dove I è il momento d'inerzia della fondazione rispetto al centro fittizio di rotazione della base.

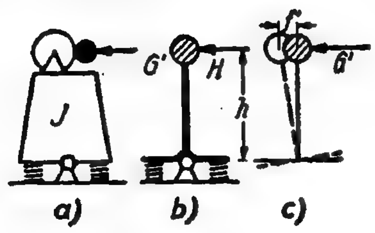


Fig. 4.

Come si è già visto per le sollecitazioni verticali, risulterà anche in questo caso di sollecitazioni dinamiche orizzontali

$$V' = V_w (1 + k) \frac{W}{W + G}$$

$$\nu = \frac{V'}{\sqrt{g f'}} \qquad \mu = 3$$

e

$$H = \mu \, \nu \, G'$$

dove f' dà lo spostamento orizzontale della massa fittizia G' sotto l'azione del carico fittizio.

Sollecitazioni dinamiche periodiche.

Consideriamo separatamente il caso di forze verticali e orizzontali aventi una massima ampiezza P e una frequenza n_m per minuto primo (nel caso di momenti di 2° ordine di masse in moto si considera il doppio del numero dei giri di rotazione).

1) Nel caso di forze verticali (fig. 5) periodiche, supponendo che la reazione abbia la stessa linea d'azione della forza

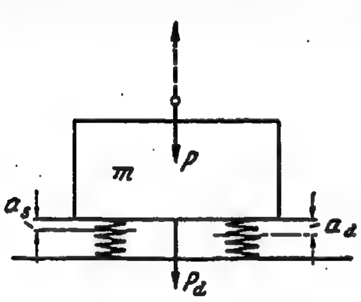
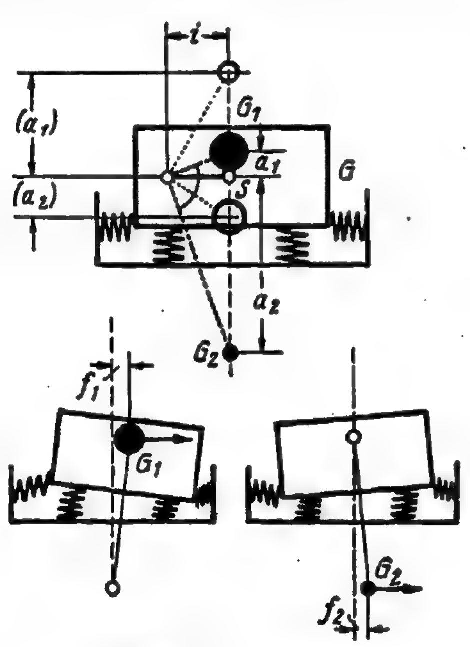


Fig. 5.



Figg. 6, 7, 8.

agente, nella fondazione verranno ad indursi delle oscillazioni forzate di ampiezza a_d dovute alla forza dinamica P_d, mentre il cedimento statico dovuto a P sarebbe a_s. Si avrà allora

$$P_d = \frac{a_d}{a_s} P = \nu P$$

Inoltre è

$$a_d = \frac{P \cos \varphi}{m \, (\lambda^2 - \omega^2)} \qquad \text{e}$$

$$a_s = \frac{P}{c} = \frac{P}{m \lambda^2}$$

dove λ è la velocità angolare di un vettore le cui proiezioni danno le oscillazioni proprie della fondazione, ossia

$$\lambda = n_e \frac{2\pi}{60} = \sqrt{\frac{g}{f}}.$$

dove

ω = la velocità angolare della forza agente,

c = la costante del molleggio,

φ = l'angolo di sfasamento tra λ e ω.

Si avrà allora

$$\nu = \frac{a_d}{a_s} = \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - \omega^2} \cos \varphi$$

e $\cos \varphi$ si potrà ricavare dalla

$$\operatorname{tag} \varphi = \frac{\delta}{\pi} \frac{\lambda \, \omega}{\lambda^2 - \omega^2}$$

dove δ è il decremento logaritmico dello smorzamento. Risulta essere

$$\nu = \frac{\lambda^2}{\sqrt{(\lambda^2 - \omega^2)^2 + \left(\frac{\delta}{\pi}\right)^2 \lambda^2 \omega^2}}$$

Il valore di δ ha influenza quando $\lambda = \omega$ (risonanza), condizione questa da evitare. Altrimenti lo si può senz'altro trascurare, con che risulta

$$\nu = \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - \omega^2} = \frac{n_0^2}{n_0^2 - n_m^2}$$

Ad ogni modo si deve cercare di avere possibilmente assai discosti i valori di n_e da quelli di n_m.

Anche qui il valore finale da considerare per il calcolo della fondazione non è P, ma bensì

$$P_s = \mu \, \nu \, P$$

dove $\mu = 3$ in caso di sollecitazioni continuate e $\mu = 2$ nel caso opposto.

2) Quando si tratta di sollecitazioni dinamiche orizzontali (figg. 6, 7 e 8), basta ricordare che una massa piana può notoriamente essere scomposta in due masse fittizie G_1 e G_2 distanti dal centro di gravità di due quantità a_1 e a_2 tali da risultare

$$a_1 \, . \, a_2 = i^2$$

dove i = raggio di girazione della massa effettiva rispetto al baricentro. Sarà quindi

$$G_1 = \frac{a_2}{a_1 + a_2} G \qquad\qquad G_2 = \frac{a_1}{a_1 + a_2} G$$

Posto f_{xx} lo spostamento orizzontale causato al baricentro della massa cui venga applicata una forza orizzontale unitaria,

f_{xz} idem per l'applicazione di un momento unitario,

f_{zz} la rotazione dovuta ad un momento unitario.

Si ha

$$a = a_0 \pm \sqrt{a_0^2 + i^2}$$

dove

$$a_0 = \frac{i^2 f_{zz} - f_{xx}}{2 f_{xz}}$$

Se agisce una spinta orizzontale su G, allora G_2 rimane immobile e viceversa, si hanno cioè delle oscillazioni pendolari attorno a G_1 e G_2.

Le oscillazioni proprie della massa sono poi al solito date da

$$n_1 = \frac{300}{\sqrt{f_1}} \text{ per } G_1 \text{ dove}$$

f_1 è la deviazione prodotta su G_1 da una forza di intensità G_1 e identicamente

$$n_2 = \frac{300}{\sqrt{f_2}} \text{ per } G_2$$

Allora per una forza orizzontale periodica agente lungo la linea di azione 1 1 (fig. 9 *a*) si ha

$$P_{1s} = \mu \, \nu_1 \, P$$

dove

$$\nu = \frac{n^2_1}{n_1^2 - n_m^2}.$$

Per una forza agente sulla orizzontale 2-2 si avrà identicamente (fig. 9 *b*)

$$P_{s2} = \mu\, \nu_2\, P$$

dove

$$\nu = \frac{n_2^2}{n_2^2 - n_m^2}\,.$$

Se infine sulla massa agisce un momento M periodico (fig. 9 c), questo può essere sostituito da due forze P agenti pure in 1 e 2 e tali da essere

$$P = \frac{M}{a}\,.$$

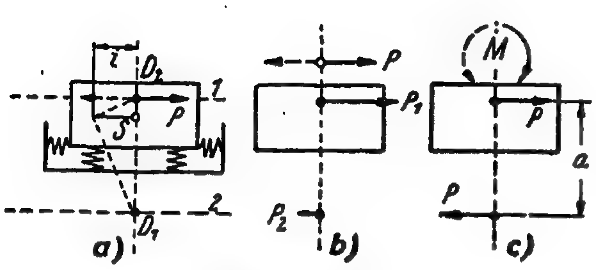


Fig. 9 *a*, *b*, *c*.

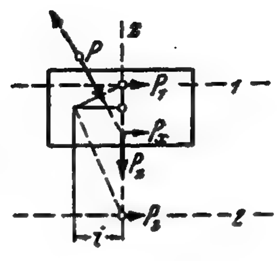


Fig. 10.

Supponiamo ora di avere un blocco soggetto a forze periodiche comunque disposte e consideriamo ad es. il caso della fig. 10. La forza P verrà scomposta in 3 componenti, e precisamente una verticale P_z e due orizzontali P_1 e P_2. Per le componenti si avrà

$$P_{sz} = \mu\, \nu_z\, P_z$$
$$P_{s1} = \mu\, \nu_1\, P_1$$
$$P_{s2} = \mu\, \nu_2\, P_2$$

che servono a verificare la resistenza della fondazione.

Ad esempio nel caso di una fondazione di turbina a vapore si deve considerare oltre al peso delle masse ferme, anche quello delle parti rotanti. Inoltre le forze dinamiche sono quella centrifuga F ed il momento di corto circuito. Ponendo $\mu = 2$ si avrebbe

$$P_{s1} = \mu\, \nu_1\, F \qquad \text{verticalmente}$$

e

$$P_{sw} = \mu\, \nu_w\, F \qquad \text{orizzontalmente}$$

Il numero delle oscillazioni proprie della fondazione risulta essere:

(orizzontalmente) $$n_{el} = \frac{300}{\sqrt{f_a + f_b + f_c + f_e}}\,;$$

(verticalmente) $$n_{cw} = \frac{300}{\sqrt{f_w}}\,;$$ (oscillante) $$n_{ed} = \frac{300}{\sqrt{f_d}}\,;$$

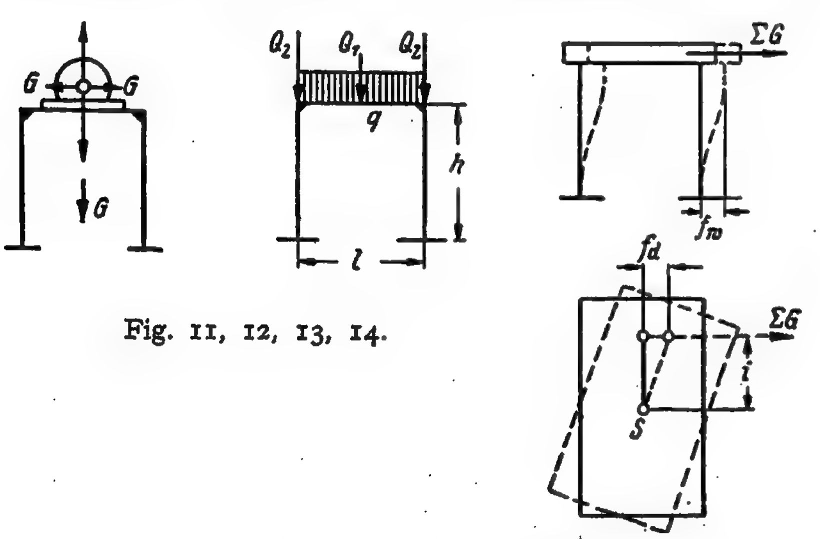


Fig. 11, 12, 13, 14.

dove f_a = cedimento statico della piastra superiore di appoggio (fig. 11-14) per il peso concentrato Q_1,

f_b = cedimento statico per il peso proprio q distribuito,

f_c = spostamento verticale dovuto ai suddetti carichi statici,

f_e = compressione degli appoggi per i suddetti carichi statici,

f_w = lo spostamento orizzontale dovuto ai pesi statici applicati,

f_d = lo spostamento di un punto a distanza i (raggio di girazione) del baricentro per opera del momento $i\,\Sigma\, G$.

Praticamente non va dimenticato che la fondazione della turbina appoggia poi su una piastra di fondazione soggetta pure a dare oscillazioni proprie.

G. R. M.

SALDATURA ELETTRICA CON CORRENTE CONTINUA, MONOFASE O TRIFASE?

E.T.Z., 16 luglio 1931. – I. C. Fritz.

Nella tecnica della saldatura elettrica ciascuno è solitamente portato a lodare il sistema di cui egli dispone o nel quale è stato inizialmente istruito, senza per altro essere in grado, nella maggior parte dei casi, di poter giudicare i vari sistemi in uso oggigiorno.

Nè un esame obbiettivo dei pregi e dei difetti dei singoli metodi è da attendersi da parte dei fornitori, manifestamente interessati a sopravalutare i vantaggi del sistema che essi offrono e ad insistere sui difetti di quelli della concorrenza.

Cercheremo di dare uno sguardo sommario al complesso del problema rilevando pregi e vantaggi di ciascun sistema.

Il più vecchio è certamente quello che utilizza la corrente continua prodotta da un'apposita generatrice (dinamo). In seguito si ebbero i tipi utilizzanti la corrente monofase e, solo recentemente, quelli che impiegano la corrente trifase.

Le dinamo per la produzione della corrente continua destinata ad essere utilizzata per le saldature possono essere autoeccitate oppure del tipo con eccitatrice separata e solitamente coassiale.

Esse sono costruite generalmente con materiale fuso e, più recentemente, con materiale fucinato e saldato e sono azionate da un motore elettrico, a benzina, o a olio pesante. Il primo può essere adottato solo dove siano possibili delle prese di corrente; il secondo è di più economico acquisto rispetto all'ultimo e questo è in compenso di esercizio meno costoso rispetto al secondo. In generale i gruppi sono costruiti in modo da essere protetti contro la pioggia, ma non contro l'umidità e perciò richiedono speciali avvertenze.

Le dinamo sono di solito studiate per servire un solo saldatore. In alcuni casi però allo stesso motore sono applicate più generatrici alimentanti ciascuna un saldatore, oppure un'unica dinamo può servire per più saldatori, nel quale ultimo caso bisogna che il gruppo sia provvisto di resistenze ohmiche e induttive per sostituire quegli eventuali saldatori che non dovessero funzionare.

Il rendimento complessivo del gruppo è piuttosto basso (30÷60%); la tensione di accensione dell'arco può oscillare tra i 35 e 60 V e la saldatura può procedere bene anche con elettrodi non ricoperti. Il rocedimento di saldatura con la corrente continua ha il vantaggio notevole di dare un arco che non si spegne facilmente ed è pertanto preferito specialmente dai principianti. Si dovrebbe cercare di tenere l'arco assai breve quando si impiegano elettrodi metallici, mentre è bene che esso sia di maggior lunghezza con elettrodi di carbone. Infatti nel primo caso occorre evitare la ossidazione della saldatura, mentre nel secondo caso è bene dare la possibilità alle particelle di carbone di bruciare interamente.

Oggigiorno si dà tuttavia la preferenza agli elettrodi con rivestimento, elettrodi che si possono distinguere in debolmente e fortemente rivestiti. I primi, in genere, non forniscono scorie e proteggono sufficientemente la saldatura dalle ossidazioni; i secondi invece danno una maggior garanzia di protezione ed inoltre forniscono un rivestimento di scoria al disopra della saldatura che permette un più lento raffreddamento. Questo ultimo tipo ha però l'inconveniente di richiedere un scalpellamento per poter eseguire una eventuale nuova saldatura al di sopra della prima.

La corrente continua ha inoltre il vantaggio di poter essere impiegata con elettrodi speciali per la saldatura del bronzo, rame, alluminio e per gli acciai speciali. Inoltre essa è la sola che si presti realmente bene per saldature con elettrodi di carbone, e per le saldature automatiche e meccaniche. Queste ultime sono spesso eseguite con la corrente prodotta da uno speciale trasformatore costruito nel seguente modo: in un rotore sono ricavati due avvolgimenti separati di cui l'uno viene direttamente collegato alla rete trifase di alimentazione e l'altro è del tipo di avvolgimento per corrente continua ed è collegato al commutatore. A mezzo di un piccolo motore sincrono il complesso viene fatto rotare in senso inverso al campo fornito dalla corrente di alimentazione in modo da creare un campo non più rotante ma bensì statico nel quale si muove l'avvolgimento per la corrente continua.

Il processo di saldatura con la corrente alternata è stato introdotto in seguito, con il concetto di utilizzare direttamente la corrente delle reti di distribuzione e con quello di ridurre altresì ad un minimo il costo del gruppo alimentante il saldatore. Si sono perciò costruiti dei trasformatori monofasi con speciali caratteristiche in modo da poter sopportare le correnti di corto circuito prodotte durante le saldature. Questi trasformatori possono essere di due tipi differenti: o a dispersione magnetica variabile o a induzione variabile. Il primo tipo di

solito consiste in un nucleo nel quale si trova un avvolgimento fisso ed uno spostabile, oppure nel quale entrambi gli avvolgimenti sono fissi ma il nucleo è modificabile. Il secondo tipo invece consta di un trasformatore normale al quale è collegato un avvolgimanto induttivo a prese variabili ed il tutto è solitamente racchiuso entro un cassone metallico riempito d'olio. Questi trasformatori devono essere previsti per una tensione di accensione da 60 a 80 V e richiedono elettrodi sempre rivestiti ad eccezione di quelli aventi internamente un'anima di materiale opportuno atto ad impedire le ossidazioni ed a facilitare la fusione dell'elettrodo stesso. Il rendimento di questi trasformatori è solitamente buono (0,6÷0,9) e la corrente a vuoto è bassa; inoltre essi sono facilmente proteggibili contro l'umidità e le intemperie. In compenso hanno un pessimo fattore di potenza (0,3) che richiede pertanto il collegamento con una rete di alimentazione in grado di poterlo sopportare. Si può tuttavia correggere questo difetto mediante un condensatore statico.

Il processo di saldatura con corrente trifase è assai recente e viene eseguito alimentando i saldatori con un trasformatore di caratteristiche speciali. Sulla bassa tensione di questo uno dei conduttori viene fissato al pezzo da saldare e gli altri due servono invece per alimentare ciascuno un saldatore indipendente. Il rendimento di questo trasformatore è abbastanza buono quando entrambi i saldatori sono in azione, ma scema rapidissimamente quando uno di essi viene sostituito da una resistenza fittizia. Anche qui il basso fattore di potenza può essere corretto mediante un condensatore trifase. Con scarso successo si impiegano anche qualche volta entrambi gli elettrodi in un unico saldatore raggiungendosi in compenso il vantaggio di abbassare la tensione di accensione a 35 V e di migliorare assai il fattore di potenza.

Recentemente è apparso sul mercato anche un trasformatore rotante atto a dare la corrente di circa 150 periodi e avente un buon rendimento con un discreto fattore di potenza. La tensione impiegata in questa macchina è di 70 V e pertanto praticamente inoffensiva per gli operai addetti.

G. R. M.

IL DIAGRAMMA DI CARICO E GLI SCALDA-ACQUA IN SERVIZIO CONTINUO

Electrical World, 11 luglio 1931 – G. S. WILLIAMS.

L'A., direttore generale della Central Maine Power Co. (S.U.A.), non condivide le preoccupazioni che alcuni tecnici nutrono in merito all'inserzione continua sulla rete degli scalda-acqua a causa della eventuale ripercussione che ne può conseguire come aumento del carico di punta.

Nel 1928 la Società suddetta mise in funzione un nuovo impianto idroelettrico, capace di produrre 300 milioni di kWh annui, e siccome vi era in vista il collocamento di solo due terzi di tale quantitativo, così fu intrapresa una campagna per l'aumento del consumo domestico, che allora ammontava a soli 336 kWh annui per utente. Fra l'altro si pensò allo scalda acqua ad accumulazione come ad un ottimo creatore di carico e fu scelto il tipo della capacità di 190 litri, con resistenza riscaldante suddivisa in due sezioni, l'una di 1000 W e l'altra di 500 W. Al principio del 1931 erano in funzione 620 scalda-acqua che davano un consumo medio annuo ciascuno di 4080 kWh; il consumo medio per utente era così salito a 438 kWh annui.

Fu scelto il tipo di apparecchio a potenza relativamente ridotta allo scopo di limitare non solo il costo dell'attacco presso l'utente, ma anche la richiesta di energia sulla rete e sui trasformatori, così da evitare la necessità di un eventuale ampliamento dei medesimi. L'apparecchio di minor capacità, 115 litri, avrebbe richiesto una maggiore potenza, da 2 a 4 kW, per essere in grado di soddisfare alle esigenze del medio consumatore, dovendo venire necessariamente inserito con limitazione di orario, escludendo cioè le ore di punta giornaliera.

Il costo dello scalda-acqua da 190 l è di L. 2850 se a contanti e di L. 3135 se a rate, ed il costo medio di installazione, con condutture elettriche e tubazioni, è risultato di L. 540. Tali impianti vengono affidati ad installatori al prezzo di L. 3760, in modo che essi possano avere un buon incentivo per la propaganda e il collocamento degli apparecchi.

Anteriormente, la tariffa per cucina e riscaldamento era di L. 0,57 per kWh per le prime 30 ore mensili di utilizzazione, L. 0,38 da 30 a 90 ore, L. 0,285 da 90 a 300 ore e L. 0,19 al disopra delle 300 ore, con un minimo mensile di L. 38 per i primi 7 kW di potenza impegnata. Fu poi introdotta anche una tariffa speciale per gli scalda-acqua, a contatore indipendente di L. 0,285 per kWh, con minimo mensile garantito di L. 76.

Con l'aumentato consumo domestico il diagramma di carico si è già reso assai più uniforme e lo spauracchio della punta, che sinora aveva dato tante preoccupazioni e fatto eseguire tanti studi e tante elucubrazioni, va sempre più diminuendo di importanza.

Al giorno d'oggi non è più il caso di collocare presso gli utenti degli apparecchi utilizzabili solo con orario limitato; nella zona ciò fu esperimentato con le cucine, ma lo spostamento naturale dell'ora di consumo fra utente ed utente fu tale da far abbandonare senz'altro ogni idea di limitazione di orario, eliminando tutta la relativa e macchinosa apparecchiatura e le conseguenti spese e complicazioni.

Sorvegliando il funzionamento settimanale di 60 scalda-acqua, con una potenza totale installata di 90 kW, fu riscontrato che a mezzodì del sabato la punta raggiunse 50 kW, nella notte scese gradatamente sino a 10 kW e al mezzodì della domenica risalì a 40 kW. Il lunedì, giorno di bucato nello Stato di Maine, fra le 10 e le 13 si ebbe la punta massima di 54 kW e poi la potenza assorbita discese di nuovo gradatamente sino a 10 kW nella notte. Dal complesso delle prove risultò pertanto un fattore di spostamento nel consumo di circa 1,6 ed un fattore di carico complessivo di circa il 55 %, cosicchè si raggiungeva un consumo annuo di circa 4000 kWh per ogni scalda-acqua.

Qualora si riescissero a piazzare sulla intera rete 5000 scalda-acqua, per ciascuno di essi si dovrà calcolare una punta di 1500 : 1,6 = ∼ 900 Watt; il carico di punta totale, dovuto agli scalda-acqua, risulterebbe così di 4500 kW. In una azienda, come quella in questione, capace di supplire a richieste massime da 60 000 a 80 000 kW, un carico anche doppio o triplo di quello accennato non dovrebbe destare preoccupazioni, tanto più se vi è anche la possibilità di interconnessioni con le zone vicine. Basta difatti un forte annuvolamento sulla regione per portare uno spostamento di carico anche assai più sensibile.

L'A. perciò non ritiene che sia il caso di oberare l'utente domestico con limitazioni di orario e con l'impianto ed il nolo degli apparecchi relativi, ingombranti e costosi. Se mai il diagramma di carico può essere molto più efficacemente pareggiato mediante la vendita a speciali industrie di energia fuori punta. L'A. si riferisce alla sua azienda che ha una produzione quasi esclusivamente idroelettrica, in parte anche con serbatoio, e perciò, per far fronte ad aumenti nel carico di punta, auspica, se mai, l'impianto di qualche nuova unità idroelettrica nella centrale a serbatoio, come pure l'eventuale ausilio di una centrale termica di 20 000 kW per le evenienze straordinarie.

Mantenendo gli impianti presso l'utente i più semplici possibili, si può sperare di conseguire ancora un aumento del 25 % nei consumi per cucina, frigoriferi e scalda-acqua ed allora il consumo medio, nella zona della predetta Società, potrebbe salire a ben 1750 kWh annui per ogni utente domestico.

f. f.

---

kW E kWh NELLE ABITAZIONI COMPLETAMENTE ELETTRIFICATE

Elektrizitätswirtschaft, giugno 1931. – J. LAUFER.

Nelle condizioni odierne del mercato di vendita dell'energia elettrica interessa maggiormente considerare il consumo annuo in kWh anzichè il problema della punta di carico in kW provocata dagli apparecchi elettrotermici istallati nelle abitazioni; quest'ultimo problema però mantiene sempre la sua importanza.

Con la sola introduzione della cucina elettrica il consumo di una abitazione si accresce dal 500 al 1000 %; quando in seguito si aggiungesse lo scalda-acqua ad accumulazione e poi anche un frigorifero, allora si raggiungerebbe un aumento anche del 2000 al 3000 % rispetto al consumo primitivo per luce e piccoli apparecchi. Pochi anni fa un utente che avesse raggiunto un consumo annuo di 4000÷5000 kWh era ritenuto degno di una tariffa speciale, mentre adesso questi casi rientrano nelle tariffe generali.

Nel quartiere di abitazione « Heimat » della Città della Siemens, presso Berlino, si istituirono delle misure compara-

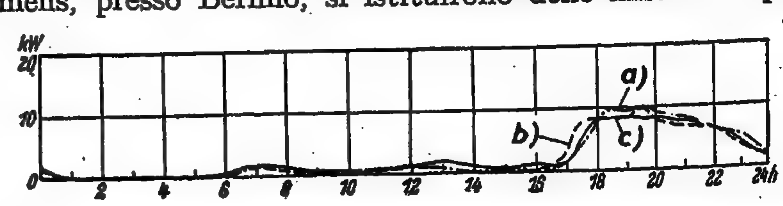


Fig. 1. - Diagramma giornaliero di carico per 90 abitazioni con cucine a gas.

a) martedì 14-X-1930, tempo bello;
b) mercoledì 22-X-1930, piovoso dopo le 14;
c) diagramma tipico feriale, ottobre 1930.

tive del consumo di energia elettrica fra due gruppi simili di 90 appartamenti ciascuno, uno equipaggiato con cucine elettriche e l'altro con cucine a gas (vedi fig. 1 e 2). Il gruppo elettrificato

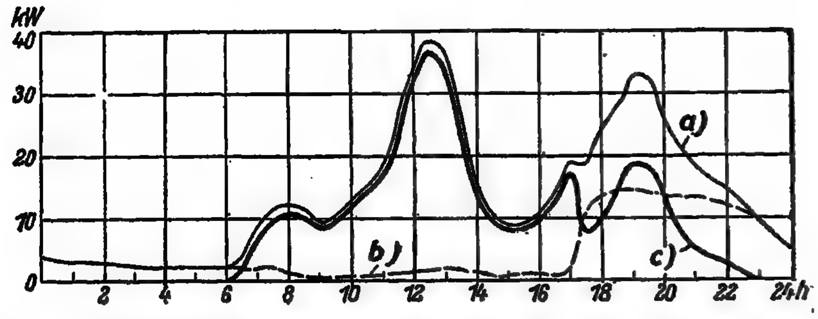


Fig. 2. - Diagramma giornaliero di carico per 90 abitazioni con cucina elettrica.

a) martedì 14-X-1930, tempo bello;
b) mercoledì 22-X-1930, piovoso dopo le 14;
c) diagramma tipico feriale, ottobre 1930.

comprendeva 375 camere ed aveva una popolazione di 307 persone, di cui 74 bambini; 29 famiglie avevano persone di servizio. Nella tabella qui di seguito è riportato il consumo mensile di energia elettrica per le 90 abitazioni completamente elettrificate, nonchè il consumo unitario per persona e per giorno. Occorre tener presente che, nel periodo estivo delle ferie, diminuisce il numero dei presenti e perciò aumenta il consumo unitario specifico.

Mese	Consumo complessivo kWh	Consumo giornaliero totale per persona
Aprile 1930........	9.967	1,105 kWh
Maggio »	10,170	1,07 »
Giugno »	8.745	0,9 »
Luglio »	8.635	0,909 »
Agosto »	9.818	1,04 »
Settembre »	11.108	1,205 »
Ottobre »	12.054	1,28 »
Novembre »	12.826	1,50 »
	83.323	1,11 kWh in media, di cui 0,89 per la cucina.

Nelle case con cucina a gas l'energia elettrica viene fornita a L. 0,91 per kWh, oltre al canone fisso, mentre nelle case completamente elettrificate il prezzo è di L. 0,32 per kWh tanto per riscaldamento che per luce, però con un canone fisso più elevato. Dall'aumento di consumo verificatosi nei mesi invernali e anche dai diagrammi delle figg. 1 e 2, appare come in queste ultime abitazioni, a causa del minor costo, si faccia un uso assai più largo e più facile di energia per illuminazione. Ciò è tipicamente dimostrato dalle curve *b*) delle figg. 1 e 2, riferentisi ad una giornata specialmente oscura e piovosa. Verso le 17 1/2 nel gruppo delle case col gas vi fu un aumento di soli 2,5 kW rispetto alla curva media, mentre per le 90 case elettrificate tale aumento fu di ben 14 kW e cioè circa 150 Watt di maggior carico per ognuno degli appartamenti fruenti di una tariffa speciale estensibile anche all'uso per illuminazione. Certamente la

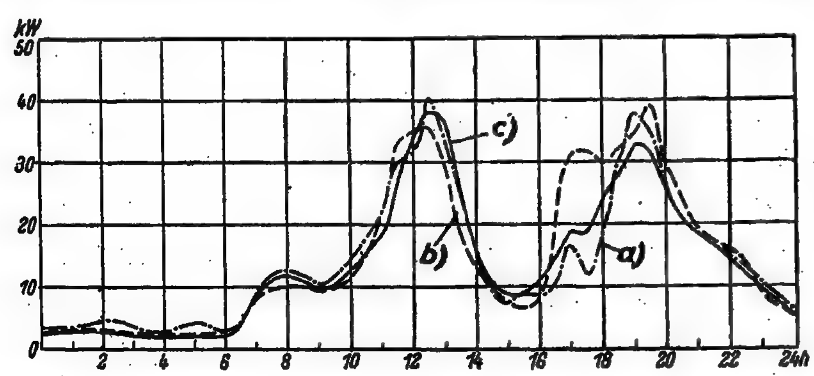


Fig. 3. - Diagramma tipico di carico giornaliero per giorni feriali, ottobre 1930, 90 abitazioni.

tariffa binomia unica, con prezzo assai ridotto per kWh, esercita in simili casi un grande impulso sul consumo, ma non occorre esagerarne l'importanza. L'A. considera anche il caso di una tariffa binomia per il consumo luce e per piccoli apparecchi e di una tariffa speciale per il resto; quando si tratta di sola cucina anche questa può essere ancora binomia, ma quando si addivenga anche all'adozione di scalda-acqua essa dovrà essere possibilmente semplice e molto ridotta.

Sono inoltre riportati i risultati delle misure eseguite nel quartiere « Heimat » allo scopo di stabilire la variazione di carico sulla rete dovuta alle applicazioni domestiche, considerando tanto la singola abitazione che gruppi di appartamenti mano mano crescenti sino a comprendere 490 abitazioni.

Le fig. 3 e 4 rappresentano la variazione giornaliera del carico per un gruppo di 90 abitazioni, fornite di cucina elettrica, con la separazione della parte del carico dovuto alla cucina e quella

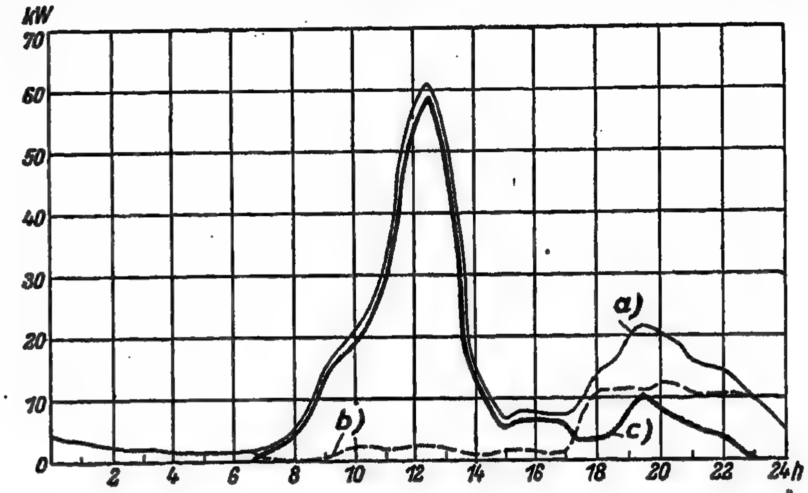


Fig. 4. - Diagramma di carico giornaliero festivo, ottobre 1930, 90 abitazioni.

dovuta alla luce ed ai piccoli apparecchi elettrodomestici, rispettivamente per un giorno medio feriale del mese di ottobre 1930 e per un giorno festivo del mese stesso. Nel mese di febbraio 1931 le misurazioni si estesero sopra un numero di abitazioni che variò da 344 a 371, dal principio alla fine del mese, e nel maggio 1911 sopra 490 abitazioni. Dai diagrammi relativi si rileva che la quota media di carico massimo per ciascuna abitazione fu nel febbraio, dalle 16 alle 17, di circa 300 Watt nei giorni feriali, salendo il sabato a 450 Watt e la domenica a 550 Watt. Nei giorni feriali del maggio la quota di carico per abitazione presentava tre punte quasi eguali, di 200, 180 e 140 Watt, alle 13, alle 17 e alle 21, mentre al sabato e alla domenica la punta delle 13 saliva a quasi 400 Watt, quella delle 17 scompariva e quella delle 21 si riduceva a 100÷140 Watt.

f. f.

PRINCIPII FONDAMENTALI SUL NOLEGGIO DEGLI SCALDA-ACQUA

Elektrizitätswirtschaft, giugno 1931. – H. Wasserzier.

Questo studio riguarda più specialmente l'opera svolta dalla Azienda Elettrica di Berlino (BEWAG) per la diffusione, sulla sua rete, degli scalda-acqua elettrici ad accumulazione di calore. Si ritiene che il prezzo di L. 0,27 per kWh, per energia elettrica notturna, sia ben sopportabile dagli utenti, e d'altra parte conveniente per l'azienda elettrica giacchè, quando si tratta di determinare il prezzo dell'energia notturna, non dovrebbero essere tenuti in conto l'interesse e l'ammortamento del capitale d'impianto. Gli scalda-acqua ad accumulazione, con il loro consumo di energia praticamente uniforme durante tutta o quasi tutta la notte, rappresentano un riempimento ideale per la depressione notturna del diagramma di carico e, qualora sia desiderabile, possono essere chiamati a fare da riempitivo, alle stesse condizioni di tariffa, anche per la depressione, più breve, che si verifica presso molte aziende elettriche intorno al mezzogiorno.

A Berlino l'acquisto di uno scalda-acqua della capacità di 80 litri, con le spese d'impianto, accessori, ecc., costa oggi ad un privato circa 1800 lire. Date le condizioni economiche attualmente prevalenti si sarebbe avuta ben scarsa richiesta di tali apparecchi qualora se ne domandasse il pagamento a contanti o anche a rate entro uno o due anni; pertanto la BEWAG, seguendo l'esempio di altre aziende elettriche tedesche, ha adottato il sistema del noleggio. Si è ritenuto anzitutto necessario di conglobare nella rata di nolo anche tutte le spese di impianto ed accessorie e si è cercato di evitare all'utente, il più possibile, ogni intralcio burocratico procurando di dargli l'impianto funzionante senza che egli avesse da preoccuparsi di dover comunque pensare all'installazione ed al montaggio dell'apparecchio; al cliente rimane soltanto da scegliere, con il consiglio disinteressato e competente di apposito personale specializzato dell'azienda, il tipo di impianto che più si confaccia ai suoi particolari bisogni. L'impianto viene allora eseguito e all'utente non resta che l'obbligo di corrispondere regolarmente le rate di nolo.

L'azienda elettrica è naturalmente la più adatta per esercitare il noleggio degli scalda-acqua ai proprii utenti, questo rappresentando per essa una attività intesa ad allargare la vendita dell'energia, e non scopo a sè stessa, cosicchè essa può perciò limitare il guadagno relativo al minimo strettamente necessario, e, pur avendovi ancora la sua convenienza, realizzare condizioni veramente allettanti per il consumatore.

Prima di decidere l'adozione del noleggio degli scalda-acqua la BEWAG, in collaborazione con i fabbricanti del ramo, intraprese seri studi sulla tecnica degli apparecchi in questione e anzitutto si addivenne ad una standardizzazione di tipi, che diede origine alla pubblicazione del Normenblatt N. 4902 della Unione delle Aziende Elettriche Tedesche. Primo risultato di esperienze durate alcuni anni fu quello di doversi senz'altro scartare, per Berlino, a causa della qualità dell'acqua, i recipienti di ferro a pressione poichè a capo di un paio d'anni venivano distrutti da azioni elettrolitiche; d'altra parte, a causa del costo elevato, non era il caso di ricorrere a recipienti in rame cosicchè non rimasero in campo che i tipi a bassa pressione e cioè quelli a scarico totale o a svuotamento e quelli a sfioratore o ad efflusso libero. I secondi erano da preferirsi sia perchè si prestavano meglio per il funzionamento automatico sia per il loro maggior rendimento termico; tutto ciò procedeva con piena soddisfazione sinchè si consideravano gli apparecchi da 30 a 50 litri adatti per le cucine, ma si vide subito che, a Berlino, vi era una ben maggior richiesta di apparecchi per uso di bagno, per il quale occorre al minimo il tipo da 80 litri, che difatti oggi comprende il 60 % degli scalda-acqua istallati in Berlino. Per quanto presentasse la possibilità dell'applicazione della doccia, il tipo a sfioratore o a efflusso libero aveva il difetto di non permettere che un unico punto di erogazione e presentava anche l'inconveniente di dar luogo ad un fastidioso gorgoglìo in occasione della chiusura della valvola di troppo-pieno; data la necessità di non abbandonare il tipo a bassa pressione fu trovato allora, dai tecnici della BEWAG, il modo di evitare il gorgoglìo mediante una speciale aereazione e furono costruiti dispositivi mercè i quali si poterono, anche per lo scalda-acqua a sfioratore, moltiplicare i punti di erogazione dell'acqua calda.

Gli attacchi elettrici furono eseguiti con fili flessibili e gli attacchi idraulici per mezzo di giunti a premistoppa in maniera da ridurre al minimo il lavoro da farsi in casa dell'utente e da rendere facile la eventuale sostituzione dell'apparecchio. Allo scopo di assicurare una perfetta ed uniforme posa in opera sono state compilate 25 tavole di schemi di installazione, cosicchè basta consegnare all'istallatore, volta per volta, la tavola corrispondente all'impianto che egli deve eseguire.

Si è constatato infine che il massimo successo nel collocamento degli scalda-acqua elettrici si è ottenuto quando il nolo è stato comprensivo non solo delle spese di installazione, ma anche di quelle di manutenzione e di eventuale riparazione dello scalda-acqua e ormai un anno e mezzo di esperienza ha dimostrato la perfetta convenienza per tutti di un simile sistema.

f. f.

---

r) LE CUCINE ELETTRICHE DOMESTICHE IN 36 RATE MENSILI

Elektrizitätswirtschaft, giugno 1931. – W. STRECKER.

La cucina elettrica è conveniente per tutti i ceti della popolazione; non sarebbe valsa certamente la pena di tutti gli studi, ricerche e propaganda eseguiti sin qui, qualora essa avesse dovuto rimanere soltanto un privilegio delle famiglie benestanti. Le sue caratteristiche di minor fatica e minor tempo richiesti e di maggior igiene nel cucinare rappresentano infatti le principali esigenze di qualunque donna di casa.

Molte Aziende elettriche hanno già adottato tariffe adeguate per il consumo di energia elettrica per cucina, ma oltre a quello dell'esercizio vi è anche, e precipuo, il problema dell'acquisto della cucina.

Ai tempi d'oggi, con un costo di L. 540 per un fornello da tavolo a due piastre ed un fornetto elettrico, e di almeno L. 860 per una cucinetta completa smaltata bianca (da noi, in Italia, tali prezzi sono, per ora, alquanto più elevati), non vi è da sperare di fare grandi affari, anche con pagamenti a rate a breve termine (12 o anche 18 mesi).

In vista di ciò la *Eltgas*, Società di credito per la diffusione dell'elettricità e del gas, ha offerto alle 58 aziende elettriche della Sassonia e della Turingia, ad essa associate, uno speciale sistema di vendita a lunga scadenza e cioè in 36 rate mensili.

La *Eltgas* fu fondata nel 1927 da Aziende elettriche e di gas e da banche con un capitale di L. 2 250 000. Nel 1930 contava 87 aziende associate, 58 elettriche e 29 di gas, e in tale anno il movimento di affari di noleggi e vendite a rate raggiunse l'importo di 18 milioni di lire.

Già con il sistema di « noleggio con acquisizione di proprietà », adottato dall'agosto 1929 per gli scalda-acqua ad accumulazione di calore, si era potuto constatare l'effetto decisivo che ha sulle vendite il sistema con ratizzazione a lunga scadenza. Le richieste per gli scalda-acqua salirono in media al quintuplo di quelle che si sarebbero potute conseguire col pagamento a contanti o a rate in 12 mesi.

Il nuovo sistema speciale di pagamento per le cucine elettriche ha la durata di estinzione fissata in 3 anni ed avviene cioè mediante 36 rate mensili. Non si sono adottati i 5 anni, come per gli scalda-acqua, perchè, per le cucine, il progresso tecnico è ancora in sviluppo ed esse sono maggiormente soggette alla possibilità di sollecitazioni straordinarie.

In luogo del pagamento di un acconto si è introdotto l'obbligo del preventivo acquisto « a contanti » di una batteria di stoviglie speciali per la cucina elettrica; il costo medio di tale batteria corrisponde all'incirca al 10 % del costo della cucina.

Si sono scelti vari tipi normali di cucine da vendere con tale sistema di pagamento; sono ammesse variazioni solo a giudizio degli uffici tecnici dell'azienda elettrica interessata. Si è dovuta evitare una troppo angusta restrizione di tipi a causa della vastità della zona abbracciata dall'attività dell'*Eltgas* e dei differenti modi con cui le varie aziende conducono la propaganda per l'introduzione delle cucine elettriche.

Per quanto riguarda la grandezza, il fornello a due piastre rappresenta il limite inferiore; non ci si è voluti espressamente limitare alle sole cucine complete per potere far sì che l'utente avesse la possibilità di formarsi un complesso di suo gradimento, mediante l'unione di singoli fornelli e forni; in tal modo si è allargato il campo delle possibili applicazioni, specialmente popolari.

Il sistema speciale di pagamento prevede una maggiorazione del 15 % complessivo sul prezzo a contanti dell'apparecchio e ciò a copertura della spesa di interessi e, in parte, delle spese di riscossione e contabilità.

La spesa per l'impianto della cucina è conteggiata a parte e per essa possono venire concessi pagamenti suddivisi sino a 12 rate mensili.

Esaminiamo ora, sotto i diversi punti di vista del compratore, dell'azienda elettrica e dell'istallatore, il comportamento del sistema speciale di pagamento suddescritto.

Il compratore vuole arrivare ad avere una buona cucina al minimo prezzo. La maggiorazione per il pagamento rateale è stata, sino dagli inizi dell'attività dell'*Eltgas* nel 1927, tenuta sempre la più ridotta possibile e nel nostro caso al 15 %, essendosi inoltre inserita in contratto anche la clausola del bonifico di 1/3 % mensile di interesse sopra l'intero ammontare residuo in caso di anticipato pagamento a saldo.

Nello stabilire il prezzo di vendita a contanti occorre aver incluso in esso tutte le spese inerenti, in modo che il prezzo di vendita dell'energia venga scaricato da qualunque eventuale aggravio riflettente la vendita della cucina, cosicchè la tariffa dell'energia a scopo di cucina possa essere ridotta ad una vera tariffa di propaganda. Le singole aziende dovranno cercare di comperare bene ed ai minimi prezzi per mantenere basso il costo di acquisto delle cucine da parte degli utenti; per 6 tipi più correnti la *Eltgas* ha però ritenuto opportuno di stabilire un prezzo unitario uniforme in tutte le zone delle varie associate e in base a tali prezzi unici sono stati fissati come segue gli importi delle rispettive rate mensili.

TIPO	Denominazione	Rata mensile	
Fornello a 2 piastre	Standard 1	L.	7,30
Forno tubulare	Standard 2	»	10,00
Cucina popolare a 2 piastre, nera	Standard 3*a*	»	23,70
Idem, smaltata bianca....	Standard 3*b*	»	27,30
Cucina economica, nera ..	Standard 4*a*	»	29,60
Idem, smaltata bianca....	Standard 4*b*	»	33,25

L'unicità di queste rate, oltre che a semplificare la vendita e rendere difficili gli errori, ha dimostrato in pratica una grande efficacia di propaganda. In tale prezzo a rate, tranne la spesa d'impianto per la messa in opera, è compreso ogni cosa e cioè: costo d'acquisto, porto ed imballo, allacciamento (all'impianto esistente od appositamente fatto), utile del venditore, spese di magazzinaggio e di consegna, spese per incasso rate e contabilità relativa, interesse al capitale con considerazione anche del rischio.

L'importo del pagamento a rate risulta in tal modo dall'80 % all'85 % del prezzo di listino, oltre porto e imballo, dei vari apparecchi. Ciò si è potuto ottenere sia beneficiando del grande smercio, sia mettendo in concorrenza i vari fabbricanti, facendo valere anche la prospettiva di una vendita sempre più estesa.

L'Azienda elettrica vuole essere preservata da possibili perdite in simile affare. Si sono mantenute pertanto le clausole ordinarie dei contratti a rate o a noleggio; anzichè un acconto diretto si è però preferito, come già detto, di esigere l'acquisto a contanti della necessaria batteria da cucina, per la quale del resto, in caso di mancato pagamento, era difficile rifarsi mediante la riserva di proprietà, che invece rimane in vigore per la cucina insieme alle clausole di rivendicazione del residuo, della scadenza del debito rimanente ecc. Per il caso di trasloco di domicilio è inserita la clausola seguente: « *Il compratore*

ha il dovere di comunicare per iscritto all'Azienda, almeno 14 giorni prima, il cambiamento di domicilio. Per il trasloco entro la medesima zona di distribuzione il compratore può trasportare la cucina a sue spese, continuando a pagare le rate al suo nuovo domicilio. Con l'assenso dell'Azienda il subentrante nella casa può subentrare anche nel contratto di acquisto a rate della cucina elettrica. In tutti gli altri casi il compratore è obbligato a pagare interamente a saldo la cucina prima ancora dello sgombero ».

Ciò si risolve in un rigore un po' draconiano per l'utente che debba traslocare, per esempio, in una zona dove non esista una tariffa sopportabile per l'energia elettrica a scopo di cucina. In questo caso però soccorre la consuetudine che la singola Azienda elettrica, pur evitando di assumere a priori l'obbligo, esamina sempre benevolmente la possibilità della restituzione della cucina per darla poi essa a nolo o per rivenderla a prezzo di occasione, oppure ne procura il collocamento presso un altro interessato.

Come in tutti i casi di pagamenti a rate vi sono anche qui altri mezzi di protezione, come l'opportunità o meno di credito al compratore già precedentemente utente di energia elettrica, nonchè la possibilità di interrompere la fornitura di corrente per tutti gli usi. Sopra 55 milioni di lire di apparecchi smerciati con i sistemi dell'*Eltgas*, le Aziende associate hanno dovuto ricorrere solo rarissimamente al taglio dei fili; le perdite nell'ultimo anno sono rimaste al disotto dell'1/8 %, cosicchè il rischio si può dire sia veramente assai limitato.

Gli installatori devono poter partecipare all'insieme dell'affare ed avervi il loro tornaconto. Data la molteplicità delle Aziende associate si deve tenere conto della diversità dei rapporti fra Azienda elettrica ed istallatori; vi sono Aziende che vendono esse stesse le cucine e ne fanno da sè l'installazione, come quelle che fanno o l'una o l'altra cosa oppure nessuna delle due ed anche vi sono Aziende che hanno stretto con i propri installatori una società per la vendita.

Fondamentalmente pertanto per l'istallatore e il negoziante specializzato non deve risultare diverso che l'affare venga concluso a contanti oppure a rate con il sistema dell'*Eltgas*. In quest'ultimo caso vi è unicamente da riempire un modulo di pagamento rateale da far firmare dall'utente, da munire poi della firma della ditta venditrice e da rimettere all'Azienda elettrica, che entro 5 giorni darà il suo consenso. Ottenuto questo l'istallatore o il negoziante possono consegnare la cucina. La batteria speciale deve essere immediatamente pagata a contanti. Non appena ha in mano il bollettino di consegna sottoscritto dal compratore, sul quale deve essere indicata anche l'avvenuta consegna della batteria da cucina, l'Azienda elettrica accredita al venditore il prezzo indicato sul modulo. Veramente l'azienda detrae per sè un diritto di vendita, fissato nella misura del 4 %, ciò che è assai ridotto data la lunga ratizzazione. Per coprire tutte le spese dei 3 anni rimane dunque all'azienda il 15 % del cliente ed il 4 % del venditore. L'esperienza ha dimostrato che tali cifre corrispondono bene.

La *Eltgas* fa pertanto esclusivamente la parte finanziaria nei confronti dell'Azienda elettrica ed è completamente estranea alle relazioni di affari fra cliente, istallatore (o negoziante) e Azienda elettrica. L'istallatore a sua volta mantiene la massima libertà nella conclusione dell'affare anche riguardo al prezzo, tranne che la singola Azienda non abbia fissato speciali direttive in merito.

Solo per i tipi unificati (*standard*), di cui sopra, la ditta venditrice deve ritirare la cucina dall'Azienda, o ciò che equivale, farla consegnare per mezzo dell'Azienda al compratore. Le Aziende elettriche, pur tenendo conto del bonifico del 4 % a loro favore, sono ancora in grado di assegnare una provvigione agli istallatori o negozianti che hanno realizzato la vendita, che varia da L. 32 per un fornello a 2 piastre a L. 133 per una cucina popolare bianca. Questo sistema ha dato sin qui ottimi risultati e del resto fu stabilito in collaborazione con un membro della Unione Imperiale degli Istallatori.

Oggi buona parte delle Aziende elettriche tedesche hanno adottato adeguate tariffe per il consumo di energia a scopo di cucina ed è importante notare la crescente tendenza ad unificare tale prezzo, ciò che non potrà che portare il massimo vantaggio per la diffusione di questa applicazione.

Adesso che le statistiche dimostrano una stasi ed un regresso nel consumo di energia a scopo industriale è grandemente desiderabile di estendere il più possibile il consumo domestico, ma nelle condizioni economiche odierne ciò si può ottenere unicamente ricorrendo al pagamento rateale a lunga scadenza degli apparecchi necessari per le più importanti e più fruttuose applicazioni domestiche dell'elettricità.

f. f.

PROCEDIMENTO SEMPLIFICATO PER DETERMINARE IL CARICO DI PUNTA DOVUTO ALLE CUCINE ELETTRICHE

Elektrizitätswirtschaft, giugno 1931. – F. Mörtzsch.

Per la verifica della sufficienza degli impianti elettrici di distribuzione o per la progettazione dei loro ampliamenti è importante poter determinare a priori l'aumento di carico massimo dovuto all'allacciamento di un dato numero di cucine elettriche, anche se di potenza singola non uniforme.

La quota di punta di carico competente a ciascuna cucina decresce fortemente con l'aumentare del numero delle cucine facenti parte del gruppo considerato e dipende anche, naturalmente, dalla potenza nominale delle cucine istallate. Quando si arriva ad un centinaio di unità si è trovato che la quota unitaria varia da 0,9 kW per cucine complete (5,5 a 6,5 kW ciascuna) a 0,7 kW per piccole cucine (3 a 4 kW ciascuna); questi valori vengono raggiunti nei giorni festivi, quando si fa maggior uso dei forni, e si riducono del 20÷30 % nei giorni feriali.

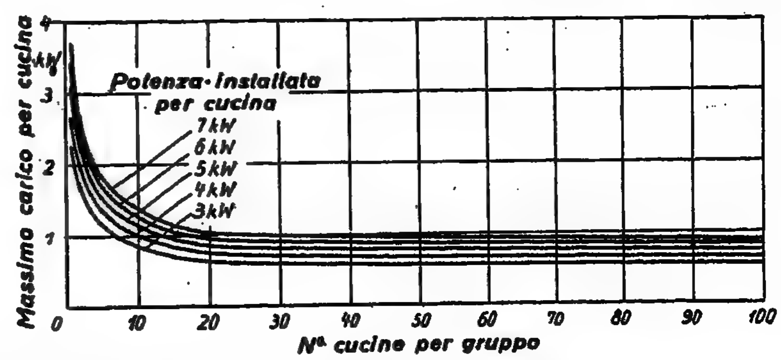


Fig. 1. - Carico massimo unitario per cucina in funzione del numero delle cucine del gruppo.

La fig. 1 mostra le curve di variazione della massima richiesta unitaria per cucina in funzione del numero di cucine costituenti il gruppo considerato e a seconda della potenza nominale di ogni singola cucina. In base a tali curve sarebbe sempre possibile, ma piuttosto fastidioso, di ricavare il valore della massima richiesta di un gruppo di cucine, anche di potenze singole differenti. Il calcolo però si può semplificare grandemente considerando, anzichè il numero delle cucine, quello dei « posti di cottura » (singoli fornelli, forni ecc.) contenuti nelle cucine stesse. Per esempio una cucina da 3 o 4 kW con 2 piastre e 1 forno conterà per 3 posti di cottura; una da 5 o 6 kW con 3 piastre e un forno, per 4 posti di cottura; una da 6 o 7 kW con 4 piastre e 1 forno, per 5 posti di cottura; e così analogamente in altri casi.

Partendo dalle diverse curve della fig. 1 si sono calcolati varii punti di un diagramma rappresentante la relazione fra la percentuale della potenza totale istallata, che rappresenta la punta di carico effettiva del gruppo di cucine, e il numero dei posti di cottura delle cucine costituenti il gruppo stesso. I varii punti così calcolati individuano, con uno scarto massimo del 3 %, una curva, la cui equazione può scriversi come segue:

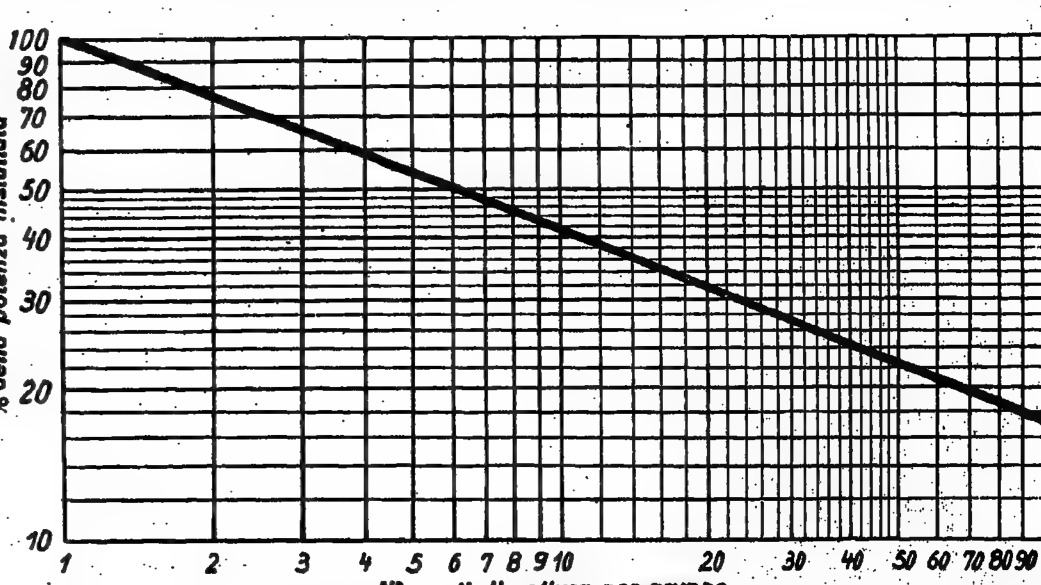


Fig. 2. - Carico percentuale del totale istallato costituente il carico massimo richiesto dal gruppo di cucine in funzione del numero dei posti di cottura.

$$y = \frac{c}{x^a} \qquad (1)$$

nella quale y è la percentuale cercata, c una costante eguale a 100 nel nostro caso, x è il numero dei posti di cottura ed a una

costante, almeno entro certi limiti determinati di x, che si è trovata eguale a 0,385 per i valori di x compresi fra 0 e 100.

Ne risulta che, adottando una rappresentazione con doppia scala logaritmica, la curva si trasforma in una retta di inclinazione α, tale che $\tan \alpha = 0{,}385$; simile diagramma è rappresentato nella fig. 2 ed è di uso molto semplice e comodo.

Per un numero di posti di cottura superiore a 100 la legge di variazione, ricavabile dalle curve della fig. 1, è diversa e varia pure l'inclinazione della retta della fig. 2, variando il coefficiente a della equazione (1).

f. f.

t) SUI DANNI FISIOLOGICI E LA MORTE APPARENTE CAUSATI DALL'ELETTRICITA' E SUI NUOVI DOVERI DEL MEDICO E DELL'ELETTRICISTA

Bulletin de la Société Francaise des Electriciens, N. 7, luglio 1931. – DR. STEFAN JELLINEK.

Le opere di d'Arsonval intitolate « Pericoli dei generatori meccanici di elettricità: mezzi per evitarli » e « La morte causata dall'elettricità nell'industria, suoi effetti fisiologici, mezzi di prevenzione », apparse nei Rendiconti dell'Accademia delle Scienze nel 1885 e nel 1887 non sono affatto cose trapassate, e si leggono ancora come se fossero state scritte di recente. Più importante è certo il suo capolavoro intitolato « L'autoconduzione e nuovo metodo di elettrificazione degli esseri viventi », di cui parlò per la prima volta nel febbraio 1891, alla Società di Biologia e per il quale fu insignito poi del premio La Caze dell'Accademia delle Scienze.

La scoperta ingegnosa del fenomeno fisiologico dell'autoconduzione può essere paragonata, nella sua essenza e nella sua concezione, alla scoperta di Faraday concernente il fenomeno fisico dell'induzione; essa ha ricevuto soltanto oggi, cioè dopo 40 anni, la sua valorizzazione, in grazia dello sviluppo della T.S.F. L'elettropatologia, per quello che concerne gli effetti locali, cioè le ferite nei punti in cui l'elettricità entra nel corpo, è questione piuttosto medica; ma interessa ugualmente l'ingegnere poichè egli è di solito il primo, spesse volte il solo, che debba occuparsi del colpito; per esempio nei montaggi molto distaccati, nelle colonie, ecc.

Una volta qualunque lesione era considerata come scottatura e trattata come tale. Da ricerche sistematiche si è invece appurato che, oltre alle scottature, vi è ancora un genere di lesioni locali che, per il loro aspetto e per il loro decorso, si differenziano completamente dalle scottature. Infatti la vera



Fig. 2.

ferita elettrica non ha nessun rapporto con la scottatura e si distingue per una tendenza straordinaria alla guarigione; essa guarisce mediante una cicatrizzazione favorevole, perfino nei punti in cui sono state messe a nudo parti dell'osso o delle articolazioni. Le fig. 1 e 2 rappresentano i casi di ferite che hanno distrutto profondamente la parte ossea e l'articolazione rispettivamente del gomito e del ginocchio, e che pertanto riacquistano in pieno la loro funzione mediante una *terapia puramente conservatrice* (senza amputazioni di sorta).

Nella lesione elettrica vi è l'assenza assoluta del dolore; ciò prova che vi è *netta separazione* fra marchio elettrico e scottatura elettrica; quest'ultima è seguita da dolore come la normale scottatura.

Il carattere di parecchie lesioni locali non è affatto causato



Fig. 1.



Fig. 3.

dall'*azione termica* dell'elettricità, ma da un'azione ***puramente meccanica***. Basta, per dimostrarlo, ricorrere all'esame microscopico o radiologico delle ossa lesionate dalla corrente elettrica (fig. 3); all'interno della struttura ossea, si notano disegni d'una



Fig. 4.

finezza estrema, invisibile a occhio nudo, spesso abbastanza pronunciati, a forma di dendriti. Essi mostrano fino all'interno il cammino seguito dall'elettricità, svelano la natura di questa dissociazione e indicano la terapia da seguire.

Per quel che riguarda gli effetti generali della scarica elettrica sul corpo, si sa che parecchi sintomi provengono da un aumento della pressione del liquido cerebrospinale; in questi casi, in cui l'esistenza è minacciata, si è riusciti il più delle volte, mediante punture lombari, a salvare dei morenti. *L'effetto decisivo di questa operazione* (puntura lombare) per combattere i sintomi sui colpiti dalla scarica elettrica (fig. 4, 5 e 6), è assai poco conosciuto e di conseguenza l'operazione è disgraziatamente eseguita ben rare volte.

Un altro risultato, non meno importante, della clinica elettropatologica, consiste nell'essere *sempre pronti ad arrestare delle emorragie*, poichè può capitare che da una ferita di aspetto insignificante, scaturisca ad un tratto un'emorragia di entità tale da condurre tosto a morte il paziente per dissanguamento.

La causa di queste emorragie è nella formazione delle trombosi sulle pareti vasali, oppure nella deteriorazione della struttura del tessuto vasale, poichè il sangue e i suoi sali sono buoni conduttori dell'elettricità e, per conseguenza, i vasi devono sostenere la scossa principale della scarica elettrica.

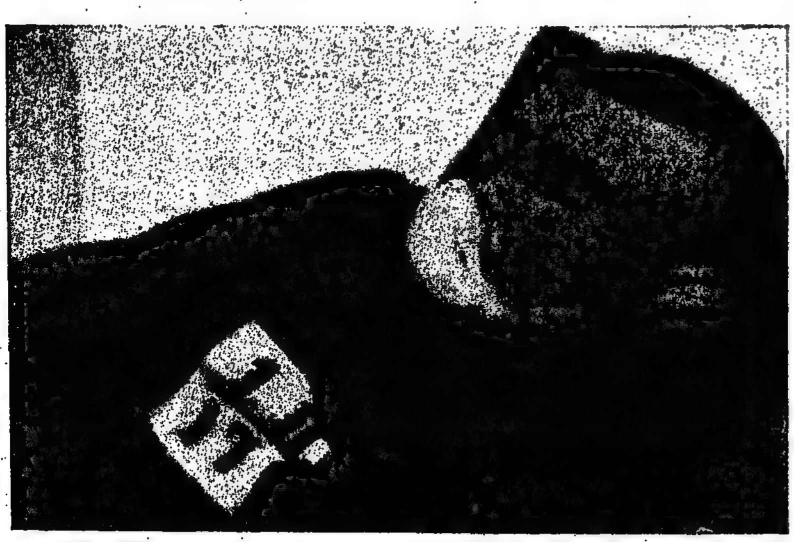


Fig. 6.

Per quel che concerne la rianimazione delle vittime vale ancora oggi la tesi di d'Arsonval formulata nel 1884 e cioè: « Un colpito dalla scarica elettrica deve essere trattato come un

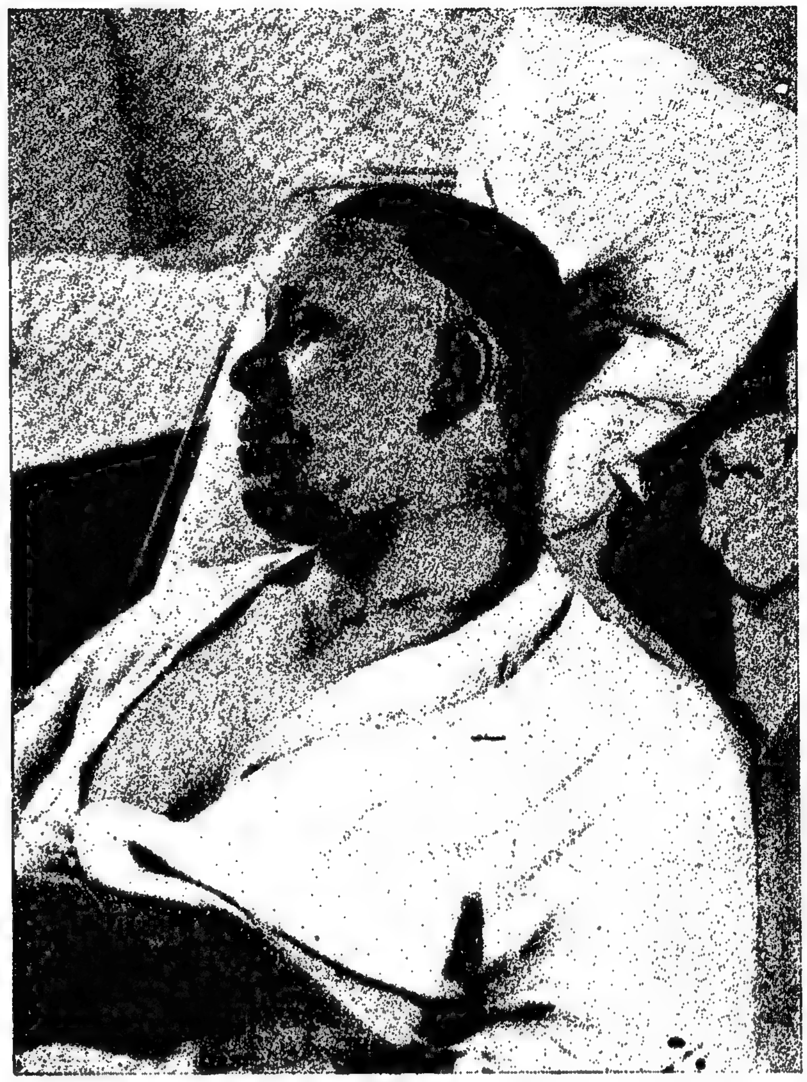


Fig. 5.

annegato ». La respirazione artificiale sarà sostenuta con punture endovenose, punture lombari e mediante l'inalazione di un po' di acido carbonico. Perciò l'antica dottrina che considerava come mortali le tremulazioni fibrillari del cuore è stata abbandonata dopo esperienze su persone e su animali. Ciò è stato dimostrato mediante registrazioni elettrocardiografiche (fig. 7);

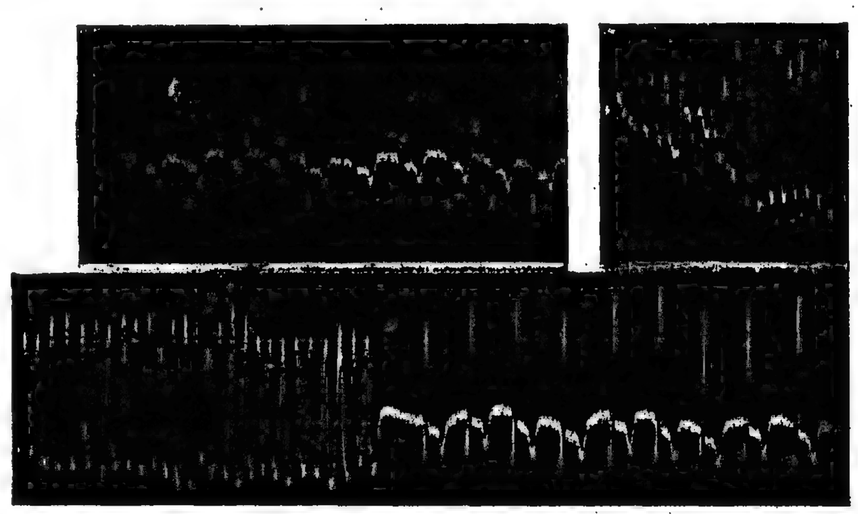


Fig. 7.

in esse le tremulazioni fibrillari del cuore, causate dalla scarica elettrica, scompaiono completamente coi primi soccorsi, e il ritmo normale del cuore vien tosto ristabilito. Per cui il pessimismo riguardante la questione della rianimazione, in conseguenza del quale molte vittime erano abbandonate senza soccorso, ha perduto ogni fondamento in grazia a queste ricerche, e in conclusione il numero dei rianimati aumenta ogni giorno.

P. P.

Sommarî

A. E. G. Mitteilungen, settembre 1931: « Motori elettrici ad albero verticale per comando di pompe di drenaggio dei pozzi delle miniere ». – L. Romig.

Ricordata l'importanza del servizio delle acque nelle miniere l'A. descrive e illustra un gruppo motopompa specialmente stu-

diato per il drenaggio delle acque nei pozzi delle miniere stesse. Il gruppo è composto di un motore asincrono ad albero verticale e del tipo completamente chiuso, accoppiato direttamente a una pompa. Il gruppo è installato in uno chassis composto da profilati, che porta anche la tubazione di aspirazione e la prima parte di quella di scarico, e che viene calato nei pozzi per mezzo di un verricello. Si ha così un ingombro minimo, ciò che è di importanza capitale per il servizio, nonchè una notevole elasticità d'esercizio aumentata anche dalla disposizione molto razionale scelta per il montaggio della intera tubazione di scarico, nonchè per il cavo d'alimentazione e tutti gli altri accessori e particolari.

L'A., dopo aver descritto e illustrato tali particolari dà in una tabella i principali dati per alcuni di tali gruppi installati e si dilunga poi su quello installato nell'impianto « Hattarf » di Philippstal a. d. Werra che è uno dei più importanti costruiti avendo una portata di 6 mc/minuto, una prevalenza di 320 metri e un motore da 700 HP a 1500 giri.

Sui particolari tecnici indicati dall'A. si possono ricordare quelli sui motori di comando, completamente chiusi, ad albero verticale e raffreddati o da un sistema combinato ad aria ed acqua o da ventilazione esterna, quelli sui supporti del motore di comando, punto naturalmente molto delicato, che richiede cure particolari, per il quale l'A. descrive e illustra qualche realizzazione, e quelli sulle caratteristiche elettriche di tali motori, che sono in generale con rotore in corto circuito e per i quali si sono ultimamente provati anche i tipi a doppie scanalature.

A. Bs.

Libri ricevuti

Associazione Nazionale per la Prevenzione degli Infortuni sul Lavoro: *Relazione sull'attività dell'Associazione nell'anno* 1929. è (Arti Grafiche Milanesi).

La pubblicazione presentata sotto una ottima veste tipografica riesce particolarmente interessante in quanto il lettore scorrendo le pagine, può rendersi perfettamente edotto del modo con il quale l'A.N.P.I. assolve il complesso compito, affidatole dal Governo Nazionale, sotto la appassionata e solerte guida del suo Direttore Generale Ing. Francesco Massarelli.

A. E. G.: *Rapporto Tecnico Annuale* 1930.

Circolo Giuridico di Milano: *Riforme Fasciste del Diritto Pubblico* - Conferenze - (Ed. Dott. A. Giauffrè, Milano, 1930. L. 10).

Service Fédéral des Eaux: *Annuaire Hydrographique de la Suisse* - 1930 – (Berna 1931. Fr. 30).

Touring Club Italiano: *Il Laboratorio dell'Istituto Sperimentale Stradale nel periodo* 1919-1930. (Milano 1931).

Notiziario

a)

FONDAZIONE POLITECNICA ITALIANA

Il giorno 14 ottobre si è riunito in Milano, presso la Società Edison, il Consiglio direttivo della Fondazione Politecnica Italiana, l'ente creato e presieduto dall'On. Ing. Giacinto Motta per il patrocinio degli studi di ingegneria in genere e in ispecie del Politecnico di Milano.

La riunione ha approvato il bilancio al 31 luglio scorso, il quale presentava un patrimonio inalienabile di circa 2 200 000 lire, oltre ad un fondo disponibile per erogazioni di circa 6 milioni di lire.

Ha in seguito ratificato i seguenti contributi versati nell'esercizio decorso:

L. 270 000 al Politecnico di Milano, come seconda annualità per il funzionamento delle Scuole di elettrotecnica e termotecnica per ingegneri;

L. 50 000 allo stesso Politecnico per la Scuola d'ingegneria stradale Cav. Angelo Puricelli; altre

L. 100 000 allo stesso Politecnico per far fronte ad esigenze del suo bilancio ordinario;

L. 4 000 per il corso di tecnica urbanistica istituito dal Prof. Chiodi presso il nostro Politecnico;

L. 8 000 all'Istituto Radiotecnico italiano presso il R. Istituto tecnico Carlo Cattaneo di Milano;

L. 20 000 alla Società d'Incoraggiamento arti e mestieri pure di Milano;

L. 20 000 all'Istituto del boro-silicio per i risultati conseguiti con i suoi studi ed esperienze per la fusione di due blocchi di vetro di ottica.

Ha successivamente confermato per l'esercizio decorso gli stessi contributi al Politecnico, all'Istituto Radiotecnico e alla Società d'Incoraggiamento arti e mestieri, erogando così complessivamente oltre un milione di lire in assistenza a nostri enti di cultura tecnica.

A questa somma sono da aggiungere annualmente altre L. 15 000 in tre borse di studio, e L. 10 000 in due premii di studio Giuseppe Colombo riservati, le prime a studenti, ed i secondi ad assistenti dell'ultimo triennio del nostro Politecnico.

Il Consiglio ha inoltre deliberato di mettere a concorso nell'anno prossimo il premio Colombo di L. 50 000 e il premio Carlo Esterle di L. 100 000, riservati all'italiano o agli italiani che durante il triennio decorso si siano dimostrati più benemeriti del progresso scientifico o pratico, nel campo dell'ingegneria in genere per il primo, e nel campo dell'elettricità o delle sue applicazioni per il secondo.

Il successivo giorno 17 i risultati della gestione della Fondazione Politecnica Italiana sono stati sottoposti all'assemblea dei delegati, la quale riunisce i rappresentanti di tutti i sottoscrittori di questo benemerito ente cittadino.

CORSI PREMILITARI PER RADIOTELEGRAFISTI, AEREOLOGISTI ED ELETTRICISTI

I Ministeri della Guerra e dell'Educazione Nazionale comunicano che si riprenderanno il giorno 5 novembre prossimo, presso l'*Istituto Radiotecnico*, Milano Via Cappuccio 2, i corsi serali di specializzazione premilitare per *Radiotelegrafisti* del Regio Esercito. Vi sono ammessi regolarmente i giovani appartenenti alle classi di leva 1912 e 1913 che siano in possesso di licenza di Scuola media inferiore od equivalente. Sono pure ammessi ad un corso accelerato di mesi 3 i giovani della classe 1911. Gli appartenenti alle classi 1914 e 1915 sono ammessi come uditori.

Presso lo stesso Istituto riprenderanno il 20 novembre i corsi premilitari per *Radiotelegrafisti*, *Aereologisti* ed *Elettricisti* appartenenti alle classi di leva 1913, 1914, 1915 che posseggano la licenza complementare e equivalente per le prime due categorie e la promozione alla 6ª elementare per la categoria elettricisti.

Chiedere schiarimenti e programmi in Via Cappuccio, 2.

LA CORRENTE ELETTRICA PER L'ABBATTIMENTO DEI SUINI

In Germania l'uccisione dei suini anzichè col coltello si effettua con un apparecchio che funziona all'incirca come la sedia elettrica. L'animale che è collocato in una gabbia elevata, scivola in una specie di trappola ove è istantaneamente ucciso dalla corrente elettrica.

Tale sistema di uccisione è razionale e più sollecito, quindi apportatore di un numero minore di sofferenze. La corrente elettrica ed il meccanismo che spingono i maiali sono regolati da un solo operaio il quale può uccidere fino a duecento capi in un'ora.



Manifesto di propaganda che il Comitato per il prodotto italiano, sorto per iniziativa delle Confederazioni dell'Industria, dell'Agricoltura e del Commercio hanno fatto affiggere il 28 ottobre.

Sen. Prof. O. M. Corbino, Direttore — Arti Grafiche E. Calamandrei & C. - Milano — Ing. Ettore Cesari, Redattore-Capo responsabile

MILANO
Novembre 1931 - Anno X

Fascicolo XI
Volume VIII

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL' UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)

Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

ING. GIACINTO MOTTA
PRESIDENTE DELL' UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)

L'industria elettrica e la concorrenza

I giornali quotidiani hanno riportato alla fine d'ottobre il seguente telegramma diretto al Capo del Governo:

« Nel fausto anniversario della Rivoluzione fascista con l'inter- « vento delle LL. EE. i Prefetti di Ancona e di Ascoli Piceno e delle « più cospicue personalità del Partito abbiamo inaugurato la cen- « trale idro-elettrica di Pedaso e la centrale termica di Ancona, en- « trambe dotate di perfetti moderni potenti macchinari esclusiva- « mente costruiti da case italiane. Nell'entusiasmo per la riuscita « di impianti sorti col proposito di abbassare in regime di libera « concorrenza il prezzo dell'energia elettrica e di dare nuovo impulso « ed incremento alle industrie di questa nobile regione, il nostro pen- « siero si eleva con rinnovata devozione all'artefice supremo della « nuova Italia. – Società Littoranea di Elettricità ».

Il Capo del Governo ha così risposto:

« Vostro telegramma mi ha molto interessato prima di tutto per- « chè nelle nuove centrali avete impiegato — come dovrebbero fare « tutti gli italiani — macchinari esclusivamente nazionali, in secondo « luogo perchè vi proponete lodevolmente di abbassare tariffe energia « e dare impulso alle industrie della regione. Così servirete il Re- « gime e l'economia nazionale – Mussolini ».

La pubblicazione dei due telegrammi è stata il pretesto per inacerbire la calunniosa offensiva giornalistica contro l'industria elettrica iniziata qualche giorno innanzi da un giornale, che presentava (come scoperte e novità recenti) idee fisse, e infondate vecchissime accuse di un giornalista ben noto come preconcetto.

E poichè le interpretazioni dei telegrammi furono varie, crediamo noi pure di poter aggiungere la nostra, in ciò diversa dalle altre, che essa tien conto di quella conoscenza dei fatti che riteniamo preliminare a qualunque discussione seria, mentre altri la ritiene o superflua o nociva alla propria tesi, onde preferisce farne a meno.

La Società Littoranea di Elettricità fu costituita col patrocinio del gruppo Fiat, il quale, oltre assumere metà del capitale pare abbia provveduto direttamente o indirettamente al necessario cospicuo finanziamento.

Gioverà a questo punto ricordare che questa forma di attività elettrofinanziaria non è nuova per quel gruppo. È notorio che molti anni fa esso ebbe a costruire per la Fiat gli importanti impianti idroelettrici del Moncenisio. Forse aspirava allora a rendersi indipendente dall'impresa che gli forniva l'energia, come hanno fatto altri forti industriali, specialmente nell'epoca dei sovraprofitti di guerra, indicatissimi per investimenti di questo tipo, forse meno redditizi dei normali, ma indubbiamente utili, anche all'economia generale del Paese.

Ma il gruppo Fiat deve aver constatato, a costruzione fatta, che l'industria idroelettrica non è affatto quella cuccagna che si dice, e che forse esso medesimo aveva creduto. Certo è in ogni modo, che essendo in quel momento proprietario di un ottimo insieme di impianti idroelettrici, il quale poteva facilmente completarsi (naturalmente spendendo altre diecine e forse centinaia di milioni) con altri impianti meno ricchi di serbatoi artificiali, per dar vita sicura ad una impresa elettrica tranquilla, il gruppo Fiat ha preferito vendere gli impianti del Moncenisio, e tenersi soltanto la gestione delle industrie siderurgiche ed automobilistiche. Se siasi riservato, nella vendita di quegli impianti, condizioni di favore per l'energia elettrica occorrente ai suoi grandiosi stabilimenti, non sapremmo; certo è che, prima costruendo impianti idroelettrici, poi rinunciando alla loro gestione, esso ha dato in pratica una dimostrazione esauriente di queste due verità. La prima, che l'industria elettrica in Italia non è affatto monopolio di chicchessia; essa era allora ed è sempre aperta alla concorrenza di chiunque abbia mezzi e capacità per esercitarla. E c'è ancora un vastissimo campo libero per la bravura ed il civismo di chicchessia, tanto perchè non mancano forze idrauliche disponibili, anzi sono abbondanti, quanto perchè con molto meno milioni si possono costruire centrali termiche efficienti e temibilissime. La seconda verità dimostrata dal gruppo Fiat è che l'industria della distribuzione dell'energia elettrica non è più attraente nè più lucrosa di quella siderurgica ed automobilistica; ecco perchè giudicò consigliabile smobilizzare i capitali investiti negli impianti elettrici; comperare l'energia dalle imprese distributrici e continuare a fabbricare automobili.

Noi che viviamo da alcuni decenni nell'industria elettrica, non ci stupimmo allora della decisione del Gruppo Fiat. Tutti i privati e gli enti pubblici, che attratti dalla falsa opinione di lucri eccessivi entrarono nell'agone della competizione, tutti diciamo, si sono prima o poi arresi davanti alla rivelazione di una verità che essi ignoravano e si può così formulare: l'industria elettrica, per la sua natura immobiliare, non soltanto deve impegnare in anticipo immobilizzi crescenti e rischiosi (tanto per le alee costruttive quanto per le sorprese del consumo non sempre crescente, come avviene ora) ma lavora su margini di guadagno così moderati da non permettere assolutamente il lusso della concorrenza.

Molte furono le iniziative private che sperimentarono direttamente, e con grave loro danno nella maggior parte dei casi, questa semplice eppur severa verità. Se per evidenti ragioni non ne facciamo i nomi, possiamo indubbiamente ricordare i numerosi Comuni che si misero coraggiosamente sulla via della concorrenza (la sola efficace) e che presto o tardi vennero ad accordi con l'impresa privata, cosicchè qualche spirito bizzarro ha trovato modo perfino di ridere alle spalle delle Aziende Municipali « *calmierate* » dalle aziende private. Ma non ridono gli utenti di Modena e di Brescia, i quali sono stati i primi, e temiamo assai non saranno gli ultimi, a toccar con mano che nell'immagine scherzosa era contenuta una verità profonda. Se anzichè l'onore di essere serviti da un'azienda pubblica (contro la quale non serve protestare) quelli di Brescia avessero avuto lo scorno di dipendere da imprese private (al di sopra delle quali c'è sempre la spada della concorrenza e l'occhio dell'autorità) non avrebbero certamente dovuto subire, senza neppure lo sfogo di strillare, l'aumento del 30% nella tariffa della luce, e quelli di Modena non ignorerebbero oggi ancora che la concorrenza privata voleva ma non potè ridurre di 20 centesimi il prezzo del Kilowattora.

Orbene, che anche le aziende elettriche comunali siano una congrega di scimuniti incapaci, o peggio di loschi affaristi coalizzati ai danni degli utenti, possono soltanto crederlo od affermarlo animi accecati dalla passione per una tesi o traviati dalla demagogia.

Gli amministratori dei Comuni di Milano, Torino, Roma, Napoli, Verona, per citare soltanto i maggiori fra i concordatarii e quelli di Parma, Modena, Venezia, Bergamo, Alessandria, Genova, Casale, ecc. per esemplificare la lunga fila delle città aventi prezzi *controllati* dalle autorità comunali, non possono essere giudicati con la disinvolta leggerezza dei nostri avversarii, che guai a noi se fosse davvero acutezza di vista; vorrebbe dire che la Nazione è marcia perfino nei suoi gangli nervosi, onde non ci sarebbe più speranza ragionevole in un avvenire qualsiasi.

Comunque sia, è certo, tornando a bomba come è uso dire, che se il Gruppo Fiat non si è comportato identicamente come le più cospicue amministrazioni pubbliche d'Italia, è perchè l'espertissimo ingegno dei capi (non meno che la fortunata libertà d'azione propria di una impresa privata, *la quale non ha l'obbligo di perseverare in una via riconosciuta fallace*) gli hanno permesso di lasciare ad altri il compito ingrato di tutelare il consumatore con la gestione in concorrenza di imprese aventi le caratteristiche economiche delle elettriche.

Ma non è vietato ad alcuno di promuovere la costruzione di nuovi impianti elettrici in quelle zone dove la minaccia della concorrenza possa presumibilmente prospettare la conclusione di un buon affare, sia con la gestione diretta, sia e meglio con la cessione.

E noi, lungi dal trovare qualche cosa di meno lecito o legale o onorifico in tutto ciò, abbiamo sempre chiesto alle supreme gerarchie niente altro che la conferma di questo principio, che riteniamo basilare per permettere la concorrenza, e sufficiente ad impedire lo strapotere dei concessionari: considerare l'industria elettrica come un'altra forma di attività industriale qualsiasi, lasciarla cioè aperta a tutti coloro che abbiano mezzi e capacità per esercitarla.

Purtroppo se questo principio è stato talvolta obliterato, ciò accadde a danno di qualche impresa privata, che pur avendo deciso ed offerto di diminuire le tariffe di qualche ente pubblico fino al livello da essa adottato nelle proprie limitrofe distribuzioni, si è sentita rispondere con un diniego, motivato dalla inopportunità di danneggiare l'economia nazionale con la costruzione di nuove linee ! !

Questi fatti, non le calunniose affermazioni indimostrabili dei nostri nemici, dovrebbero far meditare gli utenti e i loro patroni; essi fanno temere che forse non il buon mercato dell'energia elettrica gli enti pubblici apprezzino, bensì il dominio esclusivo, cioè monopolistico, di un meccanismo che può trasformarsi in un comodo rapido economico sistema fiscale a vantaggio dei contribuenti, e naturalmente a danno degli utenti.

Su questa deleteria tendenza a confondere gli *utenti* coi *contribuenti*, che forma il sottostrato conscio od inconscio di tutti gli stimoli e di tutti gli appelli all'intervento degli enti pubblici, noi non abbiamo mancato di esprimere reiteratamente il nostro parere. I servizî industriali resi ai singoli devono essere pagati da chi li gode. Se un ente pubblico vende sottocosto (1) energia elettrica a Tizio, perchè fabbrichi concimi o cemento, la perdita è sopportata dai contribuenti i quali si trovano tassati a vantaggio di Tizio, o in estrema anzi assurda ipotesi a vantaggio di chi compera i concimi o il cemento di Tizio, dal che discenderebbe che i concimi o il cemento sono in parte pagati da chi non ne usa. E se oggi ancora, dopo lunghi anni di insistenze, crediamo opportuno commentare qui un po' distesamente i fatti ultimi occorsi è sempre per assolvere al dovere impostoci dalla nostra coscienza prima ancora che dalla Carta del Lavoro: quello di difendere gli interessi dell'industria elettrica. Ma se tanta passione e tanta tenacia ci animano nell'adempimento di questo dovere, è perchè siamo convinti di difendere coi nostri anche gli interessi degli utenti, di tutti gli utenti. E sorrida chi vuole. Non indugeremo; nè certo rallenteremo il nostro passo per sorrisi o per denigrazioni.

Orbene, per tornare al telegramma di Ancona, narra la storia (o almeno la cronaca se non si vuol immischiare in queste faccende il nome augusto di quella nobile dama) che il gruppo Fiat o almeno i suoi capi abbiano potentemente concorso a creare un primo impianto elettrico sul torrente Aso, che interessava davvicino la zona marchigiana della Unione Esercizi Elettrici.

L'avvenuta cessione di tale impianto alla Unione testè nominata, avendo fruttato ai venditori un bel gruzzolo di milioni, a titolo di guadagno (si dice oltre venti, sopra meno di quaranta spesi nella costruzione) era naturale che gli stessi non rinunciassero con entusiasmo allo stimolo (che si può anche presentare come un dovere civico) di costringere in altro modo il compratore a ribassare i prezzi dell'energia, visto che per effetto del *modesto* utile realizzato nella vendita dell'impianto, le tariffe non pareva proprio dovessero sentire una spinta al ribasso.

Ed ecco sorgere negli stessi progettisti del primo, l'idea di costruire un secondo impianto sullo stesso torrente. Dicono che ci sia poca acqua, e la diceria deve essere vera se subito, prima di funzionare, quel minuscolo impianto ha dovuto essere fiancheggiato ad Ancona con una « potente » centrale termica, nella quale trovò posto un motore Diesel-Fiat da 1300 Kilowatt. Qui si potrebbero inserire molte considerazioni, a ritorcere puerilità dei nostri avversarî, ma il discorso non finirebbe più. Fatto sta che un brutto giorno la crisi generale, il regresso nelle vendite, alcune vicissitudini interne, fanno prevedere difficile di vendere alla UNES anche il secondo impianto. Forse bisognerà ricorrere davvero alla concorrenza, devono aver pensato gli interessati. Veramente non sono soli a esercitare in Italia l'industria della concorrenza, che consiste nel negoziare le concessioni e i contratti accortamente opportunamente ottenuti dalle autorità sotto colore di punire l'ingordigia dell'industria elettrica. Ma queste sono sorprese del commercio, inconvenienti inseparabili dal sistema della libertà dell'iniziativa privata,

---

(1) Nel costo di un prodotto o servizio si deve intendere compreso l'*intero costo* anche del capitale occorrente a produrlo. Il capitale è la materia prima comune a tutte le industrie, a tutti i commerci, a tutte le forme di attività economica. Se qualcuno negasse questo, è pregato di notare che anche in Russia si sono dovute creare le casse di risparmio.

anche idroelettrica, cari lettori; e contro i quali sarebbe stolto inalberarsi. Preferireste il monopolio, cioè il sistema di Lenin? Noi gli siamo recisamente contrarii.

Ma la concorrenza è un combattimento serio; si può vincere, ma si può perdere; se si perde è perchè l'avversario (beati possidentes !) si difende, anzi si premunisce.

Ma perchè lo Stato non farebbe un bel decreto, per stabilire che quando su una piazza arrivi la concorrenza ad offrire prezzi minori di quelli in atto, tutti i contratti per fornitura di energia su quella piazza siano senz'altro rescindibili per semplice dichiarazione dell'utente? Ecco il pensiero napoleonico, o ferravilliano, se più vi piace, della Littoranea !

Il guaio è che questa peregrina richiesta (seriamente presentata alle autorità !) bastava da sola a tradire in chi la fece un altro pensiero: quello di uscire al più presto, ma naturalmente con lucro, dall'industria elettrica ! No? Anzi il guaio più grosso (per la Littoranea) fu che il Governo fascista non è terreno propizio alla coltivazione di simili aberrazioni. E allora? Allora bisogna ritentare la vendita dell'impianto. Ancora a mezzo ottobre, gli uomini della Littoranea sudavano quattro camicie, a Milano, per persuadere l'Unione ad acquistare il «potente» impianto idro-termoelettrico di Ancona. Ahimè, l'Unione rifiuta. Non resta proprio che la concorrenza. Niente paura: è prossimo il 28 Ottobre; il civismo degli interessati ha un palpito; il loro cuore si gonfia e dalla gonfiezza esce il telegramma al Capo del Governo.

Ma il Capo del Governo non è uomo da potersi prendere alla sprovvista; conosce abbastanza il mondo per diffidare di certi subitanei entusiasmi, e risponde con un telegramma che è un vero capolavoro: Fate benissimo a installare macchinario italiano, dice; ma poi soggiunge: oh, non *dovrebbero* fare altrettanto tutti gli italiani? E se è un *dovere* per tutti, dov'è il merito per voi? In secondo luogo, prosegue il Duce, fate benissimo a *proporvi* di abbassare le tariffe. Vien voglia di sottintendere: vedremo che cosa succederà ! Quanta prudenza, e finezza e sapienza... nel tagliare la ritirata alla Littoranea !

Sì, Duce, le imprese elettriche d'Italia da qualche lustro, non da ieri, installano *soltanto* macchinario italiano, e non se ne sono vantate mai, perchè il macchinario italiano è altrettanto e spesso più consigliabile del macchinario estero. E quanto alla concorrenza, le imprese elettriche italiane, l'hanno sempre accettata subita proclamata; e il loro cosidetto monopolio, che non è diverso da quello di tutti i servizî pubblici: tram, telefoni, gas, acqua potabile, ferrovie, ecc. e non esiste d'altra parte se non come è praticamente monopolizzata in ogni paese ogni industria: dalle automobili alle putrelle, dai cappelli al cemento, ai pneumatici, non ha impedito che il prezzo dell'energia elettrica sia mediamente diminuito dal principio del secolo del settanta per cento, mentre il costo della vita, è quasi raddoppiato come noi abbiamo dimostrato e nessuno ha mai neanche tentato di negare.

Le maggiori imprese italiane — e il Ministro dei Lavori Pubblici lo ha pubblicamente attestato — ad onta della cessazione dell'incremento nel consumo ad onta del decremento che lo ha sostituito, e che purtroppo continua, sono impegnate in lavori cospicui, che proseguono verso il compimento, come se il consumo continuasse il suo ritmo crescente, dando lavoro e pane a migliaia di operai. Ma mentre sul terreno dei fatti (questi e tutti) nessuno ci può nè sfidare nè vincere, una indegna gazzarra di male parole è scoppiata ancora recentemente contro la nostra industria, sempre fomentata da uomini colpiti senza rimedio da quell'infezione demagogica che vorrebbe far dipendere, il benessere, la felicità del popolo dal prezzo di un servizio che invece grava in misura trascurabile sul costo della vita e dei prodotti! La Borsa, già nervosa per fatti generali, è stata profondamente turbata dalla iniqua campagna. Per quanto generalmente condotta a base di falsità o puerilità incredibili per chi ragiona, essa non poteva non generare il panico nell'animo dei piccoli e medii azionisti e pensieri speculativi nei grandi, ossia contribuire in doppio modo a creare vasti danni, spesso irreparabili.

Ma chi non si crede in grado di pronunciarsi in questi problemi? L'industria elettrica sola fra tutte, ha il privilegio di essere trattata con tale disinvoltura nella stampa quotidiana, che chiunque può discuterne, salvo beninteso coloro cha la conoscono; e spesso di essa si occupa un cronista qualsiasi, così da essere diventata la testa di turco di tutti. Un giornale è arrivato in questa occasione a stampare che la Littoranea può ribassare i prezzi *avendo installato macchinario italiano;* peggio dunque per coloro che l'hanno voluto straniero; devono ribassare anch'essi! Un altro, più modesto, ha affermato che il *prezzo dell'energia elettrica deve essere stabilito tenendo conto del guadagno degli utenti*! Un terzo ha scoperto che i prezzi devono ribassare *perchè l'energia elettrica ha un'incidenza elevatissima sulle sorti dell'economia nazionale*! In un quarto, un uomo di cui l'autorità non viene contestata, e la responsabilità di questo credito dovrebbe frenarlo, ha scritto che il prezzo della forza motrice non può essere fatto da chi la contratta, *perchè tutta la Nazione è interessata.* Come se la Nazione non fosse interessata in tutti i prezzi, specialmente dei prodotti fondamentali per la vita, epperciò spingendo questo ragionamento non si arrivasse in fondo a scoprire... il bolscevismo! Come se in particolare non fosse arcinoto che *la forza motrice si può produrre senza ricorrere alle imprese elettriche*, e che purtroppo ciò avviene già ora in misura tale da destare serie preoccupazioni negli uomini competenti per l'utilizzazione futura delle nostre forze idrauliche. Un quinto giornale, infiammato dalla scoperta della concorrenza, si lancia a testa bassa contro l'odiata società locale (di Roma) e non sa neppure lo sciagurato, che a Roma, il prezzo è stabilito d'accordo fra il Comune e l'esercente ! Non parliamo poi di un certo giornale ! Quello è talmente conosciuto come diretto da mente preconcetta, e falsifica i fatti con tanta facilità che non intendiamo qui occuparcene.

Rispondere dettagliatamente? Dimostrare gli errori, le menzogne, le puerilità, le inconsistenze dei nostri irresponsabili avversarii? Ohibò, sarebbe fiato, anzi ranno e sapone sprecati.

Ad interpretare l'animo nostro il nostro pensiero generale sulla faciloneria colposa di molti che scrivono, ha già pensato l'anima purissima di Carlo Delcroix, con l'impetuosa invettiva che riportiamo a piè di pagina (1). E nel merito, cioè nel particolare, abbiamo avuto proprio di questi giorni l'insperata fortuna di leggere la risposta data da un autentico industriale cotoniero ad una inchiesta della sua organizzazione. Autorizzati, la riportiamo in allegato, additandola alla riflessione degli uomini responsabili.

GIACINTO MOTTA

PRESIDENTE DELL'«UNFIEL».

---

(1) ...A questi dobbiamo aggiungere i superficiali, quelli che a tutti i costi debbono pronunciarsi sulle questioni che non conoscono; e lo fanno partendo dalla serie dei luoghi comuni, come da indubitabili assiomi, per giungere ad assolute conclusioni, con la impassibile tranquillità della incoscienza.

Un poeta ha detto che il peggior dei delitti è la superficialità, cioè la mancanza di rispetto per quel tanto di sacro che si cela in tutte le cose, le quali vanno guardate dentro prima che se ne parli. Il superficiale è come un giudice che pronunzi sentenza prima di avere esaminati e meditati gli atti e in questo caso è meglio essere ingiusti che leggeri. È stato già detto agli uomini che vivere è una cosa seria, ma bisogna loro ricordare che parlare, anche negli argomenti più consueti è una grave responsabilità.

Di questi delinquenti preterintenzionali che, dicendo quello che non sanno e non sapendo quello che dicono, ingannano sè stessi e gli altri, se ne incontrano dovunque; l'ignoranza seconda la malafede e tutt'e due hanno presa sulla incontentabilità, che è al fondo della nostra natura.....

17 Novembre 1931. X°

Spett. Unione Industriale Fascista della Provincia di Milano

MILANO
Via Meravigli, 9

Incidenza del costo dell'energia elettrica sui costi di produzione nell' industria cotoniera

Alla Vostra domanda sull'oggetto a margine non potremmo dare, anche volendo, una risposta sintetica, poichè nei nostri stabilimenti attingiamo l'energia a diverse fonti (idraulica, termica, elettrica), e non sarebbe possibile una discriminazione. D'altra parte noi crediamo che se l'incidenza del costo dell'energia, nella maggior parte dei casi, può essere facilmente *espressa* in cifre — non può essere però esattamente *valutata* se non ed in quanto venga considerata in funzione degli altri elementi che concorrono a formare i costi di produzione. Le condizioni da azienda ad azienda, anche nella medesima industria, possono infatti essere così diverse da infirmare quella qualsiasi conclusione che derivasse dalla semplice media aritmetica. Valga l'esempio di due tessiture: l'una di telaj automatici - l'altra di telaj a mano. In questa, l'incidenza del costo dell'energia sarà praticamente nulla: in quella, sarà maggiore o minore (secondo l'altezza e la velocità dei telaj, gli articoli che si producono ecc. ecc.), ma sempre notevole. Si comprende, senza che sia mestieri di dimostrazioni, come la media fra cotesti due valori condurrebbe a conclusioni praticamente errate.

In genere può ritenersi che l'incidenza del costo dell'energia sia massima negli stabilimenti più modernamente attrezzati – e minima (sia pel minor impiego d'energia meccanica, sia per mancanza di quegli impianti ausiliari di cui sono ricchi gli impianti moderni), nelle aziende più antiquate. E poichè in queste aziende, i costi di produzione sono generalmente più elevati – ne consegue che, nelle aziende tessili, l'incidenza del costo dell'energia *può ritenersi inversamente proporzionale ai costi di produzione*.

Cotesta disparità da azienda ad azienda, può condurre anche a questo apparente paradosso: che l'incidenza del costo dell'energia sia maggiore nelle aziende dove l'energia è usata più razionalmente – che non in certe vecchie baracche, dove, coll'impiego di impianti antiquati, di motori a basso fattore di potenza ecc. ecc. l'energia scarsamente usata, è anche pessimamente sfruttata.

Come si vede, l'argomento è assai più complesso di quanto potrebbe apparire ad un osservatore superficiale. Ove poi si osservi come esistano, in regime di perfetta concorrenza, aziende tributarie delle società distributrici di energia – ed aziende che l'energia derivano da impianti idraulici largamente o totalmente ammortizzati – appare evidente come il costo dell'energia, come elemento costitutivo dei costi di produzione, non possa essere avulso dagli altri elementi che tali costi compongono. In altri termini il costo dell'energia e l'incidenza di esso, devono essere valutati, non in senso assoluto, ma con criterio di relatività. Uno stabilimento sperduto in una delle nostre vallate prealpine, avrà l'energia quasi gratuitamente – e tuttavia potrà trovarsi in condizioni d'inferiorità rispetto ad altro stabilimento il quale deva bensì acquistare l'energia, ma economizzi in trasporti, mano d'opera, direzione ecc. più di quanto non ispenda per la forza motrice.

***

L'incidenza del costo dell'energia è in funzione, in ogni caso, del prodotto di due distinti fattori: *quantità e prezzo*.

Il fattore *quantità* è di natura tecnica: e, a parità di risultanze, la quantità di energia impiegata è in funzione della perfezione degli impianti.

Il fattore *prezzo* è di natura commerciale, e perciò eminentemente variabile e soggetto alle leggi economiche che regolano i mercati. Senonchè mentre per chi vende « energia potenziale » (benzina, petrolio, nafta, carbone ecc. ecc.) nessuno pensa che il loro commercio possa sottrarsi alle leggi della domanda e dell'offerta: per chi vende « energia in atto » (energia elettrica comunque prodotta) parrebbero dover esistere (e, in difetto, si dovrebbero fabbricare) leggi speciali più o meno in armonia colle leggi economiche.

Non è nostro compito, nè questo sarebbe il luogo, di teorizzare sulla libertà di commercio anche in fatto di energia. Crediamo però rientri nell'argomento l'esame delle condizioni in cui oggi si svolge la vendita dell'energia elettrica, perchè solamente con tale esame si potrà stabilire se l'incidenza del costo dell'energia sia quella che può e deve essere in regime di libera concorrenza, e se non sia piuttosto aggravata da fattori contro i quali, anche dagli assertori della libertà di commercio, possa ritenersi giustificato un intervento moderatore. Giacchè quello che importa, non è di sapere quanto, in lire e centesimi, occorra di energia per filare e tessere una certa quantità di cotone – bensì di accertare se questa spesa sia giusta o esagerata.

Che gli utenti di energia – noi compresi – possano desiderare di pagarla il meno possibile, è umano. Che l'industria cotoniera si trovi in condizioni di non poter sopportare aggravi ingiustificati, e che, specialmente dopo il tracollo della sterlina, si senta la necessità di una drastica riduzione dei costi di produzione – è, almeno per noi cotonieri, fuori discussione. Che le tariffe dell'energia siano esagerate, e che una attenuazione di esse possa arrecare un sollievo apprezzabile – è precisamente quello che dovrebbe essere dimostrato, non fosse altro che per non crearci delle illusioni.

Noi abbiamo al riguardo opinioni un po' diverse di quelle che corrono comunemente (1). *Intanto escludiamo che l'energia sia un genere di monopolio. Crediamo anzi che nessun articolo, nemmeno il pane quotidiano, possa prodursi in casa più facilmente dell'energia. Ogni latta di benzina, ogni barile di nafta, ogni palata di carbone è un valido concorrente dei distributori di energia elettrica.*

Quanto al prezzo, bisogna intendersi sul valore delle parole « caro » e « buon mercato ». Abbiamo letto più volte che l'energia dovrebbe essere venduta a prezzi più bassi perchè... i distributori non sono padroni delle nuvole (delle nuvole, in quanto da esse cade l'acqua ecc. ecc.). *Questo, per noi, non è ragionare. I venditori di energia, assolti gli obblighi loro imposti dai decreti di concessione, sono commercianti che vendono la loro merce, come noi vendiamo la nostra. Per noi l'energia è « cara » quando, tenuto conto di tutto, il prezzo che si chiede è superiore a quello che verrebbe a costarci se ce la producessimo in casa nostra.* Il « tener conto di tutto » è affare di ogni singolo utente e, checchè se ne pensi o se ne scriva, non è possibile stabilire norme uniformi e costanti. *Quando noi ci siamo trovati di fronte a necessità intermittenti*, che si verificano specialmente nel periodo invernale – *abbiamo installato un Diesel senza punto interpellare i nostri fornitori di energia elettrica. Quando ci si è presentata la possibilità di sfruttare il vapore come sorgente d'energia e di calore – abbiamo istallato un impianto a ricupero. Ai venditori di energia ci siamo rivolti nei casi nei quali essi potevano servirci meglio di un Diesel o di un turboalternatore.* E ci siamo sempre intesi facilmente. Diremo di più: in un nostro stabilimento paghiamo l'energia elettrica esattamente il 40% di più che in un altro: e tuttavia consideriamo più economico il prezzo più caro, perchè, per fruire del prezzo più basso, dobbiamo assoggettare la merce a trasporti che annullano il beneficio. Questa circostanza conferma una volta di più quello che dicevamo in principio: che cioè l'incidenza del costo dell'energia può essere facilmente espressa in cifre, ma queste cifre non possono essere valutate se non tenendo conto dei fattori che ne possono alterare il valore.

In conclusione, noi troviamo perfettamente logico che i distributori di energia – anche a risparmio di spese – si siano distribuite le zone di lavoro ed abbiano proceduto ad accentramenti che possono dare l'impressione del monopolio. Non ci interessa menomamente il fatto che l'acqua sia di tutti o di nessuno. Ci compiacciamo che le aziende elettriche distribuiscano buoni dividendi, perchè, se andasse male anche questa industria, la crisi sarebbe più grave, e ne soffriremmo tutti di più. *Se poi, pel nostro fabbisogno di energia, ci trovassimo di fronte a pretese esagerate e irriducibili, lasceremmo l'energia a chi l'ha, e sopperiremmo diversamente. In ogni caso deprecheremmo qualsiasi intervento estraneo, perchè siamo convinti che di « bardature » a questo mondo ne sussistono ancora troppe, e non sia il caso di rimetterne delle nuove proprio da noi che siamo stati i primi ad abolirle.*

***

Le considerazioni che siamo venuti esponendo escludono la possibilità di esprimere con una formola *generale* la reale incidenza del costo dell'energia sui costi di produzione. Abbiamo tuttavia immaginato un caso tipico: una filatura di cotone situata a circa 200 km da Genova (per es. a Bergamo), la quale ...

(1) Da quì in avanti i periodi in corsivo sono stati composti con carattere diverso da noi; nel testo non sono sottolineati. (N. d. R.)

produca filato standardizzato di titolo 16; una tessitura di telaj automatici, distante circa 80 km dalla filatura (per es. a Busto), della quale assorba la produzione per trasformarla in tela greggia e venderla per esportazione alla condizione di Fob Genova o Venezia. Qualsiasi modesto cotoniero potrà rifare il costo qui allegato e arriverà alla conclusione: che le spese di sbarco e di trasporto del cotone alla filatura; di trasporto dei filati alla tessitura, compreso il movimento delle tare; e infine di trasporto e imbarco dei tessuti, rappresentano almeno i 3/4 della spesa di energia occorrente per la completa lavorazione, calcolata detta spesa sulla base – oggi corrente, per utilizzazioni di 15 ore giornaliere (lavoro a due squadre) – di un canone fisso di L. 30,— mensili per ogni kW impegnato, e di un canone mobile di 12 cents. per kW-ora effettivamente consumato.

Cosicchè nel caso in esame – che rappresenta un caso abbastanza comune – un eventuale ribasso delle tariffe dell'energia non avrebbe influenza sensibilmente maggiore di quella che avrebbe un analogo ribasso delle tariffe di sbarco e trasporto. E poichè quelle, rispetto ai prezzi di anteguerra, si possono considerare ragguagliate a quota 90, *mentre le tariffe di sbarco e di trasporto ne sono ancora notevolmente lontane – è su queste, evidentemente, che dovrebbesi incidere prima che altrove.*

Si potrà obbiettare che l'esempio da noi addotto è basato sulla produzione e l'impiego di un titolo (il 16) piuttosto grosso (che però è il titolo maggiormente impiegato nella fabbricazione di larghe categorie di tessuti); e che l'incidenza dell'energia e dei trasporti tendono ad invertirsi, specialmente per la filatura, via via che il titolo si raffina. E certamente, se avessimo assunto il titolo 24, (che è all'incirca il titolo medio della produzione italiana) l'incidenza dell'energia, per la filatura, sarebbe aumentata circa del 50% e sarebbe rimasta, riferita all'unità metro, pressochè inalterata per la tessitura; mentre le spese di trasporto sarebbero risultate minori in ragione del minor quantitativo di merce trasportata. *Ma ciò non significa che l'energia diventi «cara», pel fatto che, colla stessa quantità di kWh si produca piuttosto 1/2 chilo di titolo 32 che 1 chilo di titolo 16: così come i trasporti non diventano a buon mercato se per trasportare un quintale di merce si spende la metà che a trasportarne due.*

Piuttosto, nel nostro esempio, *abbiamo trascurato le industrie della tintoria, stamperia e rifiniture, nella quali l'incidenza della energia è praticamente insignificante.* Senza dilungarci in un'analisi che, pei competenti, sarebbe inutile – basta considerare che normalmente, una calandra, che assorbe 7 HP, può produrre, secondo gli articoli, da 10000 a 20000 metri in 8 ore; e da 5000 a 15000 ne può produrre una rameuse che assorbe 15 HP, per concludere che in questo ramo dell'industria tessile – che pure è tutt'altro che secondario – l'incidenza dell'energia scende a valori trascurabili e di gran lunga inferiori all'incidenza delle spese di trasporto.

Non ci lusinga l'idea di poter apparire avvocati d'ufficio dei distributori di energia (dei quali siamo noi stessi tributari per qualche centinaio di mila lire all'anno): ma la realtà è quella che è, e la logica arriva dove deve arrivare. *Nulla d'altra parte, sarebbe più pericoloso, che dare corpo alle ombre, trascurando quelli che sono i veri e maggiori problemi della nostra industria. Un qualsiasi ribasso sui costi dell'energia – quando non fosse concomitante ad una generale e ben maggiore riduzione degli altri elementi che concorrono a costituire i costi di produzione, per molte categorie di tessuti si tradurrebbe in una modesta frazione di centesimo al metro: nulla, per risentirne un beneficio apprezzabile;* ma tuttavia sufficiente per disorientare ulteriormente il mercato. Chè la riduzione – che sarebbe certamente strombazzata ai quattro venti – darebbe la stura a chissà quali illusioni e pretese. La vendita, già difficile e insufficiente, soffrirebbe una nuova remora: e quando avessimo ridotte le aziende elettriche a falcidiare o ad abolire i dividendi – in un primo tempo ci troveremmo praticamente forse peggio di prima, e il vantaggio definitivo non sarebbe assolutamente proporzionato all'onere imposto ai distributori di energia.

Come vedete, noi – utenti di energia e convinti assertori della imprescindibile necessità di ridurre i costi di produzione – sull'argomento in esame abbiamo idee alquanto discordi da quelle che corrono comunemente o che ci sono ammannite da taluni economisti. Per noi, le nostre sono idee giuste e aderenti alla realtà; Voi le giudicherete per quello che valgono.

Con distinta osservanza.

COTONIFICIO F.LLI POZZI-ELECTA
Il Direttore Generale
firmato: PASQUALE POZZI.

BASI DI CALCOLO

FILATURA DI COTONE di 10.000 fusi.

Località: 200 Km da Genova
Lavoro a due squadre
Produzione annua: Kg 900.000 di titolo 16
Fabbisogno energia kW 250 × 4500 ore = kWh 1.125.000
Canone energia:

kW 250 × L. 360 =	L. 90.000,—
kWh 1.125.000 × » 0,12 =	» 135.000,—
Spesa annua	L. 225.000,—

Costo al Kg di filato = L. 225.000 : Kg 900.000 = L. 0,25 al Kg.

TESSITURA DI COTONE – Telai 400 automatici.

Località: 80 Km dalla filatura
Lavoro a due squadre
Produzione annua: m 6.000.000 di tela greggia
Fabbisogno energia 200 kW × 4500 ore = kWh 900.000
Costo energia:

kW 200 × L. 360 =	L. 72.000,—
kWh 900.000 × » 0,12 =	» 108.000,—
	L. 180.000,—

Costo al m di tessuto:

$$\frac{\text{L. } 180.000}{\text{m } 6.000.00} = \text{L. } 0{,}03 \text{ al metro.}$$

Complessivamente, tra filatura e tessitura, per trasformare circa 1.000.000 di Kg di cotone greggio in 6.000.000 metri di tela greggia da circa 150 grammi al metro, occorrono dunque:

per la Filatura	L. 225.000
per la Tessitura	» 180.000
	L. 405.000 di energia elettrica

corrispondenti ad un costo complessivo per metro di L. 0,0675.

SPESE DI SBARCO E TRASPORTI.

Per produrre Kg 900.000 di filato netto occorrono, praticamente, 4500 balle di cotone di qualità media, del peso lordo di Kg 238.

Avremo quindi per forfait e sbarco:

Balle 4500 × L. 9,—	L. 40.500,—
Per trasporto da Genova alla Filatura (carriaggio compreso): Balle 4500 × Kg 238 × L. 8 al Q.le	» 107.100,—
Per trasportare Kg 900.000 di filato netto, occorre praticamente (compreso il ritorno delle casse e dei tubetti) trasportare Kg 900.000 × 2,5 = Kg 2.250.000 a L. 5 al Q.le	» 112.500,—
Il trasporto ed imbarco di Kg 900.000 di tessuti richiederà circa	» 90.000,—
Aggiungendo, a calcolo, per i due stabilimenti per ogni altro genere di trasporti, una presumibile spesa di	» 19.900,—
Avremo una spesa globale, per trasporti, di	L. 370.000,—

Nel nostro esempio abbiamo compreso le spese di trasporto dei tessuti dalla Tessitura al porto d'imbarco perchè questa spesa generalmente è a carico dell'industriale. In questo caso le spese di trasporto, sbarco ed imbarco, (L. 370.000) rappresentano circa il 92% della spesa per energia (L. 405.000).

Escludendo cotesta voce, dato che, per le vendite all'interno, le spese di porto dei tessuti sono generalmente a carico del compratore, la spesa si ridurrà a L. 280.000, che corrispondono a circa il 70% del costo annuo dell'energia.

Supponendo che metà della produzione sia venduta all'estero e resa Fob. Genova/Venezia; e metà sia venduta all'interno e resa franco vagone partenza – le spese di porto ne rappresenteranno circa l'80 % del dispendio totale per energia elettrica.

PROF. FERDINANDO LORI
DEL R. POLITECNICO DI MILANO

Tommaso Alva Edison (*)

L'uomo, che fin dalla sua comparsa sulla terra assisteva con spavento al fragore e alle devastazioni del fulmine, e conosceva soltanto le qualità di qualche fenomeno elettrico, come l'attrazione e repulsione fra piccoli e leggeri pezzetti di materia isolante, o la virtù dell'ago calamitato di volgere il suo asse parallelamente al meridiano magnetico, dovette attendere l'alba del secolo decimonono per possedere il primo mezzo atto a generare una corrente elettrica di qualche entità. Il pensiero e l'arte greca avevano da oltre due millenni toccato le cime più alte, su cui non hanno cessato di irradiare luce fra le altre le opere di Platone, di Euclide e degli artefici del Partenone: la bocca mortale di Dante era chiusa da secoli: Galileo e Newton avevano ormai svelato e misurato lunghe vie dei cieli prima che l'umile rana, tratta fuori per caso dalla cucina, dove serviva soltanto a procurare gustose pietanze, svelasse a Luigi Galvani la sua sensibilità elettrica, ed Alessandro Volta, comprendendone la cagione segreta per quanto può essere concesso agli umani, con la composizione della sua pila stupisse il mondo e Napoleone.

E doveva passare ancora oltre mezzo secolo perchè fossero conosciute e misurate le proprietà della corrente elettrica: l'azione elettromagnetica si rivelò all'Oersted nel 1820, venti anni dopo la composizione della pila: della scoperta dell'induzione elettromagnetica per opera di Michele Faraday è stato celebrato il centenario il mese scorso: intorno al 1860 un giovanetto Italiano, Antonio Pacinotti, prima di abbracciare il fucile in pro della Patria, costruiva il primo modello di quella macchina dinamo-elettrica, da cui ancor oggi, senza che nulla sia variato degli organi essenziali, si trae corrente per moltissime applicazioni, e che adoperò anche il Nostro per la maggior parte delle sue.

Quando l'Edison era giovanetto, la corrente elettrica usciva dai pochi luoghi della sua generazione soltanto per percorrere linee telegrafiche, e dello stesso telegrafo facevano uso corrente soltanto le compagnie ferroviarie. Oggi la corrente elettrica entra in ogni casa, e la percorre tutta: attraversa le vie della Città e le campagne: all'uomo civile è necessaria come il pane: le sue applicazioni stupiscono anche i selvaggi.

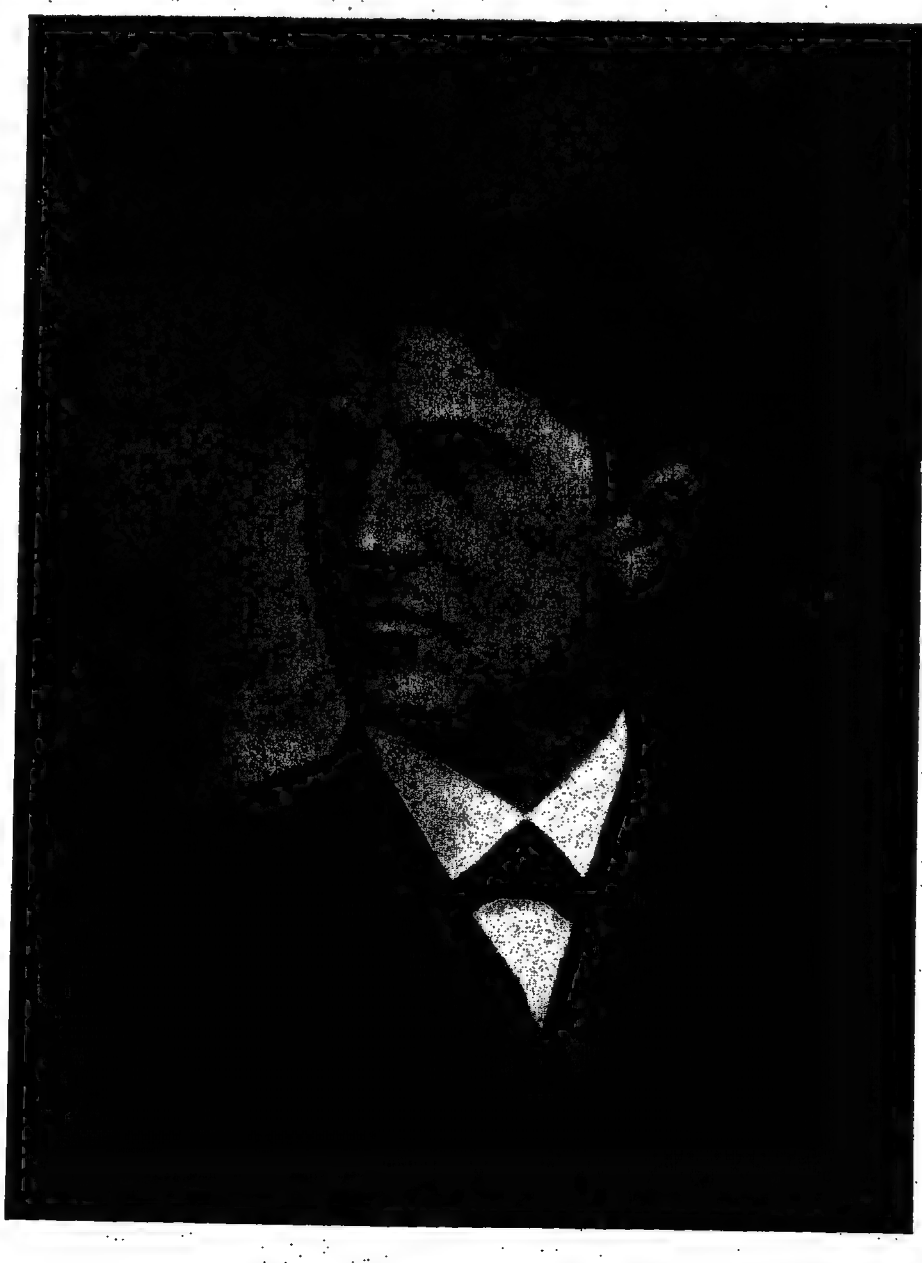


Fig. 1. - Edison nel 1881.

Tommaso Alva Edison è il primo che, essendosi proposto il problema della distribuzione della corrente a tutti e per tutti gli usi, ha preparato, coordinato, inventati gli apparecchi, le macchine, gli impianti necessari per risolvere il problema praticamente: ne ha iniziato la realizzazione, e per ciò che si riferisce alla luce gli ha dato un immenso sviluppo.

Questa è la sua gloria: questa è la cagione, semplice, ma non modesta, dell'universale riconoscimento della sua gloria.

Nella storia dell'elettrofisica, cioè dei cosidetti « principi scientifici dell'elettricità e del magnetismo » e delle teorie istituite per coordinarli e concatenarli mediante i criteri logici della ragione umana, il nome di Edison fa soltanto qualche apparizione:

(*) Discorso pronunciato alla commemorazione di Edison, tenutasi a Milano il 18 nov. u. s. e di cui diamo la cronaca in appendice al discorso stesso.

N. d. R.

perciò chi attribuisce alla parola «scienziato» un significato ristretto può non annoverare l'Edison fra gli scienziati: ma la storia delle applicazioni dell'elettricità per tutto il periodo di oltre quattro lustri, che vide fin dagli albori e seguì fino a maturo sviluppo la luce elettrica, il telefono, la trazione elettrica, non si può redigere senza scrivere il nome di Edison, quasi ad ogni pagina, e sovente a caratteri d'oro.

Egli da giovanissimo aveva molto studiato le opere di Michele Faraday, il gigante dell'arte sperimentale; e perciò io credo che come sperimentatore possa essere considerato come un suo allievo, e certamente un grande allievo. Il Faraday ha raggiunto un'altissima vetta di un'altra catena, perchè il tempo che non dedicava agli esperimenti spendeva tutto nello studio dei problemi di filosofia naturale. La verità fisica gli serviva per salire a conquiste sempre più elevate nelle vie dell'umano pensiero. L'Edison invece il tempo che non dedicava agli esperimenti spendeva in attività di realizzazioni, cioè di costruzioni e di commercio. La verità fisica gli serviva per realizzare impianti industriali, che ponessero a servizio di tutti, ed anche dei suoi finanzieri, i benefizi che possono derivare dalle scoperte scientifiche: una meta questa, che rispetto a quella del Faraday può essere giudicata meno alta da coloro che amano vivere in solitudine; ma ha un immenso valore sociale, e perchè benefica un gran numero di persone trova anche assai maggior consenso di riconoscenza e di gloria.

Perciò il suo nome è ben degno di commemorazione e di celebrazione solenne.

La luce elettrica col sistema Edison ebbe culla a New York, perchè l'inventore ebbe i suoi laboratori vicino a quella metropoli: ma varcò l'Oceano pochi mesi dopo che a New York fu iniziato il funzionamento pratico con distribuzione esterna all'officina generatrice, e la prima Città del vecchio mondo, in cui fu costruito e funzionò regolarmente con crescente sviluppo un impianto Edison di notevole estensione, è Milano.

Perciò una commemorazione di Edison a Milano ha una particolare significazione di onore all'Uomo, ed a coloro che, avendo immediatamente compreso l'importanza pratica delle invenzioni Edisoniane, non tardarono a farne godere i benefici alla loro Città. Animatore in Milano del primo gruppo, da cui ebbe inizio la Società Edison attuale, fu Giuseppe Colombo, un uomo di cui la maggior virtù consistè nell'associare le qualità dell'ingegnere, che significa uomo d'azione, a quelle del professore, che vuol dire uomo di studi, e talvolta di studi dinanzi a un tavolo e dentro una biblioteca. Sulle labbra di un professore del Politecnico di Milano, che parli a Milano, in quest'occasione, il nome di Giuseppe Colombo sale spontaneamente; ed il ricordo non può dispiacere agli ascoltatori.

***

Una relazione sull'opera di Tommaso Edison, che non dovesse essere contenuta nei limiti di tempo impostimi questa sera, potrebbe essere divisa in tre parti, la prima da essere dedicata alla sua preparazione come inventore, costruttore ed industriale: la seconda agli impianti di generazione, distribuzione, utilizzazione della corrente, che egli concepì, disegnò e promosse, specialmente nel campo dell'illuminazione elettrica: la terza a tutto il resto della sua multiforme attività d'inventore, cui egli ha potuto dedicarsi durante la sua lunga vita (1847-1931), che è durata 84 anni, un'età rara, benchè non rarissima, ma che ha abbracciato in lui un numero di ore di lavoro assai più alto di quello che possono in media contare uomini di uguale longevità. Se si considera che la sua salute fu sempre ottima, che egli ebbe minimo bisogno di sonno (talvolta gli bastava dormire per qualche mezz'ora ogni tanto senza distinzione di giorno e di notte), si raggiunge per le sue ore di lavoro produttivo una cifra che lo innalza sopra uno dei più alti vertici concessi ai mortali.

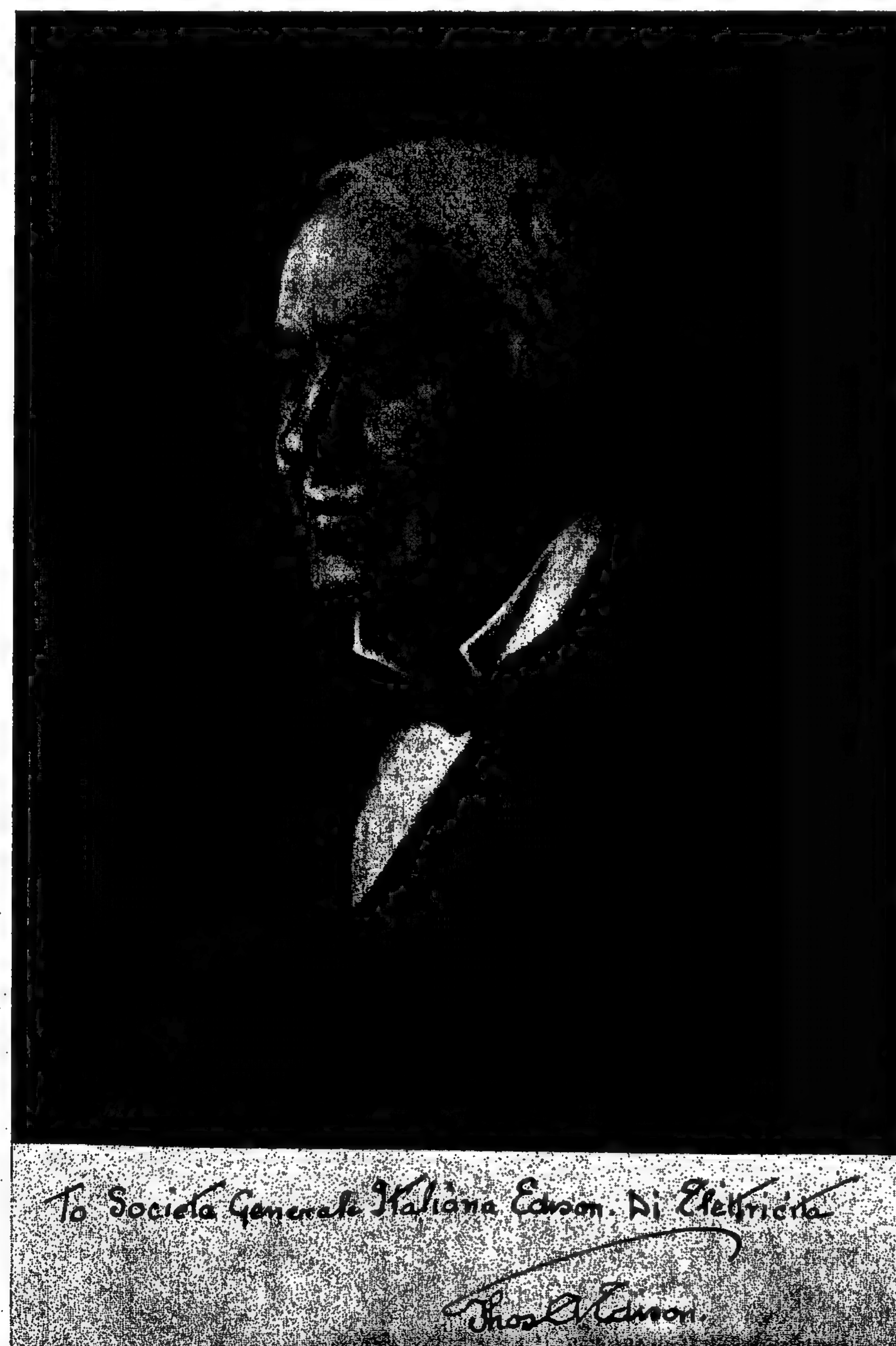


Fig. 2. - Un recente ritratto di Edison.

Il periodo della preparazione si chiude al ventitreesimo anno. Di questo una frazione minima occupò nella scuola: tre mesi, che bastarono al maestro per dichiararlo insufficiente. Ma la madre, maestra essa stessa, non era dello stesso parere, ed amorevolmente, ed efficacemente gli insegnò le prime nozioni, e lo guidò nelle prime letture, che furono la Storia dell'Inghilterra dello Hume, e la Decadenza e la caduta dell'Impero Romano del Gibbon. Il padre volentieri gli donava di tanto in tanto qualche piccola somma per acquistare libri: una delle sue prime scelte cadde sui Principii di Newton, che imprese a leggere in compagnia della madre; ma non fu pane per i loro denti. Il Nostro non aveva attitudini per le matematiche.

Questo ricordo merita un commento, perchè sulle matematiche, e specialmente sulle loro applicazioni, vari sono i pareri degli uomini.

La matematica (parlo dell'alta matematica, non delle matematiche elemen-

tari necessarie in molte delle più modeste attività della vita comune) si distingue in due grandi rami, quello puro e quello applicato. La matematica pura ha valore di per sè: come misura di questo valore e della sua nobiltà potrebbe essere assunto il gaudio grandissimo che accorda ai suoi cultori. Il valore della matematica applicata evidentemente deve essere misurato dal volume delle applicazioni. Anche questo è grandissimo, ma non abbraccia tutti i rami delle scienze, nemmeno tutti quelli della fisica e dell'ingegneria. Molti di questi possono essere coltivati con buoni frutti senza il sussidio della matematica. Quelli coltivati dall'Edison, cioè le applicazioni delle correnti generate da forze elettromotrici costanti (le correnti continue) e delle tenui correnti telegrafiche su linee non molto lunghe, non hanno bisogno dell'alta matematica. Questa è un aiuto possente per le questioni delle correnti variabili, specialmente dei fenomeni transitori e delle elevate frequenze: un campo cui l'Edison non si è dedicato, quantunque costituisca ormai da vari decenni uno dei rami più importanti dell'elettrotecnica. Azzardando un'affermazione non dimostrabile si potrebbe dire che Egli se avesse conosciuto la matematica si sarebbe avvicinato anche a questo campo.

Edison nacque con due inclinazioni spiccate che non van sempre congiunte, quella degli esperimenti di fisica e di chimica, e quella del commercio. Poco più che dodicenne già vendeva giornali in treno: aveva due laboratori, uno nella cantina della sua abitazione ed uno in una parte del bagagliaio del treno. Per un certo tempo redasse, compose, stampò, vendette un giornale in treno e nelle stazioni: e in treno vendette anche pipe, tabacco e zucchero, e contemporaneamente impiantò con un socio un negozio di erbaggi in città. Fu anche impiegato di varie compagnie telegrafiche. Per qualche tempo guadagnò modestamente, ma quanto poteva bastargli, finchè, un giorno, avendo già inventato un stock-ticker, e, sentendo per le invenzioni l'attrazione maggiore, decise di recarsi a New York, e vi giunse senza il danaro sufficiente per qualche pasto.

Qualche anno dopo il Signor Lefferts, Presidente della Società Western Union acquistò da lui alcuni brevetti per la somma di 40 000 dollari.

Il giovanetto, arrivato senza un soldo e senza occupazione, in breve tempo si era acquistato grande fama come inventore, molto credito negli affari, assoluta indipendenza economica.

Le invenzioni principali di questo periodo sono una macchina per contare i voti, lo stock-ticker, l'universal printer, il sistema duplex di telegrafia, poi combinato col duplex per formare il quadruplex, l'elettromotore, da cui in seguito egli trasse l'alto parlante.

Questi due ultimi apparecchi meritano particolare ricordo perchè in verità rappresentano una di quelle così geniali associazioni di spirito d'osservazione di fenomeni fisici e di abilità meccanica che non possono essere considerati senza commozione. Il profano non prevederebbe mai che combinazioni di organi così delicate, come quelle che costituiscono l'elettromotografo o l'alto parlante Edisoniani, possano essere realizzati in modo da funzionare regolarmente, perchè non sempre considera che l'uomo occupa un elemento di volume infinitesimo del cronotopo, e che la Natura coordina con perfetta armonia le leggi del cosmo ultramicroscopico degli atomi e dell'ultratelescopico tessuto della galassia.

Il fenomeno, su cui sono fondati l'elettromotografo e l'alto parlante, è la variazione di attrito fra la superficie di un corpo conduttore e quella di un cattivo conduttore imbevuto di una soluzione elettrolitica in funzione dell'intensità di corrente che attraversi questa soluzione. Nell'elettromotografo si approfitta di questa variazione di attrito per ottenere piccole variazioni dell'equilibrio elastico di una molla in corrispondenza dei segnali provocati da un tasto Morse; nell'alto parlante si ottengono oscillazioni di una membrana di tipo telefonico in corrispondenza delle variazioni di corrente ricavabili per mezzo di microfono dinanzi a cui si parli.

Intanto nella mente di Edison aveva preso forma l'enunciato del grande problema, cui doveva dedicare per decenni le forze sue e quelle di tanti collaboratori, e a cui è legata la sua maggior fortuna tecnica ed economica; il problema della suddivisione dell'energia elettrica.

Per conoscere in termini precisi l'enunciazione di questo problema, e considerare le tappe del suo cammino possiamo interrogare lui stesso, perchè egli ne ha lasciato traccia nei suoi scritti. Eccone la pagina che ci interessa.

« Un completo sistema di distribuzione dell'elettricità deve essere sviluppato, e poichè io debbo competere col gas esso deve essere commercialmente efficiente ed economico, e la rete dei conduttori deve essere capace di alimentazione da vari punti. Una rete di distribuzione commercialmente « sound » deve poter essere distesa sotto e sopra terra e deve essere « tapped » dovunque.

« Io debbo immaginare un sistema per misurare l'elettricità, come si misura il gas, in modo che io possa misurare la quantità di elettricità usata da ciascun consumatore. Questi misuratori.... debbono essere economici da costruire, di facile lettura e manutenzione.

« Mezzi e metodi debbono essere escogitati per mantenere un uguale voltaggio in ogni punto del sistema. Le lampade vicino alle dinamo debbono ricevere la medesima corrente delle lampade più lontane. - Il bruciamento e la rottura di lampade non deve influire



Fig. 3. - Contatore elettrolitico.

su quelle che rimangono efficienti nel circuito, e mezzi debbono essere impiegati per impedire violente fluttuazioni di corrente.

« Uno dei maggiori problemi era di costruire dinamo più efficienti e più grandi di quanto fosse stato fatto.

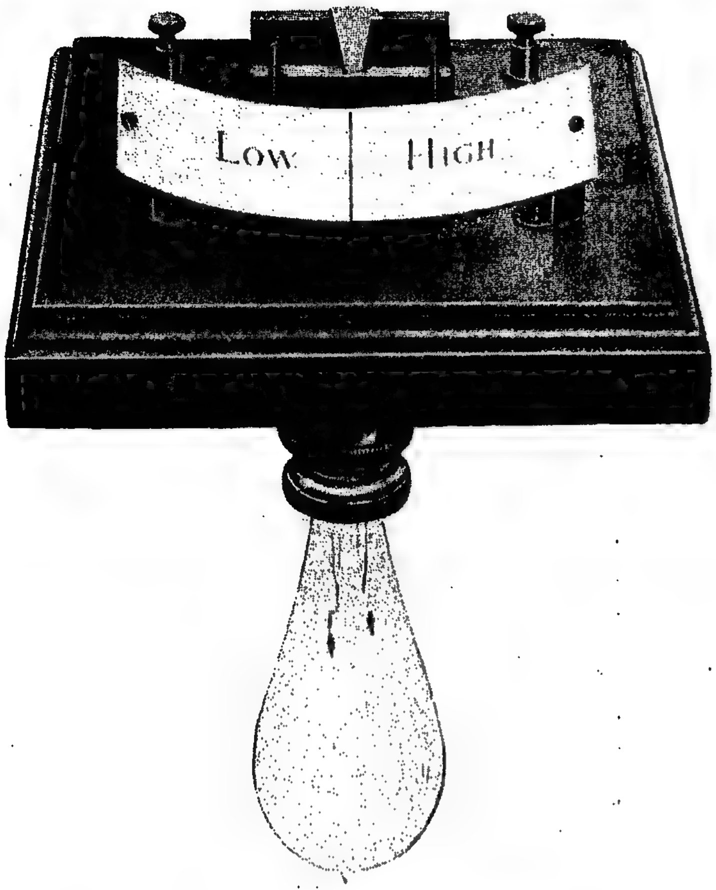


Fig. 4. - Indicatore di tensione.

Molti avevano stabilito che la resistenza interna dell'armatura dovesse essere uguale alla resistenza esterna; ma io mi misi in mente che avevo bisogno di vendere tutta l'elettricità che producevo e non dovevo perderne nelle macchine; e perciò feci la resistenza interna piccola, ed ebbi disponibile per la vendita il 90% dell'energia prodotta.

« Oltre tutti questi, molti altri elementi dovevano essere inventati o perfezionati, come artifici per impedire correnti eccessive, interruttori, sostegni di lampade, candelabri e tutti i dettagli indispensabili per realizzare un sistema completo di illuminazione elettrica che potesse competere con successo col sistema a gas. Tale era il lavoro da compiere nella prima parte del 1878. Il compito era enorme, ma noi mettemmo i nostri soldati alla ruota, ed in un anno e mezzo avemmo un sistema di illuminazione elettrica che fu un successo....

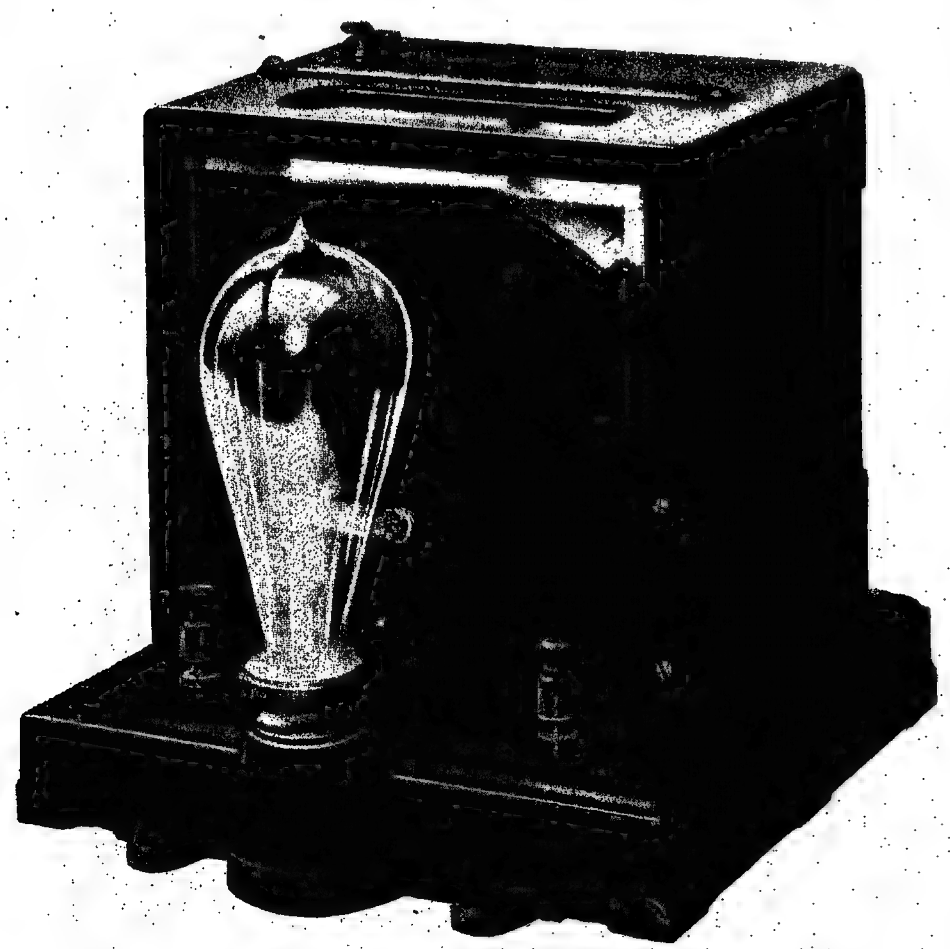


Fig. 5. - Voltmetro con lettura a zero.

« Una questione che si riferisce a questo sistema è stata spesso fatta. Perchè fissai 110 volt come pressione normale per la lampada a filamento di carbone? La

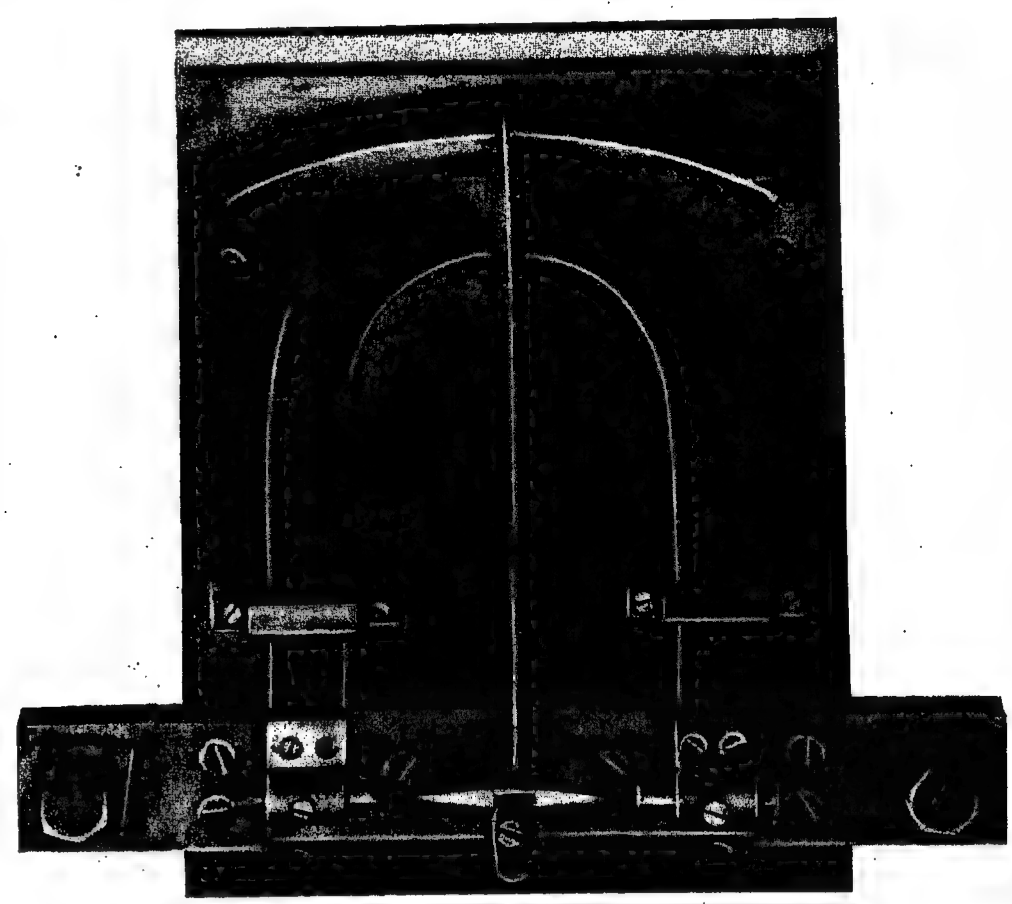


Fig. 6. - Amperometro tarato in lampade.

risposta è che io basai il mio avviso sul meglio che potessi fare per ridurre il costo del rame, e le difficoltà che si incontravano per costruire lampade a voltaggio elevato. Pensai che 110 volt fossero sufficienti per assicurare lo sviluppo commerciale del sistema; e 110 volt è ancora il voltaggio normale. »

Un professore di elettrotecnica oggi traccerebbe un programma diverso per un impianto di illuminazione elettrica con lampadine ad incandescenza?

Tommaso Edison lo tracciò e lo realizzò quando la maggior parte degli organi necessari era da costruire, e molti rappresentanti della scienza di allora si dichiaravano assolutamente contrari alla possibilità stessa della realizzazione. Il signor W. H. Preece, che fu poi direttore del Post Office Board di Londra, elettricista di fama mondiale, in una conferenza tenuta a Londra il 27 aprile 1879 affermò che l'idea di suddividere la corrente elettrica per effettuare una rivoluzione popolare nel campo dell'illuminazione delle case e degli stabilimenti era un « ignis fatuus », e che tutti gli sforzi in quella direzione eran condannati ad ignominioso fallimento.

In America non mancarono all'inventore le più alte lodi e le più gravi minacce di insuccesso fragoroso.

Non estranei eccitatori delle critiche dovettero essere i capitalisti delle aziende di gas ed il sentimento altamente conservatore dell'Inghilterra, che ottenne senza difficoltà nello stesso anno 1879 una legge, da cui deri-

varono molti ostacoli alla diffusione della luce elettrica nella Gran Bretagna. L'Italia, accogliendo il nuovo sistema con favore, ha dato anche allora al mondo civile un alto insegnamento.

L'elemento centrale del sistema Edison di illuminazione è la lampadina ad incandescenza; ma di questa non gli spetta la priorità dell'idea, nè dei primi tentativi di realizzazione; nè fu il solo in quell'intorno di tempo che si dedicasse alla costruzione su scala industriale.

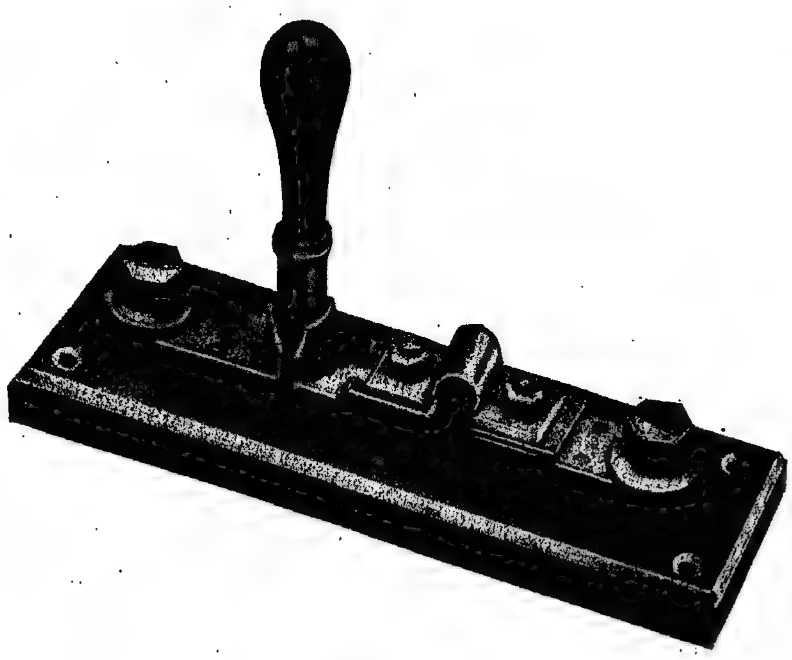


Fig. 7. - Interruttore a spina con fusibile.

Dell'uso del carbone scaldato elettricamente in un'ampolla vuota per costruire una lampada da minatore si parla, p. e., in una memoria pubblicata nel Belgio nel 1836, cioè vent'anni prima che Edison nascesse. Sir J. W. Swann, il rivale maggiore di Edison nell'argomento dell'illuminazione, che associò col Nostro anche il proprio nome nella Edison and Swann United Electric Light Co. Ltd., costruì commercialmente lampadine con filamenti di carbone nel vuoto dopo una serie di tentativi fatti contemporaneamente all'Edison, all'insaputa assai probabilmente l'uno dell'altro, e che si somiglian molto per la preparazione dei filamenti, la vuotatura delle lampade ed altri particolari. In quest'argomento la fisica già suggeriva senza ambiguità le vie che si potevano percorrere.

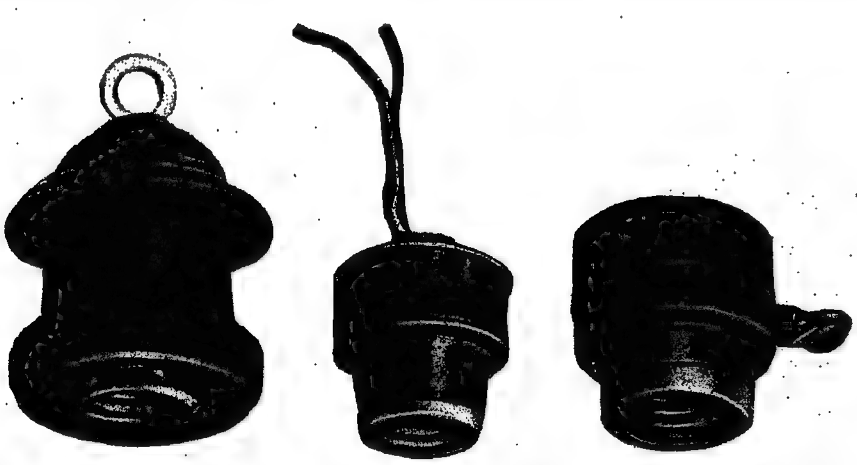


Fig. 8. - Portalampade.

Nè inventò Edison il principio della dinamo: nè apparecchi di utilizzazione della corrente furon inseriti in parallelo per la prima volta da lui.

Ma egli concepì e realizzò il grande impianto di distribuzione, e tutte le parti di questo sperimentò, migliorò e compose in armonia, sicchè non è esagerazione il dire che «inventò l'impianto».

Una pubblicazione americana fatta in occasione del quarantennio della nascita della prima Società Edison di New York ha questa frase bene espressiva:

Il suo onorifico titolo di «padre della luce elettrica domestica» è applicato ad un numero gigantesco di nuove idee ed invenzioni, di cui la lampada ad incandescenza non è che l'elemento centrale.

Delle dinamo disegnò, sperimentò, perfezionò tutte le parti principali ed accessorie: cura particolare dovè rivolgere al circuito magnetico, della cui teoria si conosceva ben poco: pensò a laminare i nuclei delle armature per diminuire la dissipazione di energia per correnti parassite: confrontò ed applicò nei vari casi tutti i tipi di eccitazione, separata, in serie, in parallelo,

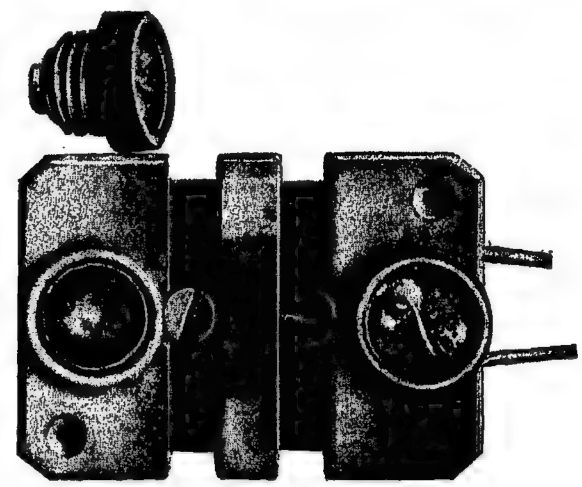


Fig. 9. - Portavalvole.

composta: immaginò il sistema a tre fili per accrescere la tensione di distribuzione: il sistema degli alimentatori (feeders) per aumentare il raggio d'azione degli impianti generatori.

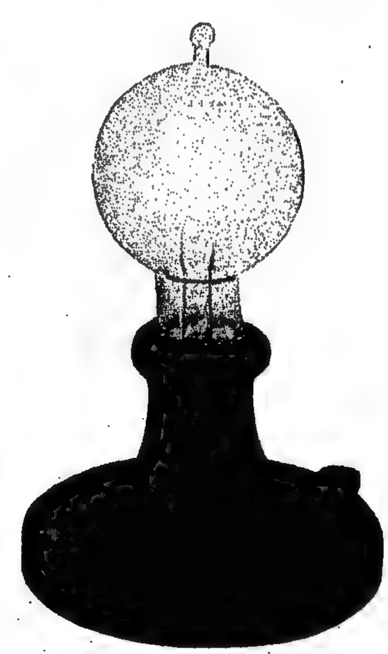


Fig. 10. - Una riproduzione della prima lampada del 1879.

Un discorso su Edison, che non dovesse essere contenuto in limiti così angusti, dovrebbe illustrare separatamente ognuno di questi argomenti e ne risulterebbe per i competenti una gustosissima storia della tecnica in quei tempi. In una stanza qui attigua è raccolta una piccola esposizione di cimeli che può supplire alla mia parola: chi la visiterà si potrà immaginare ricondotto indietro di 50 anni, quando le lampadine e gli impianti di Edison funzionarono per la prima volta. Mezzo secolo di storia ad un cimelio di elettrotecnica conferisce la stessa dignità che può derivare ad una mummia dell'età dei Faraoni. Il cangiamento che la elettrotecnica ha prodotto nel mondo non è inferiore a quello, per cui altre attività umane impiegarono millenni.

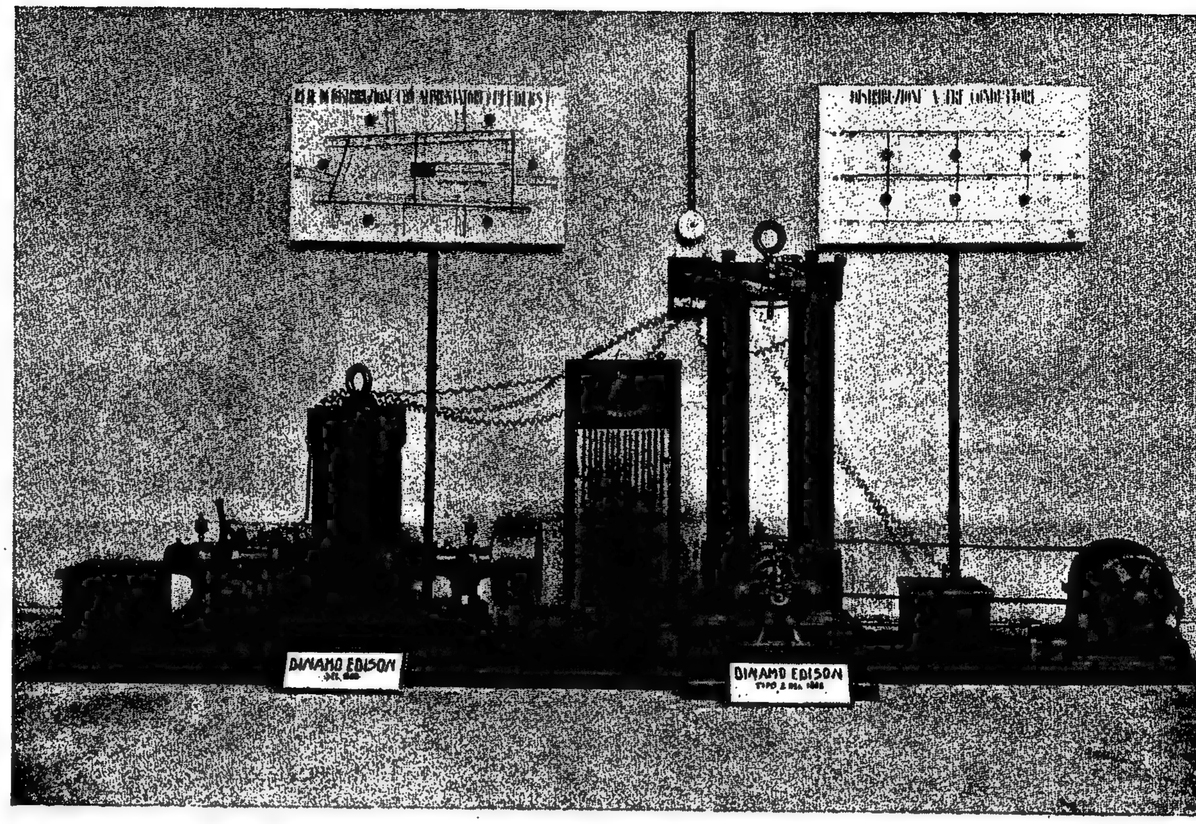


Fig. 11. - Dinamo Edison esposte in occasione della Commemorazione fatta a Milano.

Per brevità, accenno di fuga all'attività di Edison come costruttore di impianti tramviari: le sue realizzazioni in questo campo non hanno il medesimo interesse di quelle nel campo della luce e furono abbandonate presto da lui stesso.

Un'altra collana di studi sperimentali di grande merito è quella che lo condusse alla costruzione del microfono e del fonografo. Egli ridusse il microfono di Hugues ad una forma pratica seguendo lo stesso criterio che lo aveva guidato negli studi per l'illuminazione, e dimostra ancora ch'egli non inventava per il solo gusto dell'invenzione, ma per dar modo a tutti di godere i benefici dell'invenzione. Perciò non abbandonò gli studi sul microfono finchè non ebbe divisato apparecchi ed impianti, che si prestassero all'uso corrente: non abbandonò gli studi sul fonografo, finchè non pervenne ad un tipo che, riprodotto a migliaia, costituisse l'utilità e il diletto di tutto il mondo.

La storia dei suoi studi sul fonografo ha come tappe fondamentali la riproduzione dei suoni mediante indentellatura sopra lo spigolo ricavato da una striscia di carta ripiegata; quella mediante indentellatura sopra una sottile lamina di stagnola e quella mediante incisione su cera. Dai fonogrammi su cera egli passò alla matrice metallica atta a riprodurre esemplari a migliaia impiegando con straordinaria abilità il metodo della polverizzazione catodica.

« Quello in cui differisco da molti inventori, soleva egli dire, è che ho una specie di appendice di praticità; il senso degli affari e del valore monetario di un'invenzione ».

Sfiorò anche la radiotelegrafia. A giudizio di Lord Kelvin vide le scintille indotte in un risuonatore di tipo Hertziano e le fece mostrare entro una scatola nera, che inviò all'Esposizione di Parigi nel 1881. E l'osservazione associata con altre sulla magnetizzazione dei cilindri di acciaio lo condusse a concepire una forza speciale, che chiamò « eterea » e che si propaga a distanza. Ma in questo argomento di filosofia naturale soltanto intravide, non vide giusto; e forse l'abbandonò perchè non vedeva chiaro.

Successivamente tentò comunicazioni a distanza senza filo, fra linee telegrafiche fisse ed apparecchi collocati parallelamente alla linea sopra un treno in moto, ed anche a maggiori distanze, inviando su dischi metallici la scarica del secondario di un rocchetto e raccogliendo l'induzione corrispondente su dischi lontani per mezzo del suo elettromotografo.

In questo radio impianto era l'antenna: mancava la scintilla, che è la causa delle oscillazioni: e con la conoscenza del loro meccanismo all'autore mancava anche la guida per immaginare l'apparecchio ricevente. Con la scoperta del fenomeno fisico, che porta il suo nome, cioè la particolare conduttività elettrica dello spazio apparentemente vuoto fra il filamento di carbone reso incandescente ed una lastrina di metallo collocata di rimpetto entro il bulbo della macchina, l'Edison sfiorò anche l'invenzione di quella serie di meravigliosi apparecchi, diodi, triodi, poliodi, che han permesso i maggiori sviluppi nell'arte delle radiocomunicazioni, e dai quali oggi l'elettrotecnica delle grandi potenze attende una radicale modificazione degli impianti.

Per nostra fortuna la fronda del lauro destinato a cingere il capo dei sommi, che dalle verità scientifiche han saputo trarre ispirazione per inventare ordigni da cui tutta l'umanità potesse avere vantaggio e diletto, era destinata ad un Italiano, che come l'Edison ha cominciato a sperimentare giovanissimo, ed all'abilità speri-

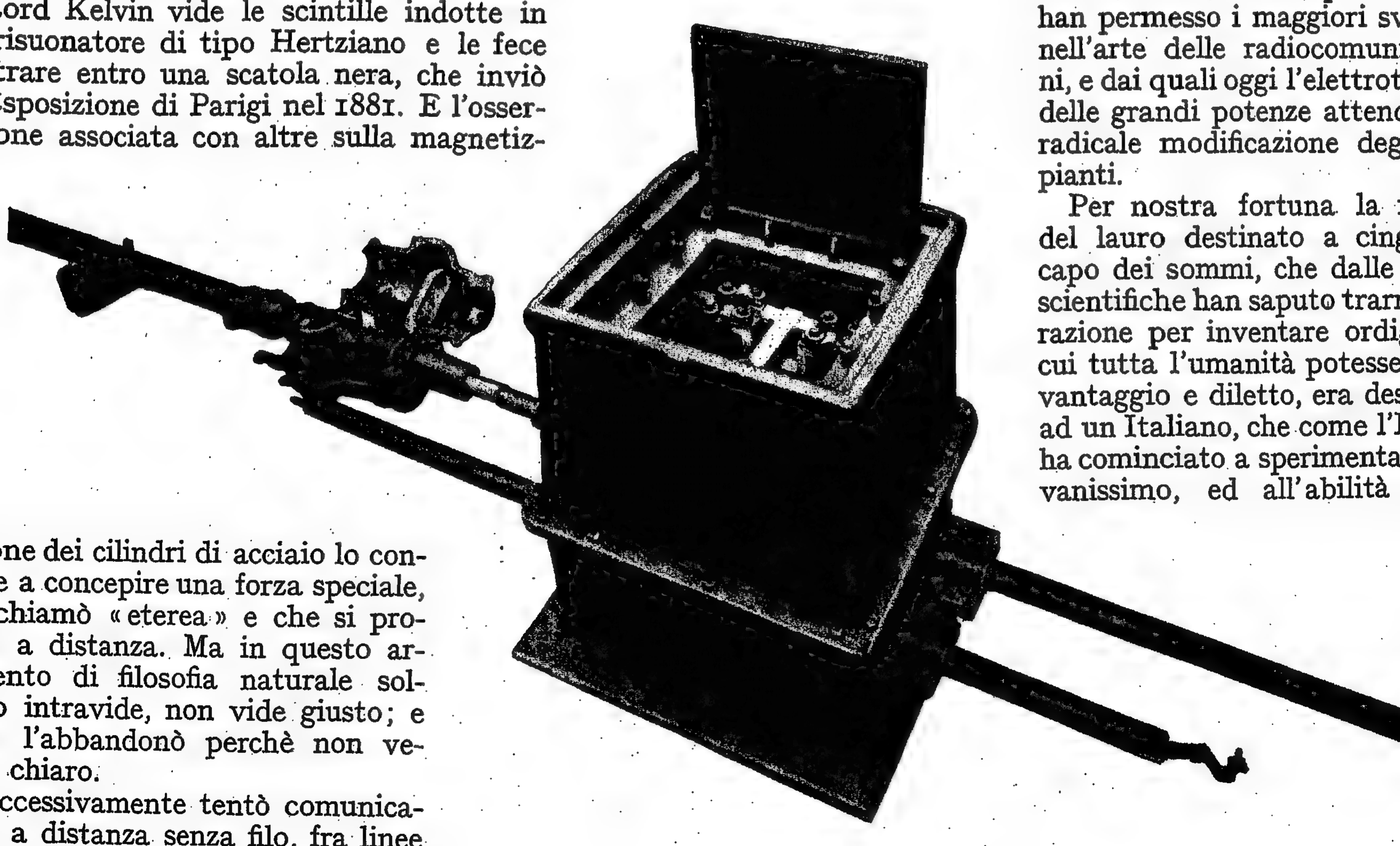


Fig. 12. - Cassetta di derivazione stradale con giunti.

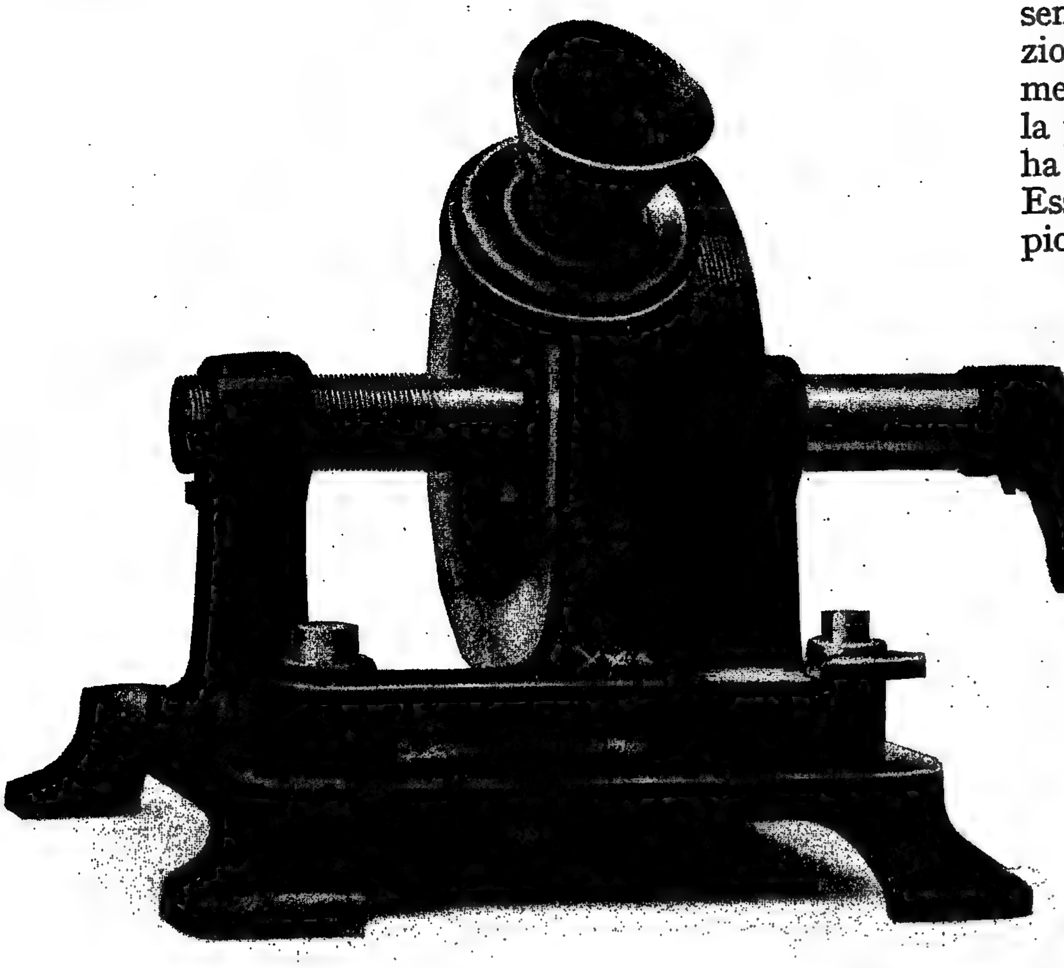


Fig. 13. - Fonografo.

mentale e all'acume inventivo associa, come Egli associava, l'intuito industriale: cui i popoli riconoscenti avrebbero assegnato il titolo di «mago» se questo non fosse stato attribuito all'Edison da circa un cinquantennio.

Mago è indubbiamente un appellativo che può sorprendere noi, che viviamo in un momento in cui i sogni e gli ultrasogni di tutta l'umanità che ci ha preceduti son divenuti realtà. Nemmeno Icaro sognava che un giorno l'uomo volasse sopra gli Oceani che non conosceva nemmeno: nessuna divinità dell'Olimpo, nessuno dei filosofi o dei poeti che preparavan loro i discorsi, ha pensato mai che gli esploratori dei deserti polari si potrebbero un giorno mantenere in comunicazione col mondo abitato, e che un papa, parlando dinanzi ad una piccola scatola fatta di granelli di carbone e pochi pezzi di metallo, potesse essere ascoltato da tutto il mondo.

Per intendere la significazione di parole come quella di «Mago» bisogna riferirsi ai tempi, e se si vuole i documenti di quest'affermazione rileggere quel che fu scritto nei giornali allora, specialmente dopo i primi annunci del fonografo. Non erano risparmiati gli appellativi più entusiasti: si riceve l'impressione che il mondo presentisse che la luce elettrica, il microfono, il fonografo, non sarebbero rimaste scoperte isolate, ma apparirebbero un giorno i primi anelli di una catena di nuove applicazioni meravigliose, l'inizio di un'era nuova di civiltà.

Tommaso Edison è stato considerato come il possessore delle chiavi di quest'era, e colui che, avendola aperta, per tutta la vita vi percorresse una via lunga e luminosa.

Per non tacere di un'altra serie di esperienze lunghissima, che condusse il Nostro ad un apparecchio di uso corrente in elettrotecnica, accennerò con vostra sopportazione, o Signori, all'accumulatore a nikel.

Il problema dell'accumulazione dell'energia ha affaticato una folla di inventori, fra cui scienziati abilissimi: non è ancora risoluto in modo soddisfacente, nè sembra che la scienza additi ancora la via per la soluzione buona: dominano ancora il campo, con cambiamenti non sostanziali da quando furono costruiti per la prima volta, gli accumulatori a piombo: l'Edison ne ha costruiti a base di nikel, e con liquidi non corrosivi. Essi non rappresentano una vittoria sul vecchio tipo a piombo, nè una vittoria definitiva nel campo dell'accumulazione; ma chiunque li osservi riconosce anche in questo apparecchio per il modo con cui ogni parte è concepita ed eseguita, l'impronta di un leone nell'arte della meccanica industriale.

Per non tacere di un'invenzione di Edison destinata alla scienza pura accennerò al microtasimetro, da lui presentato il 1880 all'Accademia di Parigi, un apparecchio per misurare piccolissime differenze di temperatura approfittando della variazione di volume di un piccolo pezzo di carbone e della conseguente variazione di resistenza di un contatto microfonico. Esso fu impiegato anche per misurare il calore che ci proviene dai pianeti.

Signori, mi consentite ancora due minuti?

Per un elenco di altri strumenti ed apparecchi inventati e costruiti dall'Edison, che non ho nominato ancora: il fonomotore, l'elicottero, il generatore piromagnetico, il fluoroscopio, il galvanometro aperiodico dead beat, il mimeografo, la penna elettrica, il megafono, l'odoroscopio, il separatore magnetico dei minerali, il cinetofono, il cinetoscopio e tutti i suoi elementi meccanici e fotografici, il telescriba, il transofono.

Per citare due industrie non elettriche, cui dedicò molta attività: la concentrazione, macinatura, preparazione, dei minerali di ferro, la manifattura del cemento Portland.

Per ricordare qualche numero; oltre 6000 furono le fibre vegetali sperimentate per trarne il filamento carbonizzato delle lampadine; più di mille i mastici per ottenere i cilindri dei fonografi, oltre 15000 le piante da cui trarre il caoutchouc, o surrogati.

Gli studi, le esperienze e le prove fatte da Edison e dai suoi collaboratori per sua ispirazione sono quasi infinite: alcune hanno interesse per i procedimenti industriali fortunati di cui han costituito la base: altre per ciò che hanno insegnato a lui e continueranno ad insegnare a tutti quelli che potranno esaminare l'immensa miniera dei suoi quaderni di laboratorio.

Uno dei più faticosi fu il lavoro sugli accumulatori, e per molto tempo non ne derivò alcun frutto saporito. Un giorno un amico gli chiese: «Non è un peccato che con tutto l'enorme lavoro fatto non abbiate ancora ottenuto alcun risultato?». Edison rispose: «Al contrario, amico mio, ho ottenuto una quantità di risultati. Ora conosco parecchie migliaia di cose, che non sono quelle che cerco e che non vanno».

I brevetti di Edison sono 1328: se li avesse ottenuti ad uguali intervalli di tempo per circa 40 anni, ne avrebbe avuto uno ogni undici giorni: l'ufficiale delle patenti di New York, cui l'Edison si presentava in persona, nei primi tempi della sua attività inventiva, disse un giorno che «quel giovanetto con i suoi passi manteneva calda la strada dell'ufficio».

Le rivendicazioni contenute nei 1328 brevetti ottenuti da Edison si riferiscono tutte a vere e proprie invenzioni sue?

Sul significato di questa parola «invenzione» è necessario intendersi. Se il titolo di inventore si desse solamente a chi è stato il primo a concepire ed enunciare un principio completamente nuovo, esso spetterebbe a ben pochi; forse a nessuno. Il tessuto del pensiero scientifico costituisce un'unità, che si allarga per l'opera di tutti gli studiosi in ogni età e in ogni Paese. Ogni maglia di questo tessuto è concatenata colle altre. Oserei dire che la trama appartiene a tutti, perchè appartiene all'ingegno umano come entità operante e creatrice. Chi crede in Dio può pensare che Egli l'ha donata all'uomo il giorno stesso che lo ha creato. Ma su quella trama l'uomo colloca i suoi punti. Molti tengono l'ago in mano per formare il punto: alcuni riescono a formare un punto più pregevole: molti contribuiscono ad aggiungere ornamenti intorno al punto formato.

Il poter riconoscere l'autore di ogni punto e di ogni ornamento non è agevole; la Società per lo più conferisce il titolo ed il merito secondo criteri diversi non sempre conformi; come per altre manifestazioni dell'umano ingegno i contemporanei conclamano glorie, che i posteri cancellano e non raramente accade il contrario.

Per le invenzioni protette da brevetto vi è il riconoscimento ufficiale negli Stati dove la domanda di brevetto è stata esaminata e giudicata preventivamente: talvolta vi sono sentenze di tribunali, che fra più persone che rivendicano lo stesso principio giudicano definitivamente. Queste sentenze costituiscono in materia di brevetti una verità ufficiale, che non è sempre la verità pura.

L'Edison ha ottenuto sentenze di tribunali in vari casi; p. e. per le priorità sul microfono, e per quelle sulla lampadina.

Il nome di inventore per alcune sue creazioni gli spetta, anche se a questa parola si conferisce il significato più stretto: per altre gli spetta in quanto perfezionò concetti e apparecchi escogitati da altri: per altre in quanto lavorò in America sovente all'insaputa di ciò che si faceva in Europa: il nome di inventore gli è stato riconosciuto in molte occasioni senza discussione da scienziati, da tecnici, da industriali, da popoli, e per ciò che è lecito di prevedere degli eventi futuri questo nome gli resterà, nè la fama sua sarà di quelle che il tempo indebolisca.

Evidentemente io non posso nemmeno accennare a tutti gli argomenti, cui questi brevetti si riferiscono: tanto più che è giunta l'ora di ammainare le vele.

Perciò e per concludere tornerò a considerazioni generali.

Ho già detto che il tempo che Edison ha dedicato al lavoro è stato addirittura eccezionalissimo. Ma non è soltanto questa l'eccezione che si è verificata per lui.

Egli ha lavorato in un'epoca eccezionalmente favorevole per le materie cui si è dedicato. Chiuso il ciclo eroico delle scoperte di elettrofisica, si iniziava intorno al 1875 quello altrettanto eroico delle applicazioni. Egli ha avuto la ventura di vivere quando tutti i più bei canti del nostro poema sono stati composti uno ad uno: moltissimi contengono una sua strofa.

Egli ha vissuto in un Paese eccezionalmente favorevole per lo sviluppo delle attività industriali. Principe dei realizzatori in fatto di industrie e di commerci egli ha vissuto in mezzo ad una pleiade di realizzatori. In America, specialmente fino alla fine del secolo scorso, le attività del tipo di quella cui si è dedicato Edison erano le più apprezzate. Poeti e filosofi non crescono, anche perchè non sarebbero intesi, in un paese giovane che ha risorse naturali immense, nel momento in cui la tecnica dimostra che la utilizzazione di queste risorse è la via che conduce alla ricchezza. E un popolo giovane pensa alla ricchezza come meta principale. Forse ora che l'America è ricca potrà l'attività industriale indebolirsi, ed anche in America nasceranno filosofi e poeti.

L'uomo eccezionalmente operoso, in condizioni eccezionalmente favorevoli di ambiente, in epoca eccezionalmente favorevole, ebbe anche il merito di un eccezionale rendimento. Questo ha stupito i contemporanei e stupirà i posteri di ogni età.

Se la gloria degli individui si misura dal loro rendimento in opere, poche glorie saranno così durature.

E possediamo noi una misura della gloria più precisa di quella del rendimento in opere? Nessuno oserebbe affermarlo.

Perciò in questo senso la figura di Edison come campione d'uomo è così alta che tutta l'Umanità può esserne orgogliosa.

Signori,

questa sera siamo riuniti per una commemorazione e per una celebrazione.

La commemorazione è un ricordo in adunanza, e poteva promuovere questo ricordo anche una voce fioca perchè il nome di Edison è così conosciuto ed alcune sue opere sono così note che ciascuno degli ascoltatori ha certamente potuto associare al ricordo cui era dedicato il discorso un proprio ricordo personale, e quello di molti sarà stato di assai maggior pregio di quello dell'oratore.

La celebrazione sarà fatta dalla musica, che è il linguaggio altissimo; e per la dedicazione dell'inno, che è al sole, di cui ogni lampada elettrica può chiamarsi un piccolo raggio che illumina gli umani quando l'astro maggiore visita altri fusi del pianeta; e per il nome dell'autore, che ha accettato l'invito di dirigere l'orchestra: e per il nome di questa sarà degna del celebrando.

Prof. Ferdinando Lori

LA COMMEMORAZIONE DI EDISON A MILANO

All'annunzio della morte di Edison, la *Società Edison*, la *«Unfiel»*, la *Federazione Fascista degli Enti Culturali*, l'*Associazione per lo sviluppo dell'Alta Coltura*, l'*Associazione Elettrotecnica Italiana*, pensarono di organizzare per il trigesimo — e cioè per il 18 novembre — una cerimonia commemorativa.

Questa si svolse nella grande sala del Conservatorio Giuseppe Verdi, ma il concorso del pubblico fu tale che si dovette collocare un altoparlante anche nella minor sala, pure gremita. E poichè non si era potuta soddisfare la grande richiesta d'inviti, l'*Eiar* provvide a trasmettere la commemorazione dalle Stazioni di Milano, Genova e Torino.

Accolsero l'invito alla cerimonia S. A. R. il Duca di Bergamo, il Prefetto Gr. Uff. Fornaciari, il Generale Cattaneo, comandante il Corpo d'Armata, il Gen. Santini, comandante la Divisione, il Preside della Provincia avv. Sileno Fabbri, il Procuratore Gen. Sen. Alberici, il Sen. Fantoli, Direttore del Politecnico, il Sen. Menozzi dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere. Il Podestà si era fatto rappresentare dal Vice Podestà Ing. Dorici e il Cardinale Arcivescovo da Mons. Cavezzali, il Generale Preti della Milizia dal Console Albano.

Erano pure presenti i capi e i funzionari delle maggiori aziende elettriche.

Nell'atrio erano state esposte e messe in funzione una dinamo Edison del 1882, già funzionante nella Centrale di S. Radegonda, ed altra dinamo Edison del 1888.

Nel salone, sotto la grande cantoria, spiccavano trofei di bandiere, i ritratti del Re e del Capo del Governo ed ai fianchi due grandi ritratti di Edison, uno di quando il grande scienziato era ai primordi della sua carriera, l'altro degli ultimi tempi. Ad entrambi sovrastava la bandiera americana.

Alle 21,30 la cerimonia venne aperta dall'on. ing. Giacinto Motta, Consigliere Delegato della Società Edison, il quale, dopo avere per gli enti promotori della manifestazione ringraziato il Principe, le Autorità e il pubblico intervenuto, pronunziò il seguente discorso:

« *Milano, che certamente senza saperlo ha prestato il suo nome, a noi tutti carissimo, ai fondatori della minuscola cittadina dello Stato di Ohio, dove ebbe i suoi natali Edison, Milano nostra non poteva rimanere nè insensibile nè muta alla scomparsa del grande americano cui siamo debitori di molte delle più significative espressioni della civiltà occidentale.*

« *Milano fu la seconda città del mondo, la prima d'Europa, ad iniziare, per merito inobliabile del concittadino Giuseppe Colombo, la distribuzione di energia elettrica ai privati, così per scopo di illuminazione come per scopo di forza motrice ; e la iniziò appunto secondo un sistema ideato e studiato* compiutamente, *anche nei dettagli, da Edison.*

« *Milano ebbe la ventura di ospitare fra le sue mura, per quasi undici anni, uno dei più eminenti, dei più amati collaboratori di Edison, scomparso prima del Maestro, voglio dire John William Lieb, che da Milano imparò ad amare l'Italia e che tornato nel suo grande Paese, capo di un potente Istituto non si scordò mai più del nostro ; e ai nostri giovani colà approdati fece per molti anni da guida e consigliere autorevole e amoroso.*

« *Milano possiede nel suo glorioso Politecnico una scuola dalla quale sono usciti molti dei più insigni cultori della scienza elettrotecnica e gran parte di quei progettisti e costruttori di impianti elettrici di cui il parere viene spesso sollecitato al di là delle frontiere, al di là degli oceani.*

« *Milano infine, asse motore di tutta l'attività economica-industriale italiana in materia di elettricità, è sede di un raggruppamento finanziario di imprese elettrihe, che non soltanto occupa il primissimo posto in Italia ma certo uno dei primissimi, se non il primo d'Europa ; e che si intitola al nome di Edison.*

« *Non occorreva di più per indurci ad offrire alla Milano colta l'opportunità di associarsi alla esaltazione di Edison.*

« *Ma la nostra idea non avrebbe potuto trovare interpreti più degni. A S. E. Pietro Mascagni, autentica gloria della musica italiana, all'Illustre Prof. Ferdinando Lori del nostro Politecnico, che hanno voluto graziosamente accettare di associare il loro nome alla commemorazione odierna, le attestazioni della nostra più sincera e commossa gratitudine.*

« *La scienza italiana che per bocca di Ferdinando Lori ci parlerà di Lui ; Pietro Mascagni che in onore di Edison dirigerà il Suo immortale* Inno al Sole, *affidandone l'esecuzione all'orchestra ed ai cori del Teatro della Scala che tutto il mondo onora ; la presenza augusta di un rappresentante della millenaria Casa di Savoia depositaria della nostra fede incrollabile nei destini della Nazione ora guidata da mano sicurissima verso un avvenire sicuramente radioso ; il concorso di un pubblico fra i più sensibili, fra i più alti d'Italia ; ecco gli elementi costitutivi del quadro di armonia e di bellezza che ci sembra degno e che offriamo alla memoria del grande scomparso, come espressione del nostro reverente omaggio* ».

Allorchè cessarono gli applausi, che salutarono lungamente l'oratore, prese la parola, per il discorso commemorativo, — che precede per intero — il prof. Ferdinando Lori, ordinario di Elettrotecnica al Politecnico milanese.

Il discorso elevato ed interessante tenne avvinto l'uditorio, il quale applaudì con calore.

La cerimonia si chiuse coll'*Inno al Sole* di Pietro Mascagni. Parve ai promotori che questa insigne pagina musicale costituisse il miglior tributo a chi della luce fu il mago. E a renderne più significativa l'esecuzione furono chiamati l'orchestra e i cori della Scala. L'illustre autore acconsentì a venire a dirigerla. Il successo fu entusiastico. Il pubblico ne volle il *bis* e questo venne concesso per l'intero inno, suscitando nuove, interminabili acclamazioni.

Così si chiuse la bella, memorabile serata, dopo la quale l'on. Motta inviava a S. E. Grandi, Ministro degli Esteri, ospite del Governo degli Stati Uniti, a Washington, il seguente telegramma:

« *Solenne commemorazione Edison trigesimo morte con intervento Mascagni esecuzione Inno Sole determinando entusiastica esaltazione grande inventore rappresenta nuova conferma inalterabile amicizia italiana per grande popolo americano* – Deputato Motta ».

ING. MARIO MARCHETTI
ASSISTENTE PRESSO IL REGIO POLITECNICO DI MILANO

Ricerche sperimentali sui sifoni autolivellatori

Seconda relazione

I. - PREMESSE.

In una relazione preliminare che vide la luce in questa medesima Rivista (1) sono stati pubblicati ed illustrati i risultati di una prima elaborazione di una numerosa serie di esperienze su modelli di sifoni autolivellatori, instituite nel Laboratorio di Idraulica e Costruzioni Idrauliche della R. Scuola di Ingegneria di Pisa.

In detta relazione preliminare l'esame era stato limitato ad alcuni degli elementi caratteristici del funzionamento idraulico dei sifoni, ed ai principali tipi provati: la completa elaborazione del materiale raccolto ha richiesto un tempo notevole, oltre che per il grande numero di determinazioni eseguite, per i calcoli piuttosto lunghi e minuziosi che è stato necessario di eseguire sui risultati delle misure compiute.

Oggetto e scopo della relazione preliminare, però, più che la discussione minuta dei risultati delle esperienze, erano stati la esposizione del problema idraulico dei sifoni autolivellatori, come si presentava dall'insieme del materiale sperimentale, e quindi la definizione degli elementi caratteristici del funzionamento idraulico; definizione di grande importanza pratica, in quanto i detti elementi sono poi quelli in base ai quali si deve procedere alla progettazione dei sifoni.

Non sarebbe certo il caso di richiamare qui per esteso dalla citata relazione i particolari procedimenti introdotti per l'esame dei risultati e per il confronto tra forme diverse e tra sifoni dello stesso tipo in diversa scala: procedimenti essenzialmente grafici i quali si dimostrarono atti a rappresentare con molta evidenza il funzionamento del sifone nelle diverse condizioni. Tali procedimenti verranno sistematicamente adottati anche nella presente nota destinata alla illustrazione del materiale sperimentale raccolto a Pisa fino al 1928, ed elaborato nell'ultimo anno, a Milano, dallo scrivente.

Affinchè però risultati e conclusioni assumessero carattere di maggiore generalità si è ritenuto opportuno di procedere nello stesso tempo ad una sintesi generale di tutte le determinazioni sperimentali compiute finora, in natura e nei laboratori di prova, sui sifoni autolivellatori.

Le notizie e i dati pubblicati furono perciò, in diversi casi, completati con elementi richiesti espressamente agli sperimentatori e da questi cortesemente comunicati: in modo che di tutto il materiale sperimentale finora venuto alla luce fu compiuta — quando possibile — la elaborazione secondo criteri analoghi a quelli adottati per le esperienze pisane.

La esposizione verrà condotta nel seguente ordine.

(1) PROF. GIULIO DE MARCHI e ING. MARIO MARCHETTI: « Ricerche sperimentali sui sifoni autolivellatori ». *L'Energia Elettrica*, giugno 1929.

Un primo paragrafo sarà dedicato alla illustrazione delle esperienze compiute a Pisa, delle quali non si fece parola nella relazione preliminare: intendiamo dei risultati relativi al funzionamento globale dei sifoni, che si riassumono nei due diagrammi caratteristici, che richiameremo brevemente più innanzi, del carico e del coefficiente del sifone, in funzione della portata scaricata. Accanto a queste verranno riprodotte poi, con lo stesso sistema di rappresentazione tutte le prove di cui si è trovata notizia nella stampa tecnica internazionale.

In un secondo paragrafo sarà considerata la questione della paragonabilità fra modelli ed opere effettive: paragonabilità che è subordinata alla possibilità di realizzare in modo più o meno completo la simiglianza fra i primi e le seconde.

Esame e confronti saranno estesi, nel terzo paragrafo, alle pressioni, che nelle prove eseguite a Pisa sono state misurate in molti punti della parete delle canne dei sifoni.

Nella presente nota però si esporranno solo le constatazioni fatte nei riguardi della distribuzione delle pressioni lungo la canna, dall'imbocco allo sbocco, i valori delle pressioni essendo dedotti da piezometri applicati in punti succedentisi lungo la mezzeria della canna.

In altra nota fu già indagata la distribuzione delle pressioni al contorno della sezione più alta (e verticale della canna) (1).

Dall'insieme delle constatazioni e delle considerazioni esposte emergerà poi secondo quale indirizzo possano utilmente procedere le eventuali ricerche di laboratorio che si rendessero necessarie per lo studio di nuovi tipi di sifone e saranno precisati gli elementi che hanno essenziale importanza dal punto di vista costruttivo.

Terminologia e curve caratteristiche.

Richiamiamo brevemente dalla relazione preliminare che il funzionamento di un sifone di determinata forma geometrica e di dimensioni assegnate è definito dalla curva che fornisce per ogni valore della portata scaricata q il corrispondente livello h del pelo liquido (in condizioni di regime) nel bacino di alimentazione a monte, rispetto al baricentro della sezione finale; h rappresenta evidentemente il salto utile.

Altro elemento che riesce utile adoperare, nella presente nota, per mettere a confronto i sifoni geometricamente simili, è il coefficiente di efflusso (rendimento) μ che ha l'espressione puramente numerica (fig. 1 *a*):

$$\mu = \frac{q}{\sigma\sqrt{2g\,(h_o + \Delta_1)}} = \frac{q}{\sigma\sqrt{2g\,h}}$$

(1) ING. MARIO MARCHETTI: « Ricerche sperimentali sui sifoni autolivellatori ». I^a Relazione. *L'Energia Elettrica*, ottobre 1931.

ossia è il rapporto fra la portata scaricata e la *portata teorica* del sifone che corrisponderebbe alla sezione di efflusso σ (sezione terminale della canna) e alla velocità torricelliana relativa al salto h.

Questo salto è pari alla somma del salto teorico h_0 — dislivello fra la *soglia* del sifone e il baricentro della sezione di efflusso — e del *rigurgito* Δ_1 nel bacino di alimentazione (figura 1 *a*) (1).

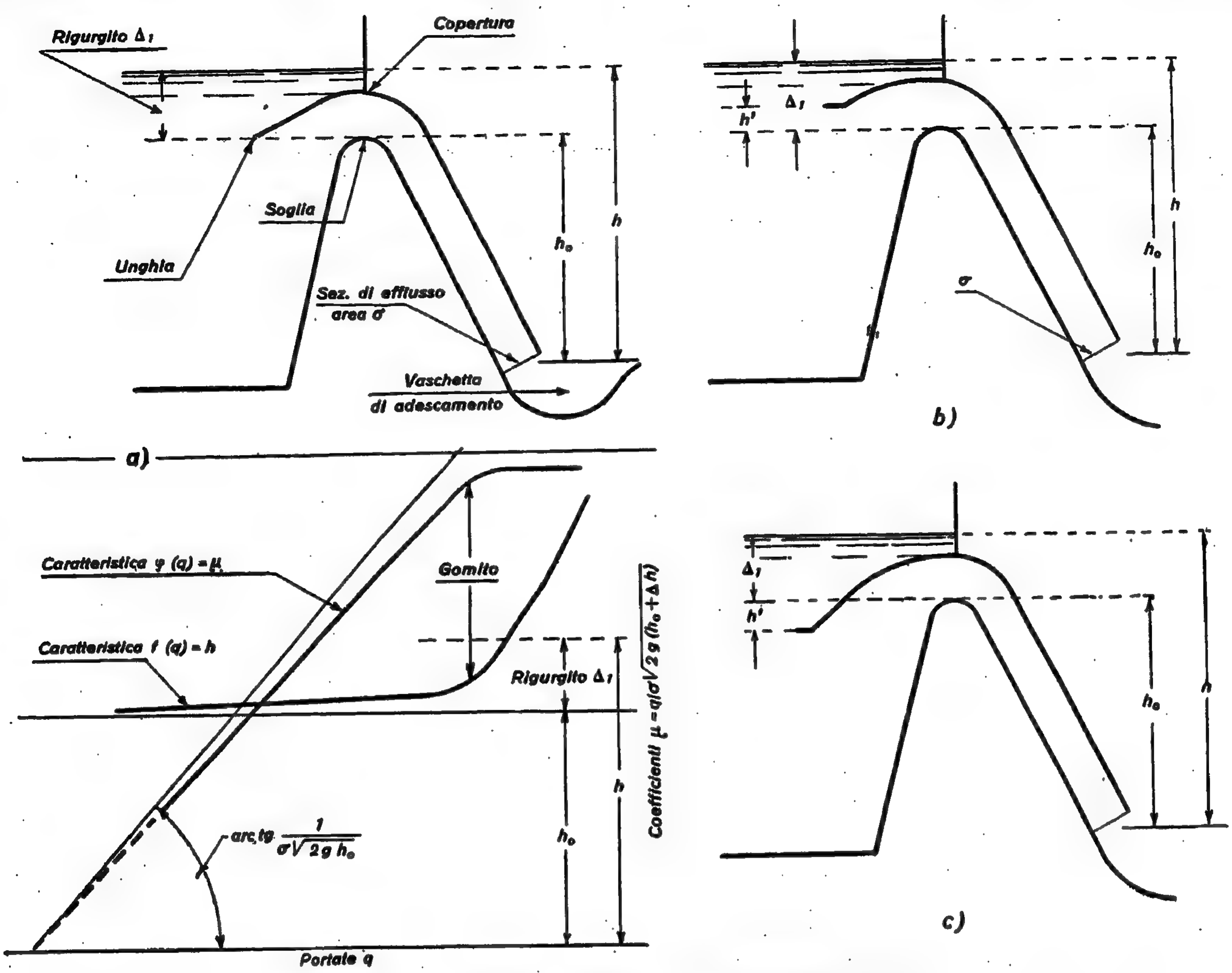


Fig. 1 *a*), *b*), *c*). - Schemi di sifone e rappresentazioni grafiche.

Le curve

$$h = f\,(q)$$
$$\mu = \varphi\,(q)$$

che in funzione della portata scaricata rappresentano rispettivamente il salto utile $h = h_0 + \Delta_1$ ed il rendimento μ si possono adottare come *caratteristiche di funzionamento* del tipo di sifone per il quale sono state tracciate.

Circa le proprietà delle caratteristiche si ricorda qui soltanto che la loro particolare forma è specialmente dovuta al fatto che con rigurgiti limitati il sifone aspira dall'imbocco dell'aria che la corrente trascina con sè.

In tale caso (fig. 1 *a*) la caratteristica φ si avvicina alla retta uscente dall'origine ed avente coefficiente angolare $\dfrac{1}{\sigma\sqrt{2gh_0}}$ e quindi fornisce valori rapidamente crescenti di φ al crescere della portata scaricata.

Il funzionamento corrispondente a questo ramo di caratteristica è quello per il quale i sifoni funzionano propriamente come livellatori.

Invece per i valori maggiori della portata scaricata, i rigurgiti sono rapidamente crescenti al crescere delle portate in relazione al fatto che l'aria trascinata dall'imbocco è in quantità minima o nulla: in tale caso il sifone funziona propriamente come una luce particolarissima munita di tubo addizionale ed il ramo corrispondente della caratteristica φ tende a fornire valori costanti, od anche decrescenti, del rendimento, al crescere dell'ascissa.

Fra i due rami sopra detti le curve f e φ presentano un andamento intermedio, una specie di *gomito*: con questa locuzione faremo riferimento in ciò che segue al tratto di caratteristiche che rappresenta questo funzionamento intermedio, o di passaggio, che si potrebbe anche indicare *critico* in quanto dalle prove è emerso che per esso le caratteristiche f e φ non sono nettamente definibili perchè allo stesso valore della portata possono corrispondere, specie in particolari tipi di sifone, valori differenti del rigurgito Δ_1.

Qualche volta, per comodità di grafico, anzichè tracciare la caratteristica $h = f\,(q)$ abbiamo tracciato la curva dei rigurgiti Δ_1, in funzione delle portate scaricate. È evidente che le due rappresentazioni si equivalgono.

In quanto precede abbiamo fatto particolare riferimento allo schema di sifone rappresentato in fig. 1 *a*) nel quale l'*unghia* a monte della copertura è allo stesso livello della *soglia sfiorante*.

Per alcuni dei sifoni di cui saranno riportati i risultati sperimentali tale particolare costruttivo non si verifica, ma il modo di rappresentazione dei risultati rimane efficace anche per questi sifoni e le caratteristiche hanno ancora il significato sopra spiegato pur presentando qualche particolare del resto evidente.

In fig. 1 *b*) è schematicamente rappresentato un tipo con *unghia* di copertura più elevata del segmento h' rispetto alla soglia sfiorante.

In tale caso Δ_1, che ha ancora il significato di rigurgito rispetto al livello della soglia, non è sempre dovuto al funzionamento come sifone. Per i valori $\Delta_1 < h'$ il funzionamento è propriamente quello di uno stramazzo.

---

(1) L'espressione soprascritta per il coefficiente μ vale per sifoni aventi lo sbocco non rigurgitato. Quando ciò non fosse l'espressione dovrebbe tener conto anche del valore del rigurgito a valle.

Per i sifoni del tipo rappresentato in fig. 1 *c*), nei quali l'unghia a monte della copertura si prolunga più bassa della soglia sfiorante, se non vi è nessun dispositivo di aereazione a monte, per i valori più piccoli della portata la caratteristica $h = f(q)$ si avvicina alla retta $h_0 - h'$ mentre la $\mu = \varphi(q)$ tende alla retta avente coefficiente angolare

$$\mu = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\,g\,(h_0 - h')}}$$

Terminando queste considerazioni circa il significato dei simboli ed il modo adottato per la rappresentazione dei risultati ottenuti nelle prove sui sifoni osserviamo che nelle espressioni del coefficiente μ non compare nessun termine che tenga conto delle condizioni di sbocco: ciò perchè in tutti i casi qui considerati non avviene che lo sbocco sia rigurgitato. Se in taluni casi e per particolari condizioni di funzionamento la vena effluente non è risultata nettamente libera nell'aria per la presenza di rigurgiti o di vortici, detti rigurgiti o vortici si sono considerati propri della forma dello sbocco ritenendone l'effetto conglobato nel valore del coefficiente μ.

II. – Prove del Laboratorio di Pisa su varianti di modelli. Richiamo alle prove eseguite in altri laboratori.

Nella relazione preliminare ripetutamente ricordata sono stati riportati i risultati ottenuti nel Laboratorio di Pisa sopra un certo numero di differenti modelli di sifone.

Riassumiamo, a complemento del precedenti, e con riferimento agli elementi che già hanno visto la luce, i risultati forniti da altri tipi, i quali in parte sono il frutto di modificazioni dei modelli sui quali si è già riferito.

Questi risultati trovano una rappresentazione grafica espressiva nei diagrammi tracciati col criterio consueto nelle figure da 1 a 5 nei quali sono anche riportati gli schemi dei modelli sperimentati.

Le figure richiedono qualche commento:

a) *Mod. IV* (fig. 2). È una derivazione del tipo rappresentato in fig. 9 della relazione preliminare, dal quale è stato asportata parzialmente (diagramma a triangoli) e poi totalmente (diagramma a cerchietti) la vaschetta terminale, in modo che infine il sifone è stato ridotto a scaricare verticalmente. Il modello e le varianti che ha subito lo sbocco risultano anche dalla stessa fig. 2.

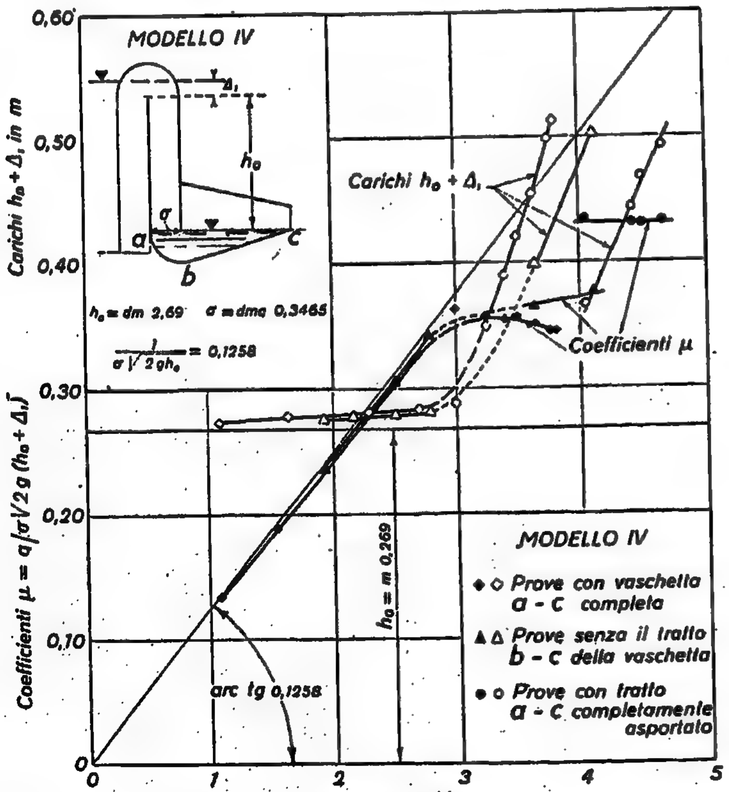


Fig. 2. - Caratteristiche del modello IV con diversi tipi di vaschetta allo sbocco.

Si nota che a pari portata i coefficienti del sifone sono minori o, quello che è lo stesso che i rigurgiti nel bacino di alimentazione sono maggiori, per il caso di sbocco con vaschetta completa; ma mentre essi differiscono lievemente (al massimo del 2 %) dai valori corrispondenti rilevati per il caso con vaschetta asportata a partire dal punto più basso della curva (tratto *b c* in figura), invece le prove compiute con vaschetta completamente asportata hanno fornito un coefficiente superiore dell'8 % rispetto a quello trovato con vaschetta completa. Tale scostamento dimostra come le curvature allo sbocco determinino una riduzione di portata e permette di localizzare tale effetto al tratto *ab* immediatamente a valle del tronco verticale della canna.

Si noti che i coefficienti di efflusso ricavati nei tre casi sono direttamente confrontabili perchè i computi di detti coefficienti sono riferiti alla stessa area della sezione di efflusso ed allo stesso salto teorico.

I valori ricavati nelle prove con vaschetta completamente asportata, non hanno un vero interesse in sè stessi perchè è certo rarissimo che possa presentarsi in pratica l'opportunità di ricorrere alla forma corrispondente, tanto più che la mancanza di chiusura idraulica a valle non rende possibile l'adescamento per piccoli rigurgiti. Ciò si nota anche nella figura citata, ove appare che la minima portata per la quale si è potuto ottenere l'adescamento è stata di 4 *l/sec* circa, in corrispondenza ad un forte rigurgito nel bacino di alimentazione.

Il valore più elevato raggiunto dal coefficiente (0,43) dimostra però che la piccola entità (0,35) del coefficiente fornito dal tipo con vaschetta completa a valle, è dovuta nella massima parte alla brusca deviazione che subisce la corrente in corrispondenza della soglia sfiorante.

Poichè è dimostrato che nei tipi con soglia di sfioro ben studiata (si vedrà il tipo Smrcek) si può ottenere un coefficiente pari a 0,83 ed osservando che lungo la canna discendente le perdite di carico continue si possono ritenere trascurabili o paragonabili nei due tipi Smrcek e *IV* senza vaschetta, ciò porta a ritenere che studiando opportunamente la forma dell'imbocco si può migliorare il coefficiente di almeno del 40 % il che corrisponde a diminuire del 73 % il salto del sifone.

Nei diagrammi di fig. 2 per le prove con vaschetta completa, è nettamente visibile la diminuzione del coefficiente con l'aumento della portata (tratto della caratteristica a destra del gomito).

Si ritiene che ciò si possa porre in relazione alle diverse contrazioni che subisce la corrente per effetto della brusca deviazione all'imbocco ed al fatto che la contrazione può aumentare col carico (o colla velocità della corrente).

Le curve del coefficiente e del rendimento in corrispondenza del gomito sono tracciate a tratti perchè durante le prove si rilevò che per i corrispondenti valori delle portate il funzionamento del sifone non era stabile nel senso che non era possibile mantenere a regime la portata del sifone.

b) *Mod. VI*. Alcune serie di esperienze compiute nel Laboratorio di Pisa e non ancora pubblicate riguardano il modello contrassegnato *VI* (fig. 3) che ha la particolarità di avere la canna di limitata proiezione orizzontale. Le prove si svolsero con l'impianto capace della massima portata di l/sec 10 e compresero tre serie relative rispettivamente al modello come rappresentato in figura e a due varianti della forma di sbocco.

Il modello originale non presentava il tratto *a b*, in corrispondenza allo sbocco, necessario a formare vaschetta di adescamento, ma le esperienze dimostrarono chiaramente che con tale modello l'adescamento avveniva con grande difficoltà in corrispondenza dei piccoli rigurgiti: ciò appare anche dai grafici relativi (diagrammi relativi ai punti contrassegnati con cerchietti) nei quali si nota che fra le portate di l/sec 2,50 e 5,75 non esiste nessun punto sperimentale.

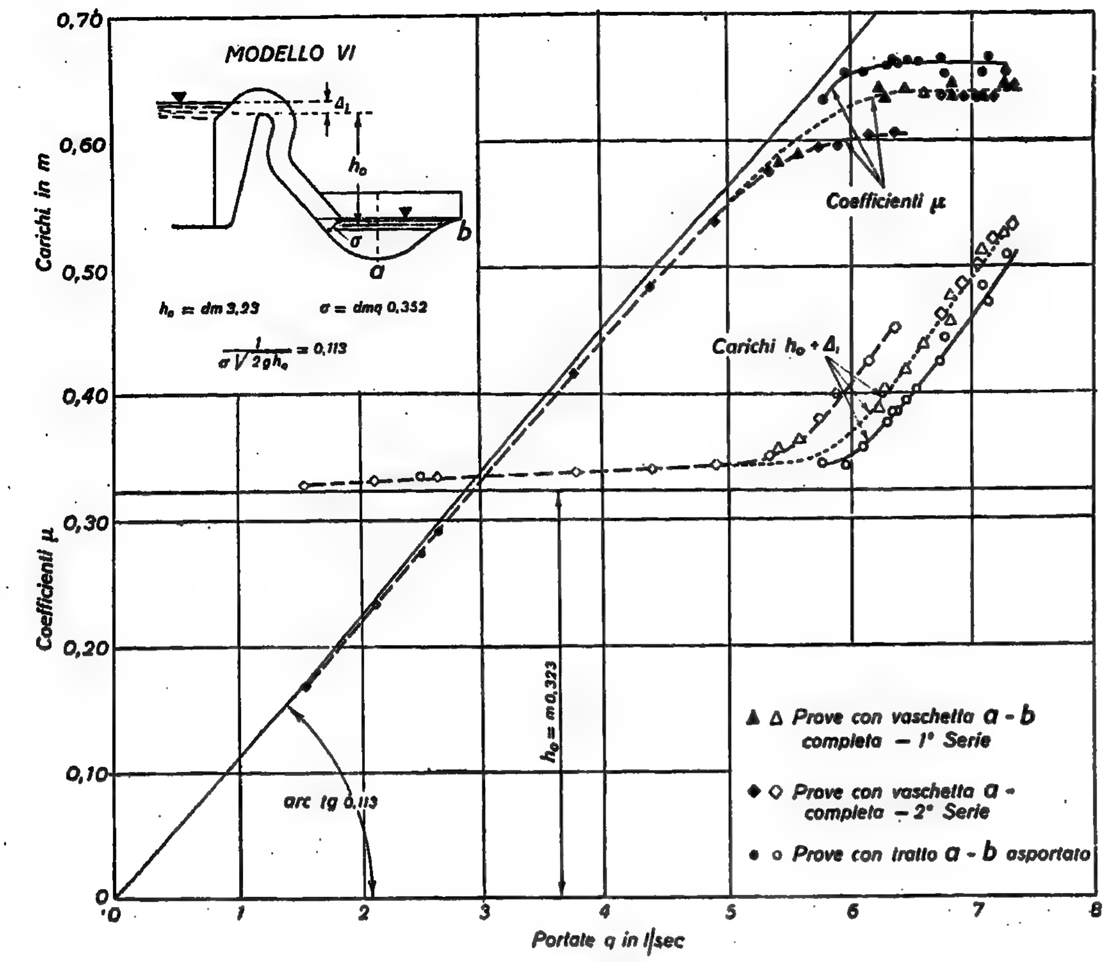


Fig. 3. - Caratteristiche del modello VI e sue varianti allo sbocco.

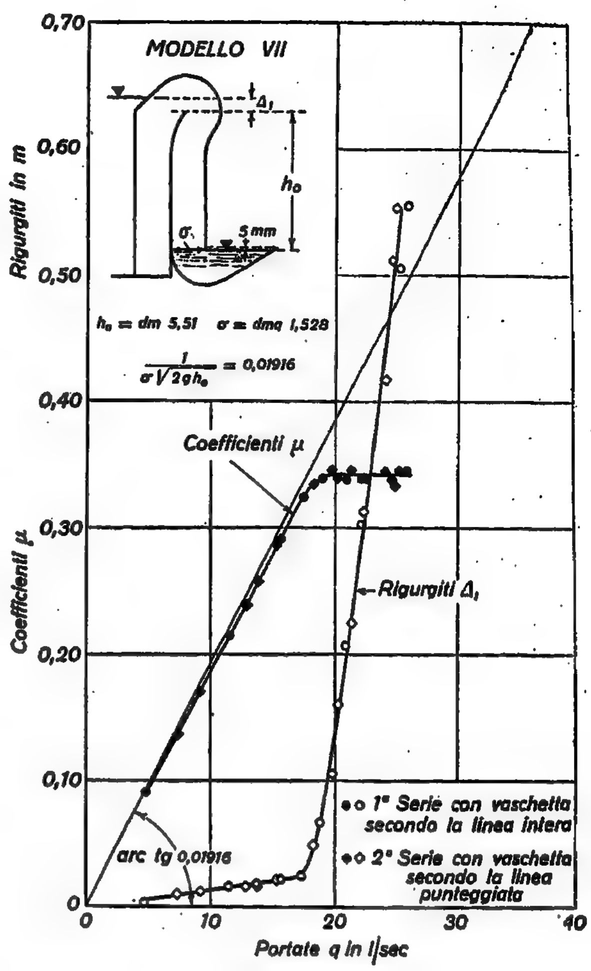


Fig. 4. - Caratteristiche del modello VII e sue varianti allo sbocco.

Effettivamente abbiamo cercato di esaminare anche il detto intervallo, ma non abbiamo potuto raggiungere le condizioni di regime: precisamente nel cassone di alimentazione il livello si elevava fino a valori notevoli del rigurgito per i quali il sifone si adescava con portate superiori a quella di alimentazione; quindi si svasava il detto bacino e il rigurgito decresceva fino al disadescamento per tornare ad alzarsi fino ad adescarsi di nuovo e così di seguito: in una parola si aveva un funzionamento a scatti.

Per ovviare all'inconveniente si dispose il tratto *a b* a formare vaschetta e sulla forma così derivata si compierono le due serie di prove indicate con triangoli e quadrati rispettivamente, completando così la caratteristica del sifone anche per i minori valori della portata.

È da notare che nelle serie di prove ora dette non si ottennero dei valori ben rappresentabili con una unica curva chè, anzi, si poterono individuare due diverse caratteristiche di funzionamento per le portate che, presso a poco, sono intorno all'ascissa del gomito: invece per le portate più elevate, quando sicuramente il sifone funziona come una bocca seguita da tubo addizionale, le caratteristiche f e φ sono assai ben definite ed i punti sperimentali delle due serie di prove sono ben concordanti.

L'instabilità sopradetta equivale allo scostamento del 3 % nel valore del coefficiente. L'effetto del tratto *b c* della vaschetta si può sintetizzare anch'esso nella variazione del coefficiente: come si rileva dal grafico, tale variazione è del 2 ÷ 5 % a seconda che si consideri l'uno o l'altro dei due regimi possibili quando la vaschetta è completa del tratto *a b*.

c) *Mod. VII*. Le prove sono state compiute con l'impianto capace di 50 l/sec. Nella fig. 4 in alto è rappresentata la sezione trasversale che appartiene al tipo Gregotti, ma con il labbro sfiorante piegato verso valle e la superficie di copertura che all'imbocco forma una curva di 180° circa.

La figura citata mostra anche i risultati di due serie di prove eseguite con il labbro della vaschetta di adescamento posto al livello della sezione di efflusso o leggermente più alto.

La prima constatazione che può rilevarsi dai diagrammi è che non si nota una apprezzabile differenza fra i risultati ottenuti nelle due condizioni di sbocco sopra dette.

Il coefficiente massimo rilevato vale circa 0,33 e non si discosta sensibilmente da quello relativo al modello *IV* di fig. 2 per il quale all'imbocco la copertura è tracciata con un semicerchio con diametro orizzontale; quindi le prove mostrano che il profilare la soglia sfiorante come in modello *VII* e cioè in modo che la parte dell'imbocco verso il bacino di alimentazione sia più graduale, non ha importanza agli effetti del valore del coefficiente.

Ciò probabilmente è dovuto al fatto che l'effetto della forma più raccordata è contrastato dalla maggiore deviazione angolare che la corrente subisce all'imbocco.

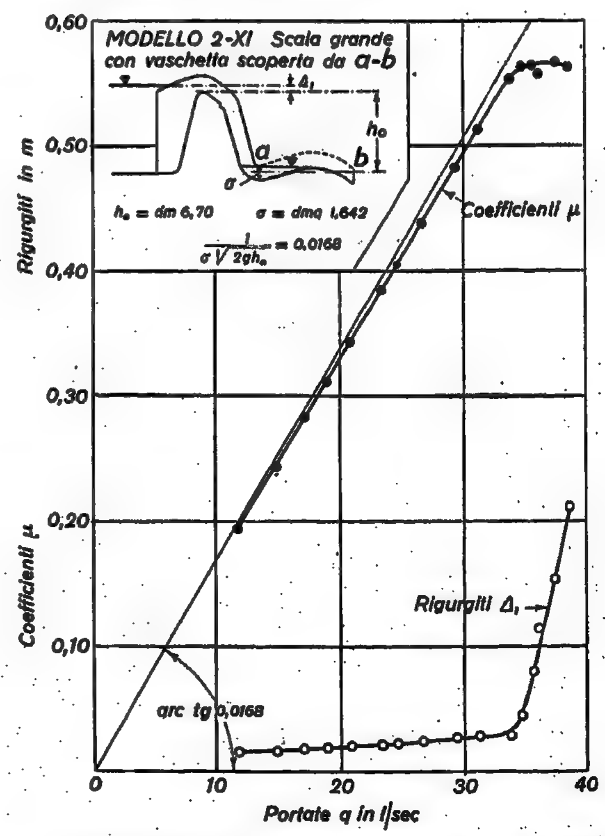


Fig. 5. - Caratteristiche di funzionamento del modello 2-XI.

d) *Mod. 2-XI*. Le prove sono state eseguite colla installazione capace di l/sec 50. In fig. 5 è schematizzata la forma sottoposta ad esperimento quale derivò dal modello 2° (fig. 7 della relazione preliminare) scoperchiando il tratto *a b* dello sbocco, fino alla sezione più bassa della canna.

Dai diagrammi appare che nel modello 2-*XI* il massimo coefficiente rilevato fu 0,57: di poco inferiore è il valore $\mu = 0,55$ che corrisponde al gomito della caratteristica φ.

I rendimenti risultano piuttosto piccoli e in corrispondenza i rigurgiti a monte piuttosto elevati: ciò è più evidente dal confronto di fig. 6 fra i rigurgiti relativi al modello in esame e a quello contrassegnato 2-*X*.

Questi modelli differiscono fra loro solamente nello sbocco. Nel modello 2-*X* la canna copre la vaschetta di adescamento fino alla sommità *b*; in entrambi la canna ha sezione costante ed è di area pari all'area della sezione di efflusso che ha la stessa superficie per i due modelli.

Dal punto di vista costruttivo è certo che il breve prolungamento della copertura del tipo 2-*X* non ha nessuna importanza; il salto geometrico necessario per la costruzione è in ambedue lo stesso perchè è il dislivello comune fra la soglia sfiorante all'imbocco e la soglia formata dalla curva posta presso lo sbocco e convessa verso l'alto.

Sono quindi confrontabili senza nessuna riduzione i valori delle portate e dei rigurgiti a monte rilevati direttamente durante le esperienze e ciò specialmente perchè, come si è detto, in entrambi i tipi le aree della sezione di efflusso sono le stesse.

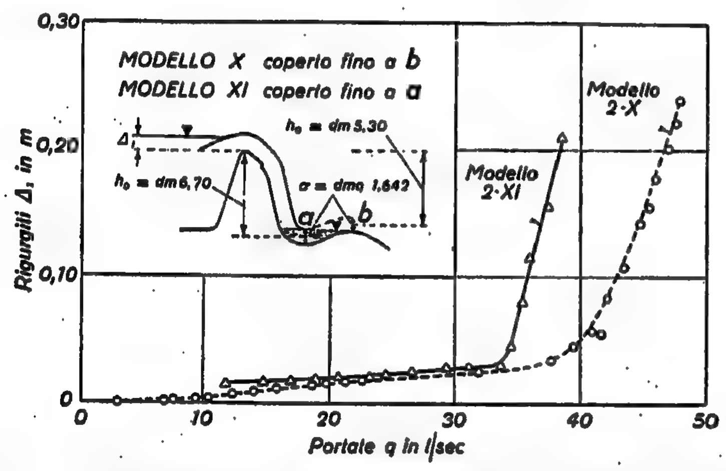


Fig. 6. - Confronto fra le caratteristiche del modello 2-XI e quelle del modello 2-X.

Il confronto eseguito in fig. 6 mostra che nel tratto di caratteristica per il quale i rigurgiti si mantengono piccoli, il modello 2-*XI* a pari portata scaricata richiede un rigurgito superiore di almeno il 20 % rispetto a quello del modello 2-*X*: presso il gomito della caratteristica, (in corrispondenza di circa 34 l/sec) che è un punto di funzionamento assai interessante per il calcolo dei sifoni, si osserva che, a pari rigurgito, la portata scaricata dal modello 2-*X* supera quella del modello 2-*XI* di oltre il 15 %.

Qualora i tipi in parola si volessero utilizzare anche nel ramo della caratteristica che corrisponde a portate superiori ai 34 l/sec, evidentemente il 2-*X* risulterebbe preferibile al 2-*XI* se si assume come elemento di giudizio l'entità del rigurgito nel bacino di alimentazione.

È molto probabile che la minore efficienza del tipo scoperto sia da mettersi in relazione alla brusca piegatura della canna nel punto più basso che invece per il modello 2-*X* dà luogo al formarsi di una depressione analoga a quella che si verifica nelle luci con tubo addizionale.

Concludendo risulta evidente che allo scopo pratico di ottenere una migliore efficienza conviene adottare la forma contrassegnata 2-*X*.

In quanto segue esponiamo in modo sintetico i risultati raggiunti da altri sperimentatori su tipi diversi da quelli provati a Pisa.

Abbiamo condotto la elaborazione del materiale sperimentale nel modo stesso adottato per le esperienze sopra riportate riferendoci, quando è stato possibile, ai dati originali.

Spesso i dati pubblicati sono stati integrati da notizie fornite direttamente dagli autori delle prove i quali ci è grato qui ringraziare. Si rivolgono specialmente i più vivi ringraziamenti al Prof. Ettore Scimemi che ci ha fornito i risultati inediti relativi al sifone del tipo Hetch-Hetchy e molte notizie

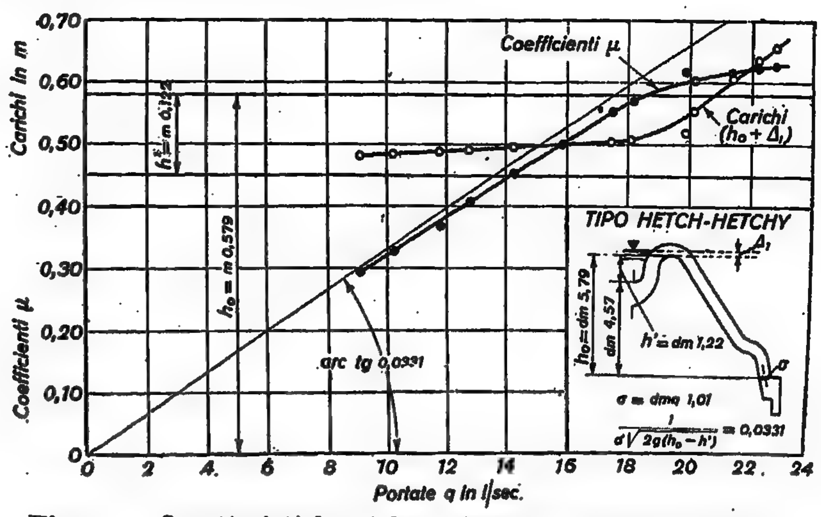


Fig. 7. - Caratteristiche del modello tipo Hetch-Hetchy.

supplementari sulle esperienze che egli ha condotte su altri tipi assai interessanti, esperienze delle quali si utilizzano i risultati in altra parte di questa nota.

La sintesi che ora si svolge (figg. da 7 a 11) permette un efficace confronto fra tipi diversissimi ed offre altresì il modo di documentare alcune osservazioni sull'effetto che ha la forma delle singole parti dei sifoni.

a) *Tipo Hetch-Hetchy*. Le prove che i diagrammi di fig. 7 riassumono sono state compiute a Padova; e come è stato detto si deve alla cortesia del Prof. Scimemi che le ha eseguite, se si può ora dar notizia dei risultati compiuti sul tipo interessante per la forma particolare e per l'importante applicazione che se ne è fatta allo sfioratore di superficie della diga omonima (1).

Il modello, nella scala di 1/20 rispetto all'opera costruita è stato sperimentato senza riprodurre la bocchetta di aereazione che nella costruzione in esercizio si trova al livello della soglia.

Nelle prove di laboratorio si raggiunse un coefficiente un po' minore di 0,63 che, probabilmente, è assai vicino al massimo raggiungibile anche per i rigurgiti maggiori di quelli raggiunti nelle esperienze.

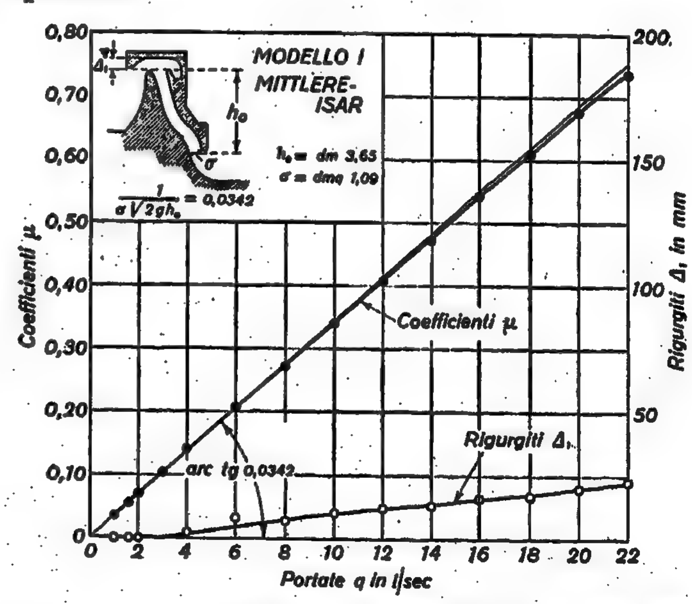


Fig. 8. - Caratteristiche del modello 1º Mittlere-Isar.

b) *Mod. 1º Mittlere-Isar — Esperienze di Hinderks*. Nella fig. 8 sono riportati i risultati delle prove compiuti a Monaco di Baviera su di un modello (2) del tipo Heyn con canale la-

(1) La batteria di sifoni posti alla diga di Hetch-Hetchy è fornita di 18 unità alle quali è assegnata la capacità di scarico di 565 mc/sec. Per i particolari costruttivi vedi *Engineering* anno 1926, Vol. II, pag. 94 e tav. IX dello stesso volume.

(2) « Modellversuche über die zweckmässigste Gestaltung einzelner Bauwerke » pag. 29: R. OTTO MITTELBACH, 1923.

La pubblicazione originale a cui occorre rimandare il lettore, contiene molti interessanti rilievi sperimentali circa il funzionamento del modello in diverse condizioni di carico e molte osservazioni qualitative sui caratteri del moto.

terale di adescamento presso l'imbocco ed il consueto dente di adescamento nell'interno della canna.

Come mostra la caratteristica del coefficiente μ, le esperienze

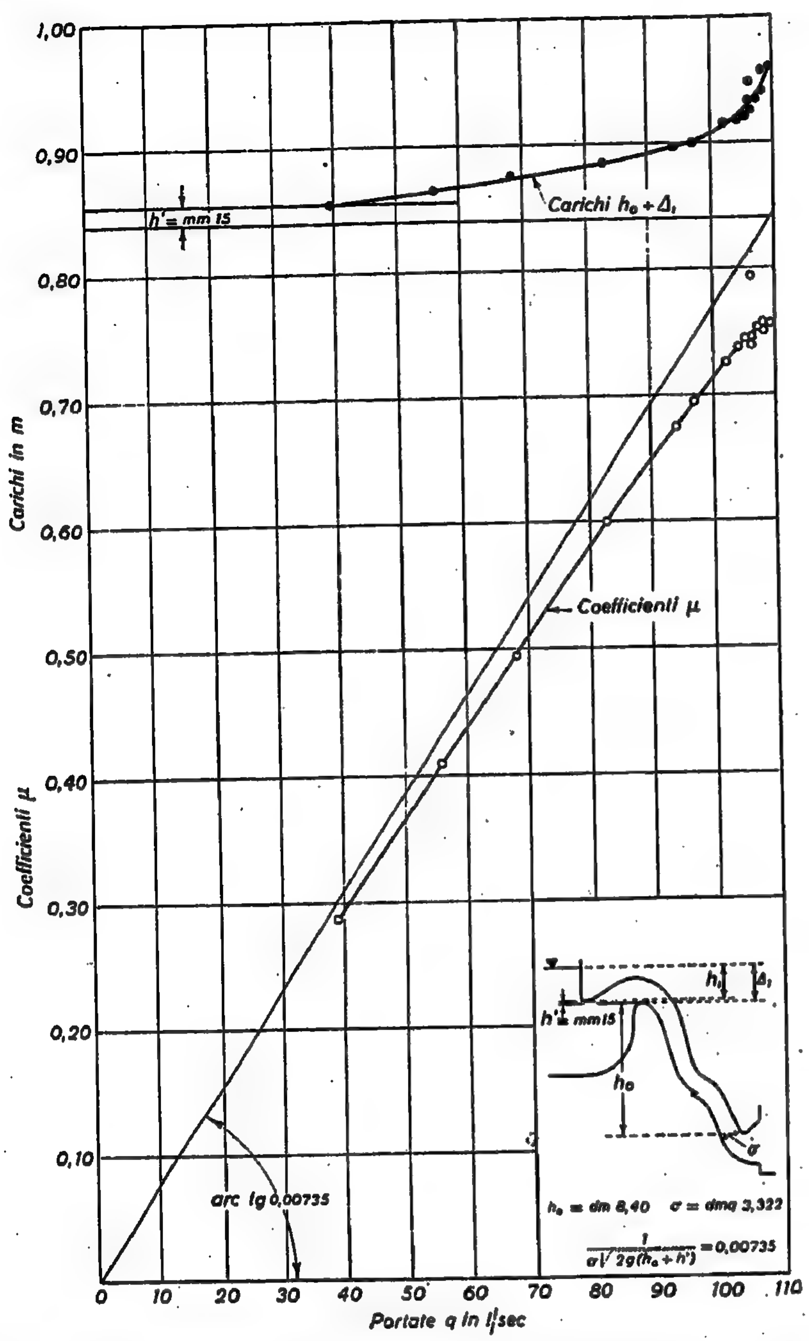


Fig. 9. - Caratteristiche del modello 1° delle esperienze di Hinderks.

furono limitate ai casi di funzionamento con piccoli rigurgiti per i quali casi il coefficiente stesso cresce all'incirca in modo lineare con la portata.

Il valore massimo pari a 0,74 è veramente notevole per valore assoluto: anche il rigurgito corrispondente non è grande perchè vale solo il 6 % circa del salto teorico h.

La fig. 9 rappresenta uno dei modelli sperimentati da Hinderks (1) nel Laboratorio di Hannover. Il tipo è derivato da quello Heyn del quale presenta la curva della canna ed il dente posto per l'adescamento: rispetto alla forma originale il tronco di imbocco presso il bacino di alimentazione è raccorciato e la superficie inferiore di tale tronco ha una curvatura studiata in modo particolare.

Nel modello in parola la soglia è di m/m 15 più bassa dell'unghia a monte per modo che quanto il rigurgito Δ_1 è minore di tale quantità, il sifone funziona come stramazzo. Gli esperimenti non sono stati estesi ai casi con bassi valori del rigurgito e neanche ai casi con rigurgiti molto forti; come mostrano le caratteristiche di fig. 9, è di poco oltrepassato il valore della portata che corrisponde al gomito delle caratteristiche.

È notevole osservare che per valori di Δ_1 pari al 7 % del

...ersuchung an selbstätigen Saug-

...ltati sperimentali dei quali si è ... rilievi relativi ad un modello ...erisce circa interessanti indagini

salto teorico il coefficiente μ vale circa 0,70 ciò che concorda assai bene con quanto si è rilevato per il modello già contrassegnato coll'indicazione Mittler Isar 1° che, salvo la presenza del canale laterale di adescamento all'imbocco, è simile al tipo sperimentato da Hinderks.

Le prove di laboratorio di Hannover si estesero anche ai casi di efflusso con sbocco rigurgitato con un cuscino d'acqua d'altezza pari all'incirca a metà del salto del sifone: in tali condizioni il coefficiente di efflusso relativo alle portate più elevate risultò diminuito dal 6 all'8 %.

c) Esperienze di Smrcek (Laboratorio di Brno) (1). Furono dirette a studiare un tipo di sifone da adottarsi come sfioratore della diga di Kynicky, che doveva scaricare in piena la portata di mc/sec 400, il massimo sopraelevamento consentito essendo di m 1.

Le ricerche di laboratorio, in scala 1/20, furono indirizzate verso forme per le quali la canna si adattasse nel migliore dei modi ai paramenti dello sbarramento. Si partì da un modello del tipo Heyn (fig. 10) avente all'imbocco il canale laterale di adescamento; l'unghia della copertura era prolungata un po' più in basso della soglia sfiorante, il che rendeva necessaria la bocchetta di aereazione.

Questo tipo di cui la fig. 10 dà anche le caratteristiche di funzionamento non fu giudicato soddisfacente.

Si deve notare intanto che la caratteristica $\mu = \varphi(h)$ dopo aver raggiunto il massimo valore assai vicino a 0,68, in corrispondenza della portata sperimentale in l/sec 25 circa, scende alquanto per portate superiori.

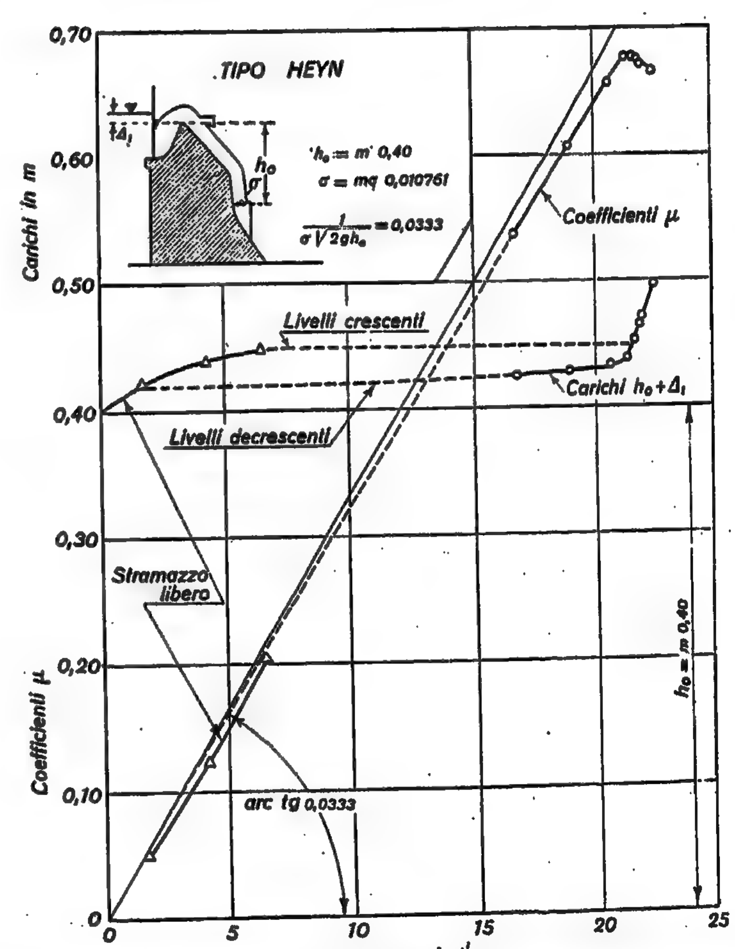


Fig. 10. - Caratteristiche del 1° tipo provato dal prof. Smrcek per lo sfioratore della diga di Kynicky.

Tale comportamento è già stato rilevato nelle prove compiute a Pisa, per i tipi di cui alle figg. 2 e 4 nei quali la corrente subisce, subito dopo l'imbocco, una brusca deviazione e una contrazione, conseguente al fatto che la soglia sfiorante è in parete sottile: anche nel tipo in esame la deviazione all'imbocco è molto sentita.

Poichè la presenza dello spigolo vivo formato dalla soglia sfiorante è cagione della contrazione della vena a valle dello

(1) Rendiconti della 2ª Conferenza Mondiale dell'Energia, Vol. IX. Rapporto N. 393 di A. Smrcek, pagg. 367 e segg.

spigolo stesso ed influisce quindi sul valore del coefficiente di efflusso, e poichè ci sembra ammissibile che la diminuzione della sezione della corrente, dovuta alla contrazione, sia più grande per le maggiori portate, sembra logico attribuire alla deviazione molto sentita che deve subire la corrente presso l'imbocco, la rilevata diminuzione del coefficiente di efflusso all'aumentare della portata.

Dalle prove del tipo di sifone in parola e per le portate non elevatissime si deduce che sono possibili due tipi di movimento secondo che al regime si sia giunti per portate decrescenti ovvero per portate crescenti, e che, in questo ultimo caso, a pari portata corrispondono maggiori rigurgiti nel bacino di alimentazione.

Ciò non può essere che messo in relazione al fatto che con portate decrescenti — nel ramo delle caratteristiche a sinistra del gomito — fino a che la canna non è in pressione in ogni punto, un regime qualunque risente della depressione che nella parte alta della canna si era prodotta nella prova precedente.

Come si vedrà meglio in seguito la pressione alla sommità del sifone, e finchè si opera nel detto ramo delle caratteristiche, è tanto minore quanto maggiore è la portata.

Poichè la forma del tipo Heyn non aveva soddisfatto completamente allo scopo, si addivenne alle forme rappresentate nella parte alta della fig. 11 nelle quali l'adescamento è ottenuto con un dente ricavato a circa metà altezza della canna discendente. Inoltre l'unghia della soletta di copertura presso l'imbocco non è perfettamente orizzontale ma è più alta al centro.

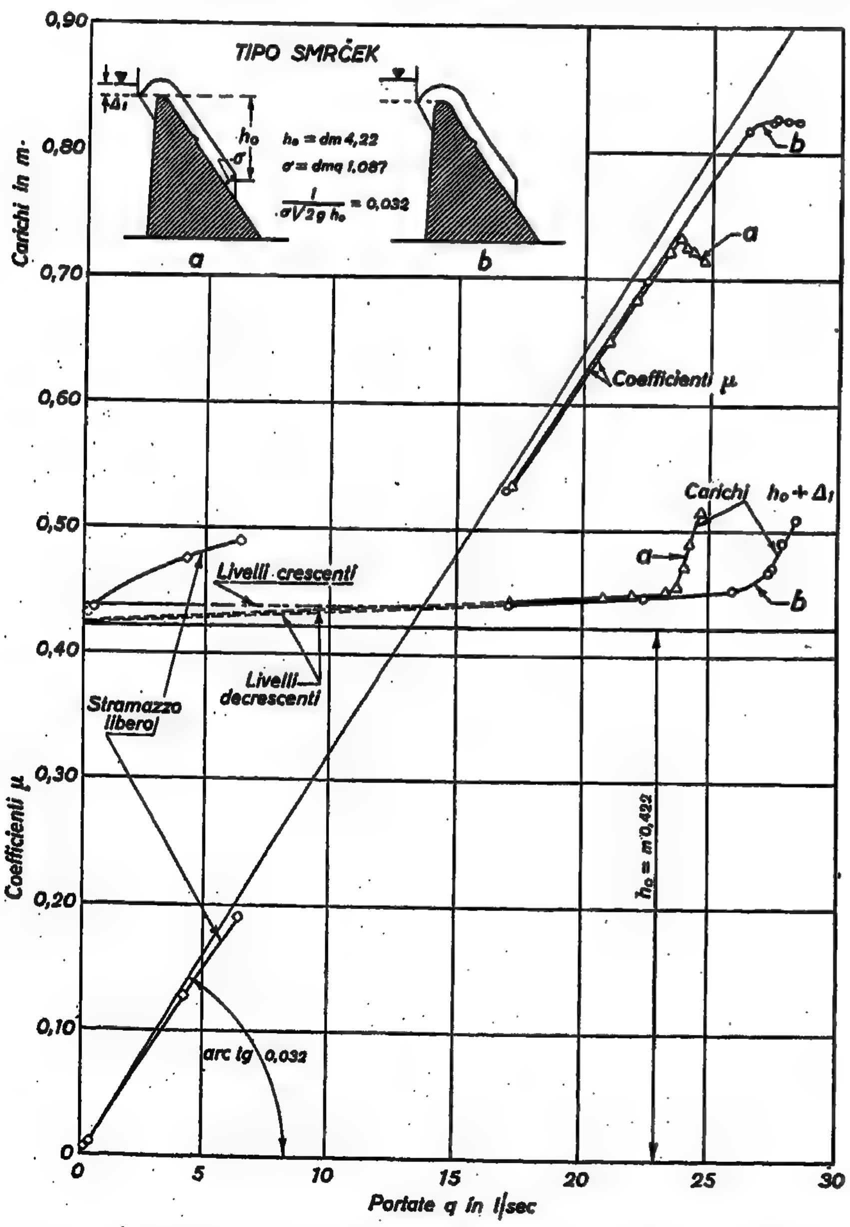


Fig. 11. - Caratteristiche del 2° tipo, e sue varianti, provato dal prof. Smrcek per lo sfioratore della diga di Kynicky.

I modelli *a*) e *b*) presentano lo stesso salto teorico e la stessa sezione della canna e quindi i risultati ottenuti nei due casi sono direttamente confrontabili.

Nella fig. 11 risulta nettamente il vantaggio della forma *b*) più raccordata all'imbocco rispetto alla forma *a*). I massimi valori ottenuti per il coefficiente nei due casi differiscono del 10 %, e nella forma *b*) si arriva al valore notevolissimo di 0,83 circa.

L'autore delle esperienze attribuisce questa differenza nei valori del coefficiente ai moti vorticosi che si formano immediatamente a valle della soglia sfiorante del tipo *a*) moti che risultano attenuati nel tipo *b*).

Anche le prove con questi tipi hanno dimostrato che quando si operava con portate decrescenti si determinavano in generale nel bacino di alimentazione, a parità di portata (di regime), dei rigurgiti minori di quelli che si verificavano invece quando la stessa portata di regime veniva raggiunta con portate crescenti: però le caratteristiche di fig. 11 mostrano anche che tale differenza di funzionamento si verificava solo per valori assai piccoli della portata, risultando quindi di poca importanza specialmente se si tiene presente la funzione di sfioratore di diga a cui erano chiamati i sifoni. In tale caso infatti interessano in modo speciale i tratti di caratteristica relativi ai valori elevati del rigurgito Δ_1.

La forma delle caratteristiche *f* e φ mostra altresì in modo nettissimo che solo nel caso di soglia non raccordata, tipo *a*) i valori del coefficiente diminuiscono sensibilmente nel ramo di caratteristica a destra del gomito.

Un lato interessante delle esperienze del Laboratorio di Brno è l'indagine del funzionamento in corrispondenza delle portate più piccole con aereazione completa della sezione più alta della canna; allora il sifone funziona come uno stramazzo libero secondo la curva tracciata in fig. 10.

Alcuni computi che abbiamo svolti sulla base dei diagrammi sperimentali forniti dallo Smrcek pongono in evidenza che nel caso di fig. 10 vi è un notevole contributo di portata da parte del canale laterale di adescamento.

Nella fig. 11 sono stati riportati i valori del rigurgito ottenuti sperimentalmente per il caso di lama d'acqua tracimante con superficie superiore libera alla pressione atmosferica.

Dal grafico risulta evidente il ben noto vantaggio che, per rispetto alla capacità di scarico, presenta il sifone rispetto allo stramazzo libero: per i punti sperimentali dati dallo Smrcek, nel caso di stramazzo libero il coefficiente μ_0 di detto stramazzo cresce da 0,27 a 0,54 al crescere del carico dai minimi valori al valore corrispondente, all'incirca, all'altezza della canna.

III. – Confronto fra i risultati globali di funzionamento ottenuti con le prove su modelli in diversa scala e sulle opere effettivamente costruite.

Come fu già messo in rilievo nella relazione preliminare i risultati delle prove in piccola scala su modelli di sifoni richiedevano una conferma della applicabilità della legge di similianza, conferma indispensabile perchè fosse lecito estendere con sicurezza i valori numerici ricavati dalle esperienze di laboratorio al funzionamento delle opere effettive, e quindi al calcolo di esse.

Effettivamente non era certo *a priori* che la legge di similianza fosse verificata anche per il caso dei sifoni autolivellatori, perchè, come si è accennato, specie nei riguardi di funzionamento con piccoli rigurgiti, l'aria viene trascinata dall'imbocco nell'interno della canna e quindi in questa si muove una emulsione di aria ed acqua in proporzioni non definite, molto probabilmente differenti nei diversi punti della canna, e certamente diverse a seconda del rigurgito a monte e quindi della portata scaricata.

In modo particolare, senza il conforto delle esperienze sarebbe apparsa molto dubbia la possibilità di ammettere che in modelli in diversa scala, anche con rigurgiti paragonabili secondo la legge di similianza, le quantità d'aria trascinate dall'imbocco nell'interno della canna fossero tali che le portate scaricate risultassero a loro volta conformi alla similitudine dinamica.

La necessità di queste verifiche della legge di simiglianza è stata ravvisata dai diversi sperimentatori: ricordiamo, fra l'altro, che nel Laboratorio di Padova sono stati provati modelli in diverse scale di vari sifoni in esercizio, i quali a loro volta vennero sottoposti ad esperimento allo scopo di confrontare le portate scaricate nei vari casi di funzionamento (1). Ci sembra anche interessante riprodurre qui i grafici delle $f(q)$ e $\varphi(q)$ desunti dai risultati ottenuti dall'Ing. Scotti Foglieni con misure sul modello e sull'opera costruita, in altra forma già pubblicati da questa Rivista nella memoria originale (2). Accenniamo inoltre che delle esperienze su modelli in scala diversa sono stati compiuti nel Laboratorio di Brno come appare da succinte notizie comunicate da Smrcek (3). A Brno il confronto fu esteso anche ai valori delle pressioni sulle superficie curve, di copertura ed inferiore della canna.

I dati pubblicati sulle pressioni riguardavano però una sola portata che per il modello in parola deve ritenersi assai elevata ed in ogni modo tale che l'aspirazione d'aria all'imbocco doveva essere, se non nulla, assai limitata.

Del confronto in parola per le prove eseguite nel Laboratorio di Pisa si è già detto anche nella citata relazione preliminare nella quale il modo del confronto è stato qui esteso a tutti i modelli e a tutte le portate per le quali fu possibile realizzare il funzionamento a regime e comprende tanto i rigurgiti Δ_1 ed i coefficienti μ — che bastano a fornire gli elementi di giudizio intorno al funzionamento globale del sifone — quanto le pressioni su di una parete laterale (verticale) della canna e in corrispondenza della mezzeria della canna stessa.

Un utile ed efficace completamento alle esperienze di Pisa fu costituito da alcune determinazioni instituite (a cura dell'Ing. Carlo Drioli) sopra un sifone costruito dalla Società Meridionale di Elettricità, sifone che per la sua forma si avvicina alquanto al tipo 2-*I* provato nel Laboratorio di Pisa per quanto non lo riproduca esattamente come diremo.

In questo sifone durante la costruzione fu predisposto quanto necessario per eseguire anche le misure di pressione in diversi punti della parete della canna, ma i risultati definitivi sulle prove non erano ancora noti quando è stata redatta la presente relazione, nella quale potranno essere riportati solo alcuni risultati (4) delle prove preliminari, risultati che già rivestono notevole interesse. Per lo scopo particolare di cui ora si tratta è stato necessario procedere ad una nuova elaborazione anche del materiale sperimentale ottenuto da altri autori onde procedere con uniformità di simboli e di rappresentazioni grafiche: come si è altrove detto, per le prove eseguite nel laboratorio di Padova, informazioni particolari furono con grande cortesia comunicate dal Prof. Scimemi.

Sembra necessario premettere poche parole per fissare il criterio con il quale sono state elaborate le misure ricavate dalle prove.

È noto che la legge di Froude porta a ridurre nei rapporti λ, $\lambda^{1/2}$ e $\lambda^{5/2}$ rispettivamente, i valori delle pressioni, delle velocità e delle portate misurate per un modello onde renderli confrontabili con i corrispondenti di un secondo modello che per *tutte* le dimensioni geometriche lineari è costruito *esattamente* nella scala λ rispetto al primo.

Allo scopo, però, di riconoscere il comportamento idraulico dei modelli di diversa grandezza non è necessaria la rigorosa corrispondenza geometrica che d'altra parte, per le prove sui sifoni, non troverebbe riscontro nella approssimazione attendibile nelle misure idrauliche (1). Le piccole differenze costruttive, se pure tali da influire sugli elementi locali, non possono avere influenza notevole sui caratteri principali della corrente e quindi nei confronti che seguono si è badato a tenere esatto conto degli elementi geometrici di importanza determinante per quanto riguarda i caratteri globali del funzionamento.

In tutte le prove che saranno considerate nel confronto che segue, la perfetta simiglianza dei modelli in scala diversa non è stata raggiunta neanche nelle prove di laboratorio. Anche nei modelli metallici sperimentati nel Laboratorio di Pisa, per ottenere la perfetta similitudine sarebbe occorsa una lavorazione meccanica di precisione che avrebbe portato ad un costo ed un perditempo eccessivi per delle prove destinate in primo luogo a risolvere un problema tecnico concreto e cioè destinate principalmente allo studio globale del funzionamento. In effetto gli scarti di lavorazione sono stati piccoli anche in valore assoluto, ma non trascurabili agli effetti del confronto che ora si vuole instituire cosicchè per tener conto di essi, è stato necessario procedere con criterio opportuno al confronto dei risultati sperimentali ottenuti con modelli in scala diversa.

Nessuna correzione si è invece introdotta per tener conto che nei modelli in diversa scala la scabrezza non può essere riprodotta secondo le leggi di simiglianza geometrica, nè fu possibile di tenere conto di tale fatto durante le prove con accorgimenti che nel caso particolare dei sifoni sarebbero stati difficilmente realizzabili.

Il criterio adottato nei confronti fra i risultati ottenuti operando in scala differente è quello, già esposto nella relazione preliminare, che porta a ridurre i modelli ad avere un valore comune dell'area di sbocco σ e del salto teorico h_0.

Ossia se si indicano con i simboli consueti (fig. 1): q', Δ_1', σ', h_0', μ' i valori per il primo modello, q'', Δ_1'', σ'', h_0'', μ'' i valori per il secondo modello e si ha:

$$\frac{h_0'}{h_0''} = \lambda_1 \; ; \qquad \frac{\sigma'}{\sigma''} = \lambda_2 \; ; \qquad \lambda_1 \neq \lambda_2^{1/2}$$

con i valori relativi al primo modello sono posti a confronto il valore $\lambda_1 \Delta_1''$ per il rigurgito e $\lambda_1^{1/2} \lambda_2 q''$ per la portata. È evidente, che sulla base del criterio adottato, i valori delle pressioni ricavate per il secondo modello devono essere ridotte nella scala λ_1, mentre i valori del coefficiente di efflusso non subiscono modificazioni.

Quanto precede si riferisce al confronto fra i modelli non costruiti in modo da soddisfare completamente alla simiglianza geometrica. Ciò accade anche per molte delle esperienze eseguite dal prof. Scimemi e pure le citate prove dell'Ing. Scotti Foglieni riguardarono un'opera in esercizio non perfettamente simile al modello.

Solo per le prove compiute nel Laboratorio di Brno, che saranno in seguito riportate, non si è compiuta nessuna elaborazione non conoscendo i risultati dei rilievi geometrici dei modelli.

Per semplicità di rappresentazione e per sintetizzare quanto più possibile i vari confronti, le diverse figure contengono anche i risultati ottenuti operando su modelli diversi come forma, ma tali da avere comuni alcune caratteristiche principali.

Ad esempio si sono riportati negli stessi diagrammi le prove fatte su modelli diversi solo per la curvatura allo sbocco, od anche le prove sui tipi che pur presentando dei profili aventi curvature differenti, tratti rettilinei dissimili per lunghezza e per le dimensioni trasversali, conservano la stessa forma d'im-

(1) PROF. SCIMEMI: Sul coefficiente di efflusso (rendimento) dei sifoni autolivellatori. « *L'Elettrotecnica* ». Maggio 1928.

(2) « Sifone autolivellatore scaricatore di portata solida. *L'Energia Elettrica*, giugno 1928.

(3) *Hydraulic Laboratory Practice*, pag. 515.

(4) Per cortesi comunicazioni dell'Ing. Carlo Drioli, della S.M.E., che ha eseguito le prove, ed al quale ci è qui grato porgere i più vivi ringraziamenti.

(1) La presenza dell'aria mescolata all'acqua nell'interno della canna produce una non perfetta stabilità nel moto la quale viene rilevata per le oscillazioni che a rigurgito Δ_1 costante subiscono i livelli piezometrici ed il valore della portata. Ciò è stato oggetto di rilievo nelle esperienze eseguite a Pisa dove abbiamo notato che l'entità delle oscillazioni varia a seconda del punto di caratteristica in cui funziona il sifone. Un esame dettagliato darebbe luogo a interessanti osservazioni che però non trovano il luogo più opportuno nella presente nota.

bocco ed il numero e la posizione relativa dei tronchi curvi e rettilinei.

È questo ultimo, il caso delle già ricordate prove instituite sui sifoni di Timpa Grande (Società Meridionale di Elettricità).

Il sifone sottoposto ad esperimento ha il profilo progettato sulla base delle prove eseguite sui modelli di Pisa, ma nel progetto fu necessario tenersi un po' discosti per alcune dimensioni, rispetto a quanto avrebbero comportato le leggi di simiglianza: ciò specie per le curve e per le sezioni trasversali della canna.

È evidente che in questi casi non si può parlare di simiglianza idrodinamica. Però il confronto è stato eseguito tenendo ancora come base il criterio soprasvolto per i modelli nei quali la simiglianza non è esattamente conservata per le piccole differenze di costruzione: cioè con i noti simboli si sono resi paragonabili i risultati sperimentali per mezzo del rapporto λ_1 applicato alle misure di Δ_1 e delle pressioni e del rapporto $\lambda_1^{1/2}\,\lambda_2$ applicato ai valori ricavati per le portate.

Questo confronto non ha una completa base teorica: serve a indagare il comportamento idraulico di opere che presentano qualche carattere di *somiglianza* e a dedurre delle conseguenze sulle quali, evidentemente, non potrebbe appoggiare un successivo sviluppo che volesse essere di precisione. Ma ha interesse dal punto di vista del progetto di opere, in quanto giova ad indicare in quale modo i risultati di laboratorio possano essere applicati per il calcolo delle costruzioni.

In via indiretta risulterà messa in rilievo l'importanza relativa delle diverse parti del profilo dei sifoni; e se nonostante i diversi elementi di dissimiglianza non posti in conto dal paragone, questo risulterà soddisfacente sarà lecito arguire che le prove su opere perfettamente simili avrebbero condotto a risultati anche più confortanti.

Prove eseguite dal Prof. Scimemi (1). Un gruppo di esperienze riguardarono due modelli di laboratorio dello stesso tipo e costruiti in scala circa doppia dell'uno rispetto all'altro.

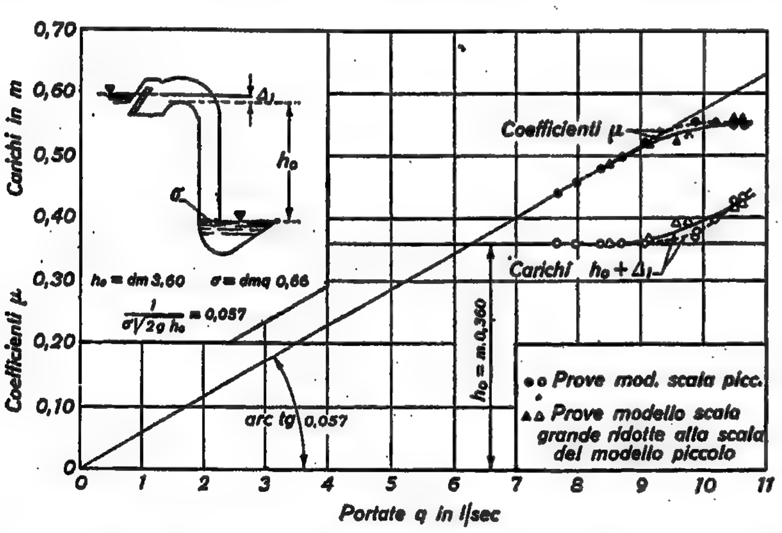


Fig. 12. - Caratteristiche di due modelli in scala doppia dell'uno rispetto all'altro, provati nel laboratorio di Padova.

In fig. 12 si riportano lo schema del tipo provato e le dimensioni del modello più piccolo: i cerchietti dei diagrammi si riferiscono a quest'ultimo, i triangoli al modello di dimensioni maggiori ridotti ad essere confrontabili con quelli dell'altro modello. Il confronto si è eseguito con:

$$\lambda_1 = \frac{\Delta_1'}{\Delta_1''} = 0{,}5; \qquad \lambda_2 = \frac{\sigma'}{\sigma''} = 0{,}2445$$

quindi

$$\frac{q'}{q''} = \lambda_1^{1/2}\,\lambda_2 = 0{,}1727$$

Come dimostrano i diagrammi, nell'insieme la corrispondenza si trova verificata, ma i punti rilevati sono troppo pochi per poterne trarre delle conclusioni particolari: la corrispondenza è perfetta solo per la prova per cui lo sperimentatore dà rigurgito nullo, ma è verificata sensibilmente anche per le massime portate sperimentali: nel tratto intermedio, benchè gli scostamenti siano senza importanza dal punto di vista del valore del coefficiente, le prove sul modello di maggiori dimensioni hanno fornito dei rigurgiti circa doppi di quelli rilevati per il modello di piccole dimensioni: tale differenza non è trascurabile, presa specialmente in valore assoluto, perchè potrebbe portare a rigurgiti non tollerabili ad esempio in un canale.

Occorre però rilevare che il tratto intermedio cade certamente in quella zona (gomito delle caratteristiche) per cui il funzionamento del sifone non è perfettamente stabile.

Il coefficiente che si potrebbe adottare onde ottenere piccoli rigurgiti non deve oltrepassare il valore 0,50: qualora si potessero ammettere anche valori notevoli di Δ_1, si rileva dalle caratteristiche che si potrebbe giungere a $\mu = 0{,}56$.

Sifone del Canale Carron (fig. 13). In alto della figura è riportato lo schema dell'opera in esercizio e le sue dimensioni caratteristiche; i modelli di piccole dimensioni hanno riprodotto in scala l'opera effettiva però con lievi differenze per quanto riguarda le aree delle sezioni trasversali di sbocco. I risultati sperimentali sono ridotti tutti al modello più piccolo.

Ai due modelli di laboratorio corrispondono le prove contrassegnate con cerchi e triangoli: i quadrati indicano le prove sull'opera le quali sono state soltanto due e riguardano portate relativamente piccole.

Il tipo di sifone del quale si è ora parlato presenta pregevoli caratteristiche di semplicità.

Prove dell'Ing. Scotti Foglieni (fig. 14). Non è questo il luogo di ricordare come esso sia adatto a funzionare come scaricatore di materia solida. Qui interessa piuttosto mettere in rilievo che il tipo presenta un tronco di canna discendente fin presso il fondo del bacino di alimentazione e che nelle esperienze sul-

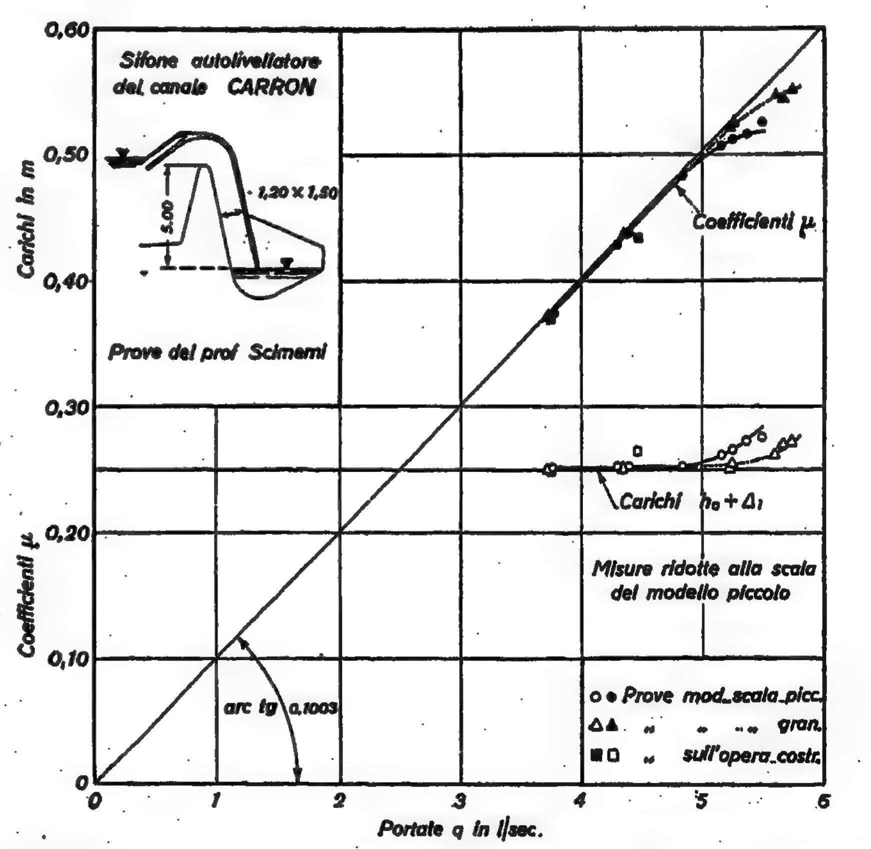


Fig. 13. - Caratteristiche dedotte dalle prove sui modelli in differente scala del sifone posto al Canale Carron e da prove sull'opera stessa.

l'opera costruita non era in funzione la bocchetta di entrata d'aria (mancante nel modello).

È evidente, come del resto i diagrammi di fig. 14 dimostrano, che nel caso in esame i livelli dei vari regimi di alimentazione possano abbassarsi tendendo al minimo il quale coincide col livello della bocca della canna a monte.

Fra il modello e l'opera sottoposta a collaudo vi è qualche lievissima dissimiglianza per cui si sono adottati i rapporti seguenti:

(1) Memoria citata.

$$\frac{\Delta_1'}{\Delta_1''} = \lambda_1 = 0{,}10 \qquad \frac{\sigma'}{\sigma''} = \lambda_2 = 0.010325$$

quindi

$$\frac{q'}{q''} = \lambda_1^{1/2}\,\lambda_2 = 0{,}00326$$

I diagrammi mostrano una grande regolarità di andamento che è certo in relazione colla mancanza totale di aria nella canna.

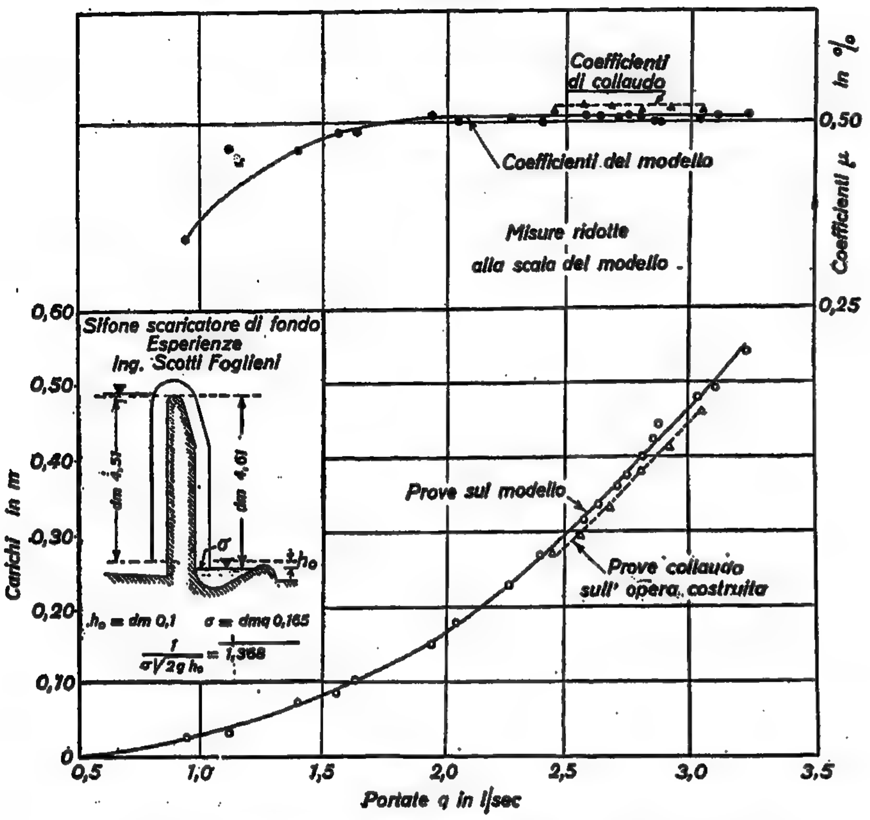


Fig. 14. - Caratteristiche del modello sperimentato dall'ing. Scotti Foglieni, e prove sull'opera eseguita.

Solo per i carichi più piccoli l'andamento non è più regolarissimo e questo deve attribuirsi al fatto che allora viene aspirata dell'aria.

Inoltre le prove sull'opera hanno mostrato una ottima corrispondenza con quelle eseguite sui modelli e ciò si intuisce dovesse verificarsi perchè le prove sull'opera effettiva si sono svolte con salti elevati quando certamente è precluso l'ingresso d'aria dall'imbocco.

Il confronto mostra anche che nelle prove sull'opera effettiva, a parità di portata, si sono verificati dei salti minori di quelli misurati sul modello: il che è conforme al fatto noto che le perdite di carico continue sono proporzionalmente minori nei modelli più grandi.

Per le portate più elevate il coefficiente μ si mantiene molto prossimamente costante, raggiungendo i valori $0{,}50 \div 0{,}52$ notevolmente alti in relazione alle brusche piegature della canna ed alla forma dell'imbocco, in parte a spigolo vivo, che necessariamente deve comportare una notevole perdita di carico localizzata.

Esperienze della Scuola di Pisa. In fig. 15 sono posti a confronto i risultati ottenuti in laboratorio su due modelli di differente grandezza del tipo già contrassegnato IV. Per semplicità di rappresentazione sullo stesso grafico si sono anche posti i risultati di un terzo modello contrassegnato coll'indicazione di V il quale differisce dal IV semplicemente per avere una più dolce contropendenza nel tratto finale della vaschetta di adescamento (vaschetta tratteggiata nella figura).

Ai modelli dello stesso tipo in tutti i particolari (IV grande e piccolo) corrispondono i risultati segnati con cerchi e triangoli; al solito modo quelli del modello grande furono resi confrontabili con quelli ottenuti sul modello piccolo a mezzo delle relazione

$$\frac{\Delta_1'}{\Delta_1''} = \lambda_1 = 0{,}481;\ \lambda_2 = 0{,}2315;\ \frac{q'}{q''} = \lambda_1^{1/2}\,\lambda_2 = 0{,}1605$$

I diagrammi mostrano che le prove sul modello grande hanno dato luogo a rigurgiti Δ_1 superiori di quelli corrispondenti ricavati per il modello piccolo.

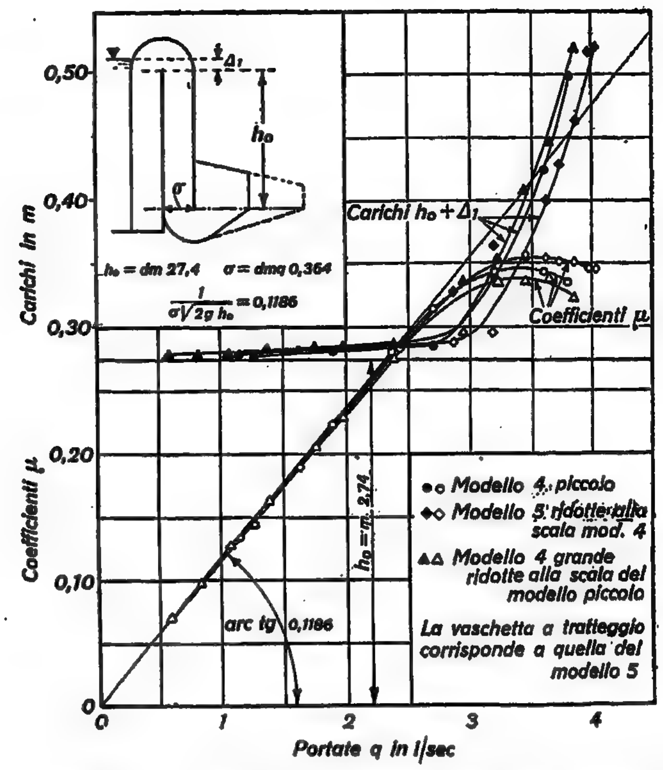


Fig. 15. - Modelli in scala circa doppia dell'uno rispetto all'altro, del tipo IV del laboratorio di Pisa. Confronto dei risultati ottenuti col modello V.

Il riporto a confronto si è fatto nel seguente modo: per le prove sull'opera che è nel rapporto 20 rispetto al modello piccolo si ha esattamente:

$$\lambda_1 = 0{,}05; \quad \frac{q'}{q''} = 0{,}00059$$

per le prove sul modello di dimensioni maggiori:

$$\frac{\Delta_1'}{\Delta_1''} = \lambda_1 = 0{,}60; \quad \frac{\sigma'}{\sigma''} = \lambda_2 = 0{,}356; \quad \frac{q'}{q''} = \lambda_1^{1/2}\,\lambda_2 = 0{,}2755$$

Le prove di laboratorio non sono state estese ai rigurgiti elevati, ma entro i limiti delle esperienze si può asserire che il modello più grande ha dato luogo a rigurgiti proporzionalmente minori e quindi a coefficienti maggiori, di quelli riscontrati sul modello piccolo.

La prova sull'opera per cui si è ottenuto un valore nullo del rigurgito ha condotto a risultati perfettamente identici di quelli ottenuti sul modello; la stessa cosa si è verificata per il rilievo corrispondente all'ascissa $q = 4{,}45$ l/sec circa del diagramma, ma si tratta di un solo punto e non si può certo trarne delle conclusioni generali.

Nel ramo di caratteristica che comprende i piccoli rigurgiti, il maggiore coefficiente che si può applicare vale circa 0,50: mancano le prove nel rimanente tratto di caratteristica, ma dall'andamento di quelle in corrispondenza del gomito, il quale risulta assai bene individuato, si deve presumere che il valore massimo del coefficiente non potrà oltrepassare 0,60.

Effettivamente lo scostamento è assai piccolo in valore assoluto ma, come si dirà meglio in seguito, è di segno contrario a quello verificato nella maggioranza dei confronti analoghi.

Per il modello IV si sono posti a confronto anche i valori rilevati per le pressioni in diversi punti della canna, ma di ciò si parlerà a suo tempo.

Il confronto fra il modello V, punti sperimentali riportati con quadrati, e il modello IV, benchè si tratti di differenti forme, è stato condotto con il consueto criterio applicando i rapporti:

$$\frac{\Delta_1'}{\Delta_1''} = \lambda_1 = 1{,}018; \quad \lambda_2 = 1{,}051; \quad \frac{q'}{q''} = \lambda_1^{1/2}\,\lambda_2 = 1{,}061;$$

Dalla figura risulta che la maggiore contropendenza del tratto finale della vaschetta, a pari portata, può portare a rigurgiti maggiori e ciò tanto se a caratterizzare il funzionamento del modello IV si assumano le prove fatte sul modello di maggiori dimensioni come quelle fatte sul modello piccolo.

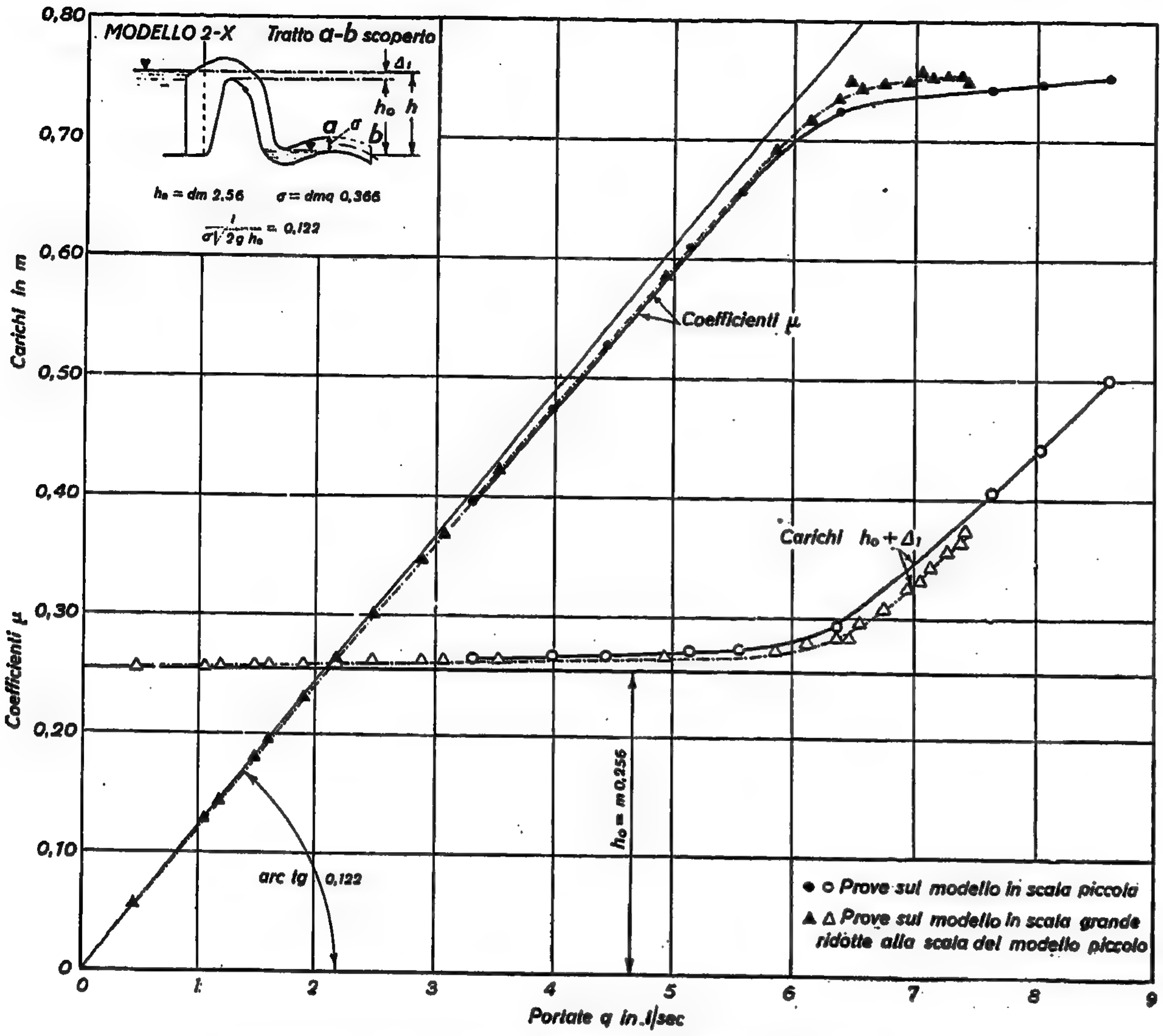


Fig. 16. - Confronto fra le prove eseguite a Pisa su modelli del tipo 2-X in scala doppia dell'uno rispetto all'latro.

Però la differenza rilevata è evidente solo nel tratto di caratteristica a destra del gomito ed è sempre piccola in valore assoluto: lo scostamento dei coefficienti, corrispondenti alla stessa portata, raggiunge il 1,5 %. Per il tratto di caratteristica a sinistra del gomito lo scostamento è insignificante.

Per i modelli di cui si è ora trattato, si presenta il comportamento caratteristico già notato parlando delle esperienze di Smrcek. Cioè per le portate più elevate nel tratto della caratteristica a destra del gomito, i coefficienti dopo aver raggiunto un massimo diminuiscono al crescere delle portate.

Nelle esperienze eseguite a Pisa tale singolare comportamento è stato rilevato solo nei tre modelli di cui ora si parla e che hanno in comune la particolarità di avere la soglia sfiorante a spigolo vivo ed una brusca piegatura allo sbocco per la presenza della vaschetta. Poichè le prove dello Smrcek sono eseguite su dei tipi che non comportano tale vaschetta sembrerebbe di poter concludere che la sopra detta diminuzione del coefficiente debba attribuirsi piuttosto alla presenza dello spigolo vivo in corrispondenza della soglia.

La base sperimentale è però troppo limitata per essere certi di tale conclusione: anche le differenze fra il valore massimo di μ ed i valori corrispondenti a portate più elevate di quella cui corrisponde il detto valore massimo, non è notevole.

Prove sul modello 2-X (fig. 16). Il tipo è caratterizzato dalla copertura che si estende a valle fino alla sommità dell'ultimo tratto. Si è già visto il vantaggio che presenta tale copertura (fig. 9) per quanto riguarda il coefficiente μ il quale può guadagnare fino al 20 % rispetto al tipo contrassegnato 2-*XI* (fig. 6).

Sulle particolarità delle caratteristiche di funzionamento di questo modello non è necessario qui dir parola perchè, oltre risultare evidenti dal grafico, su di esse si è già riferito nella relazione preliminare. Qui interessa mettere in rilievo i risultati del confronto fra i due modelli di grandezza all'incirca doppia dell'uno rispetto all'altro. I cerchi si riferiscono alle prove sul modello di minori dimensioni. Il confronto condotto sulla base consueta con i rapporti:

$$\frac{\Delta_1'}{\Delta_1''} = \lambda_1 = 0,483; \qquad \lambda_2 = 0,223;$$
$$\lambda_1^{1/2}\,\lambda_2 = 0,155$$

dimostra che nei limiti consentiti dall'impianto sperimentale le prove sul modello grande hanno fornito dei rigurgiti Δ_1 (a portata paragonabile) minori e, corrispondentemente, dei coefficienti di efflusso maggiori.

Lo scostamento dei coefficienti però è assai piccolo essendo in valore assoluto dell'ordine del 2 %.

Il modello di dimensioni maggiori dimostrò perfetta regolarità di funzionamento fino ai rigurgiti più piccoli del livello di alimentazione rispetto alla soglia di sfioro. Solamente per le portate minori di quella corrispondente a l/sec 0,45 (diagramma di fig. 16) il modello si disadescava dando luogo ad un funzionamento a scatti: ossia dopo che il rigurgito aveva raggiunto il valore necessario per l'adescamento si aveva svaso nel bacino di alimentazione, indi il disadescamento, poi di nuovo il sopraelevamento di livello fino ad un nuovo adescamento, ecc.

Per lo stesso tipo di sifone il confronto è stato esteso alle pressioni nell' interno della canna: ma dei risultati relativi si parlerà in seguito.

Prove sul modello 2-I. È la forma che ha dato luogo alle più numerose constatazioni e misure sperimentali perchè fu applicata nel progetto dei sifoni ormai da qualche anno in esercizio, nell'impianto di Isollaz (S.I.P.).

Dello stesso tipo, come si è detto, ma con modificazioni nelle curve e nelle dimensioni della sezione trasversale, sono stati costruiti anche i sifoni della Centrale di Timpa Grande ora soggetti ad esperimento.

Nel grafico di fig. 17 sono riassunti dei risultati assai più numerosi di quelli riportati nella relazione preliminare (vedi fig. 10 di detta relazione). Oltre la serie di prove sul modello piccolo, rappresentate da cerchi, la fig. 17 riporta due serie di prove sul modello grande (quadrati e triangoli). I rapporti di riduzione sono i seguenti:

$$\frac{\Delta_1'}{\Delta_1''} = \lambda_1 = 0,498; \quad \lambda_2 = 0,236; \quad \frac{q'}{q''} = \lambda_1^{1/2}\,\lambda_2 = 0,1665$$

Dai diagrammi risulta che nelle prove con il modello di piccole dimensioni si ebbero sempre rigurgiti minori, a pari portata, e corrispondentemente un più alto coefficiente di efflusso: lo scostamento è, però, sensibile solo nel ramo delle caratteristiche a destra del gomito, arrivando, per i coefficienti al massimo del 2,5 % in valore assoluto.

Come è già stato detto il confronto si è esteso anche al sifone della S.M.E. Esso nella sua forma generale si avvicina assai al modello 2-*I* precedente, ma non ne costituisce una riproduzione simile: sopratutto la dissimiglianza si riscontra nelle dimensioni dei salti e della bocca di efflusso.

Ciò risulta anche dai seguenti rapporti che, come al solito, tengono solo conto delle sezioni di efflusso e dei salti teorici rilevati per l'opera e per il piccolo modello, alle dimensioni del quale ultimo sono riportate le prove fatte sull'opera:

$$\lambda_1 = 0{,}04594; \quad \lambda_2 = 0{,}00295; \quad \lambda_1^{1/2}\,\lambda_2 = 0{,}000632;$$

Da questi rapporti si ha che lo scostamento relativo fra il rapporto dei salti e la dimensione lineare corrispondente al rapporto delle aree di efflusso, vale il 17,2%: nonostante ciò il confronto dei valori misurati per le portate e per i rigurgiti mostra che i risultati globali relativi all'opera sono perfettamente paragonabili a quelli ottenuti in laboratorio almeno nei limiti di queste esperienze preliminari. Si vedrà in ciò che segue che una buona corrispondenza di comportamento si riscontra pure nelle pressioni rilevate in alcuni punti particolarmente interessanti.

Non è certo il caso di trarre delle conclusioni sicure e generali sulla base di sole quattro prove che però valgono ad individuare tutto il tratto della caratteristica alla sinistra del gomito: alle prove in corso è riservato di confermare o meno queste esperienze di tentativo, estendendo il campo delle misure, in quanto sarà possibile, per esplorare ciò che succede per i casi di funzionamento corrispondenti ad i rigurgiti più elevati (tratto della caratteristica a destra del gomito). Certo è che se con un'opera, per alcuni particolari, assai lontana dalla similianza geometrica si otterranno dei risultati confortanti come quelli ottenuti, sembra che sarà lecito arguire che se la similianza fosse stata perfetta il confronto idrodinamico sarebbe riuscito migliore.

Sulla base delle prove preliminari si potrebbe concludere che l'opera effettiva dà luogo a rigurgiti minori di quelli verificati in laboratorio anche operando sul modello di dimensioni maggiori.

IV. – Valori delle pressioni misurate alle diverse bocche piezometriche. Confronto fra modelli in scala differente. Limitazioni alla estrapolazione dei risultati.

Ricordiamo che nei modelli le bocche piezometriche sono state costituite da un gruppo di piccoli fori, racchiusi entro un cerchio di circa un centimetro di diametro: esse per tutti i modelli, salvo uno, erano state poste sulla mezzeria delle pareti laterali, verticali, della canna; solo per il modello 1-*I* (fig. 18) esse trovarono posto sulle superfici curve di copertura superiore ed inferiore.

Le quote piezometriche erano determinate a mezzo di piezometri di vetro uniti alle bocche con dei tubi di gomma. Come livello di riferimento per tutte le letture si assunse sempre quello della soglia di sfioro materializzato, per agevolare le letture, in un filo teso fra i piezometri più distanti (vedi figg. 1 e 3 della relazione preliminare).

Non era il caso di introdurre correzione di capillarità, perchè nei sifoni non si raggiunse mai l'assoluto equilibrio dinamico e le oscillazioni piezometriche sono state alcune volte di qualche centimetro e certo superiori agli eventuali errori di capillarità.

I valori riportati per le pressioni sono dedotti dalle letture medie. Per la portata è assunto, di regola, il valore corrispondente al carico medio sulla soglia dello stramazzo di misura.

Pressione e portata appariscono però soggette, come abbiamo già accennato ad oscillazioni di entità assai diversa per i vari valori della portata scaricata.

Per semplicità abbiamo riassunto in forma di elenco le constatazioni alle quali i diagrammi dànno luogo, per i seguenti argomenti:

a) andamento dei valori delle pressioni in ogni piezometro al variare della portata;

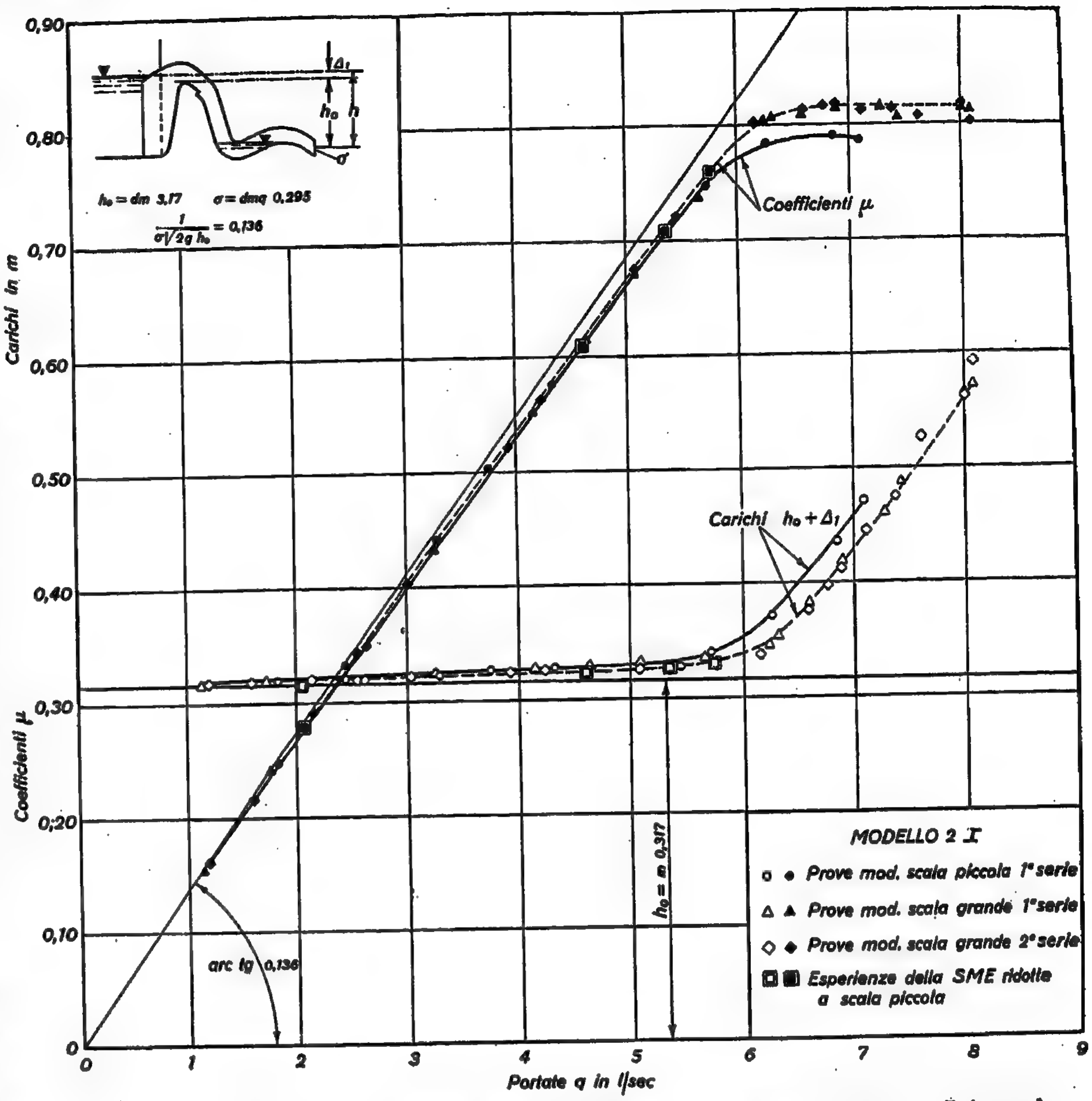


Fig. 17. - Confronto fra le prove eseguite a Pisa su modelli del tipo 2-I in scala doppia dell'uno rispetto all'altro e prove sul sifone di Timpa Grande.

b) confronto fra gli andamenti dei diagrammi che corrispondono, per lo stesso modello, ai piezometri posti nei diversi punti della canna.

c) confronto fra le pressioni ricavate nel punto omologo dei modelli in scala diversa.

Per non aumentare oltre misura i grafici si è dovuto riunire nelle diverse figure tutto quanto si riferisce ai tre argomenti ora detti.

Per il modo con cui è eseguito il confronto fra modelli dello stesso tipo, ma in scala differente, si richiama quanto è stato detto a pag. 950.

Prove sul modello 1-I (fig. 18). Per alcuni piezometri i diagrammi sperimentali presentano delle discontinuità che non si riscontrano negli altri modelli. È vero che ciò può essere collegato al fatto che si tratta delle prime prove compiute a Pisa sull'argomento dei sifoni, quando ancora non erano perfezionati i modi di rilievo, però si tratta anche di una forma non provvista di vaschetta di adescamento a valle e con tali forme, come si è altrove rilevato, possono effluire delle portate differenti a pari rigurgito a monte, e quindi necessariamente, anche con differenti valori delle pressioni nella canna.

Le discontinuità più notevoli si riscontrano per i piezometri 1, 4 e 6. Per i primi due di essi la parte dei diagrammi tracciati con linee a tratto si riferisce ad una prima serie di prove, la parte tracciata a tratto intero si riferisce alla seconda serie di prove considerate; invece tutti punti sperimentali riportati per il piezometro 6 si riferiscono alla stessa serie di prove. Circa i diagrammi sperimentali di fig. 18 conviene soffermarci alle considerazioni qualitative seguenti:

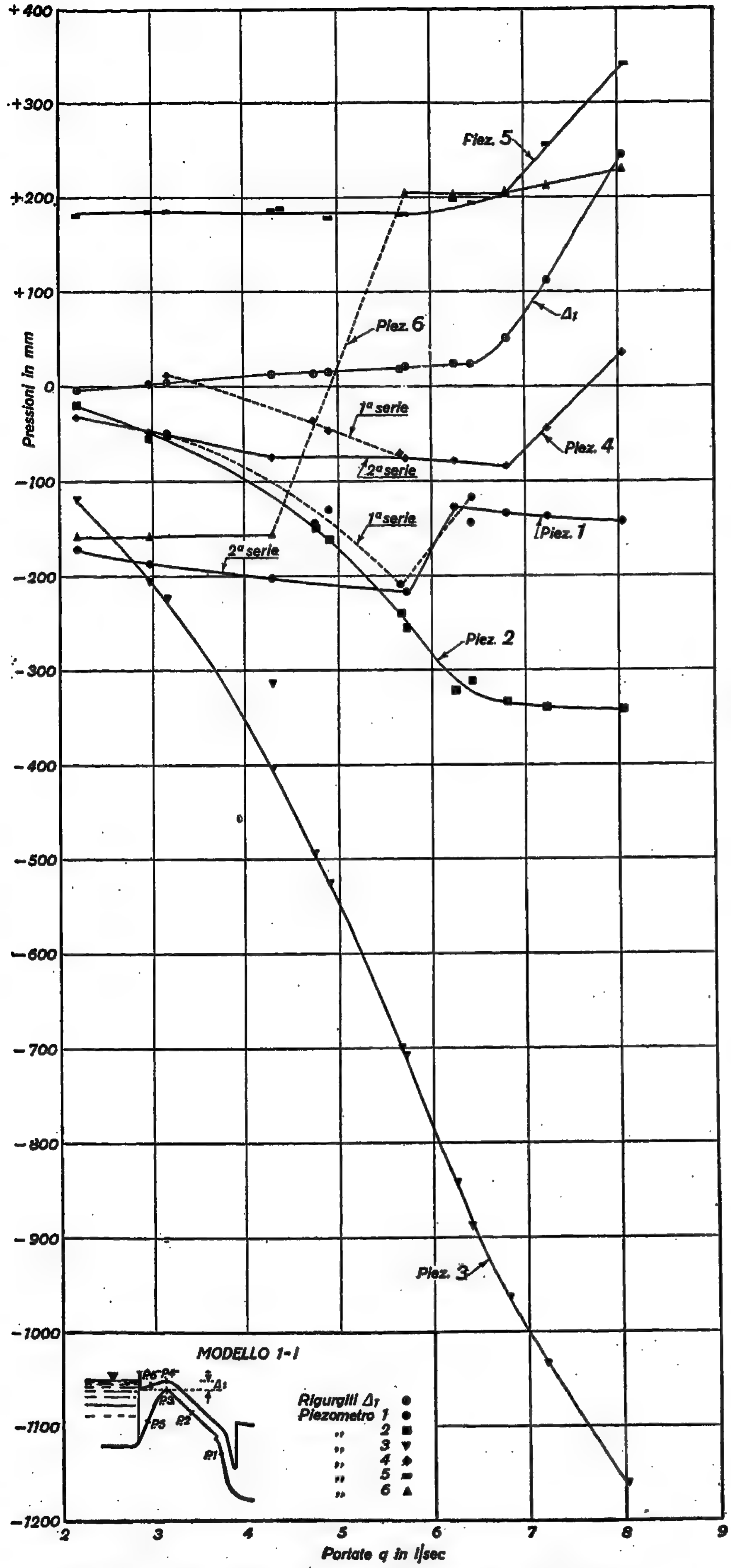


Fig. 18. - Valori delle pressioni rilevate per il modello 1-I nei diversi punti della canna (Laboratorio di Pisa).

1º I valori rilevati per le bocche piezometriche 4 e 6, che si trovano nella parete di copertura del sifone, presso la sommità di esso ed a quota geometrica poco differente hanno andamento assai diverso fra loro.

2º Salvo per il piezometro 6, per tutti gli altri piezometri i diagrammi presentano una variazione di andamento presso l'ascissa del gomito della caratteristica Δ_1. Considerando le ascisse corrispondenti a tali variazioni, la minore è quella relativa al piezometro 1 che è quello più a valle di tutti, la maggiore si ha per il piezometro 4 che è quello più a monte.

3º Il piezometro 3 che corrisponde alla soglia di sfioro, dà luogo alle massime depressioni che, si noti, sono molto superiori a quelle del piezometro 4 ricavato per la superficie di copertura ed esattamente sulla stessa verticale. Mentre per le ascisse superiori a quella del gomito del diagramma dei Δ_1 la pressione al piezometro 4 tende a valori sempre maggiori (per i valori massimi della portata essa è positiva), la depressione al piezometro 3 tende a valori sempre maggiori al crescere della portata.

4º Al piezometro 5, ricavato a monte presso l'alimentazione e fuori della canna, per i valori meno elevati delle portate corrisponde un diagramma pressochè orizzontale, mentre per le portate più elevate si ha un diagramma assai meno inclinato di quello dei livelli (Δ_1), di alimentazione. Se ne deduce che in corrispondenza della bocca piezometrica 5 si deve verificare un sensibile valore della velocità.

Per $q >$ l/sec 6,80 i diagrammi dei piezometri 4 e 5 sono all'incirca paralleli e quindi si ha che le perdite di carico fra le sezioni corrispondenti devono essere sensibilmente nulle.

5º Dai valori delle pressioni misurate al piezometro 3 si può ricavare anche una base per stabilire fino a quale limite è ammissibile l'estrapolazione dei risultati di laboratorio.

Ammettiamo che in un'opera non si possano ottenere delle depressioni maggiori di un valore che si stabilisce in m 9 (1) e che sia necessario considerare i casi di funzionamento rappresentati dal ramo della caratteristica $\Delta_1 = \varphi(q)$ a sinistra del gomito; osservando che per la portata corrispondente al gomito risulta misurata la depressione di mm 889 al piezometro 3 e che nel modello sperimentato h_0 = mm 437 il salto teorico dell'opera non potrebbe essere superiore di circa

$$\frac{\text{mm } 9000}{\text{mm } 889} \times \text{m } 0{,}437 = 10{,}12 \times \text{m } 0{,}437 = \text{m } 4{,}42$$

ad esso corrisponderebbe un rigurgito Δ_1, nel bacino di alimentazione pari a

$$\frac{\text{mm } 9000}{\text{mm } 889} \times \text{m } 0{,}0225 = \text{m } 0{,}228$$

La esperienza sarebbe cioè applicabile fino ad opere nelle quali il modello fosse riprodotto in scala non superiore a quella di 9000:889 = 10,12.

La portata corrispondente al rapporto trovato vale:

$$(10{,}12)^{5/2} \times \text{l/sec } 6{,}42 = \text{mc/sec } 2{,}09$$

Qualora si volesse far funzionare l'opera anche nel ramo della caratteristica Δ_1, a destra del gomito fino alla portata sperimentale di l/sec 8,04 alla quale compete nel piezometro 3 la depressione di m/m 1174, il salto teorico nell'opera effettiva non dovrebbe superare il valore:

$$\frac{\text{mm } 9000}{\text{mm } 1174} \times \text{m } 0{,}437 = 7{,}66 \times \text{m } 0{,}437 = \text{m } 3{,}35$$

cioè il rapporto di riduzione del modello rispetto all'originale non dovrebbe andare oltre m 9: m 1,174 = 7,65, il rigurgito potrebbe salire a

$$7{,}66 \times \text{m } 0{,}245 = \text{m } 1{,}87$$

mentre la portata diverrebbe:

$$7{,}66^{5/2} \times \text{l/sec. } 8{,}04 = \text{mc/sec } 1{,}308.$$

(1) Le misure piezometriche a cui si fa riferimento (nel modello 1º-*I* come in tutti gli altri modelli di Pisa) sono state fatte per la bocca posta esattamente in corrispondenza della soglia sfiorante. Non può escludersi che il vortice che ivi presumibilmente si forma non stabilisca nei punti a valle delle depressioni di lieve maggiore entità di quelle misurate.

Per questa considerazione ed onde avere un margine di cautela si è stabilito in m 9 il valore della massima depressione ammissibile.

Per dimensioni maggiori di quelle ora dedotte la estrapolazione delle esperienze non è valida nel senso che il funzionamento d'opera non può dedursi applicando la legge di simi-

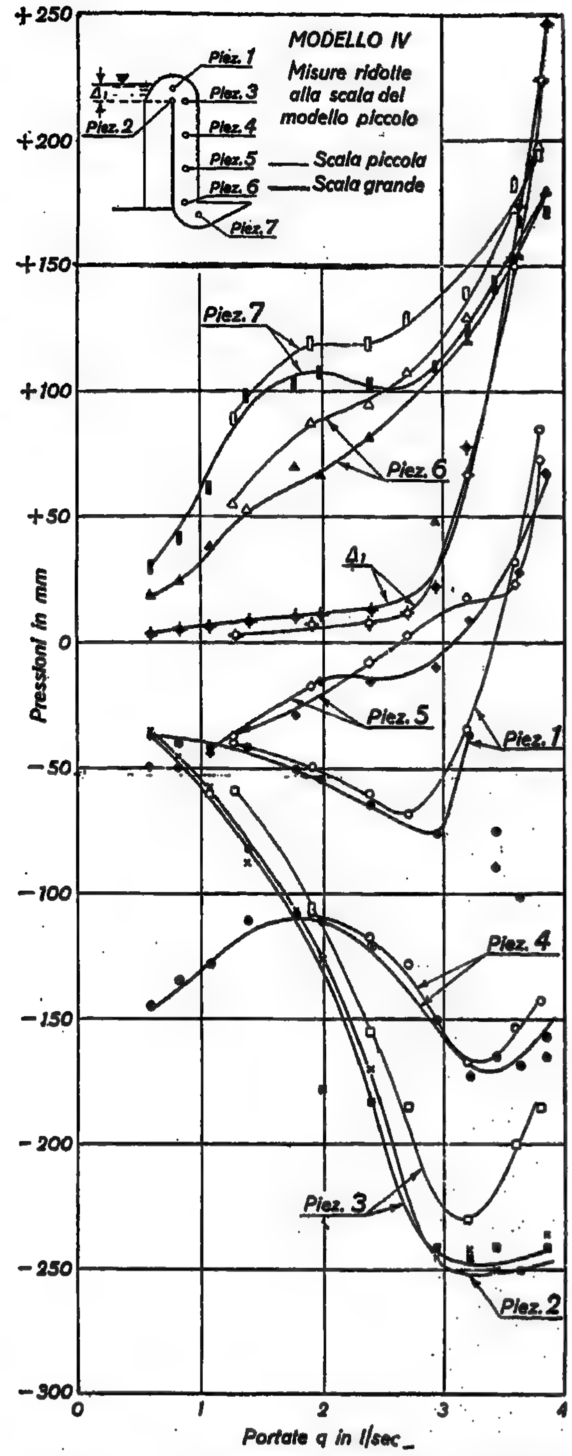


Fig. 19. - Valori delle pressioni rilevate per il modello IV del laboratorio di Pisa nei diversi punti della canna. Confronto fra i risultati ottenuti con modelli in scala doppia dell'uno rispetto all'altro.

glianza alle constatazioni di laboratorio.

Il limite dei valori del salto dedotto per ultimo non potrebbe raggiungersi che in circostanze eccezionali dato il forte rigurgito che ne deriverebbe nel bacino di alimentazione.

Modello IV – Nella fig. 19, se si considera anche il rigurgito Δ_1, sono sette i piezometri a cui si è esteso il confronto: nella stessa figura è riportato anche il diagramma relativo alla bocca piezometrica (piezometro 2) posta nel solo modello grande, sullo spigolo vivo che forma la soglia di sfioro.

Si nota:

1° Per la serie di prove alle quali è esteso il confronto e per il tratto di caratteristica a sinistra del gomito, i rigurgiti Δ_1, sono stati minori per il modello grande rispetto a quelli verificati sul modello piccolo: per il tratto a destra del gomito si hanno valori praticamente coincidenti. Questa constatazione è in parte contraria a quanto già fu rilevato nel confronto fra i coefficienti μ e rigurgiti Δ_1 risultati con altre esperienze sugli stessi modelli (vedi fig. 2).

2° L'accordo fra i diagrammi relativi allo stesso piezometro nei due modelli è molto prossimamente verificato. Si nota in particolare, che operando sul modello più grande si sono sempre ottenuti e in tutti i piezometri dei valori minori per le pressioni rispetto ai corrispondenti del modello piccolo.

Il valore assoluto degli scostamenti massimi, per i piezometri corrispondenti, si mantiene dell'ordine di m/m 20, salvo quanto si ha per i maggiori valori della portata nel piezometro 3; lo scostamento è quindi trascurabile per ciò che riguarda le applicazioni tanto più che esso è assai prossimo al valore delle oscillazioni periodiche rilevate nelle canne piezometriche.

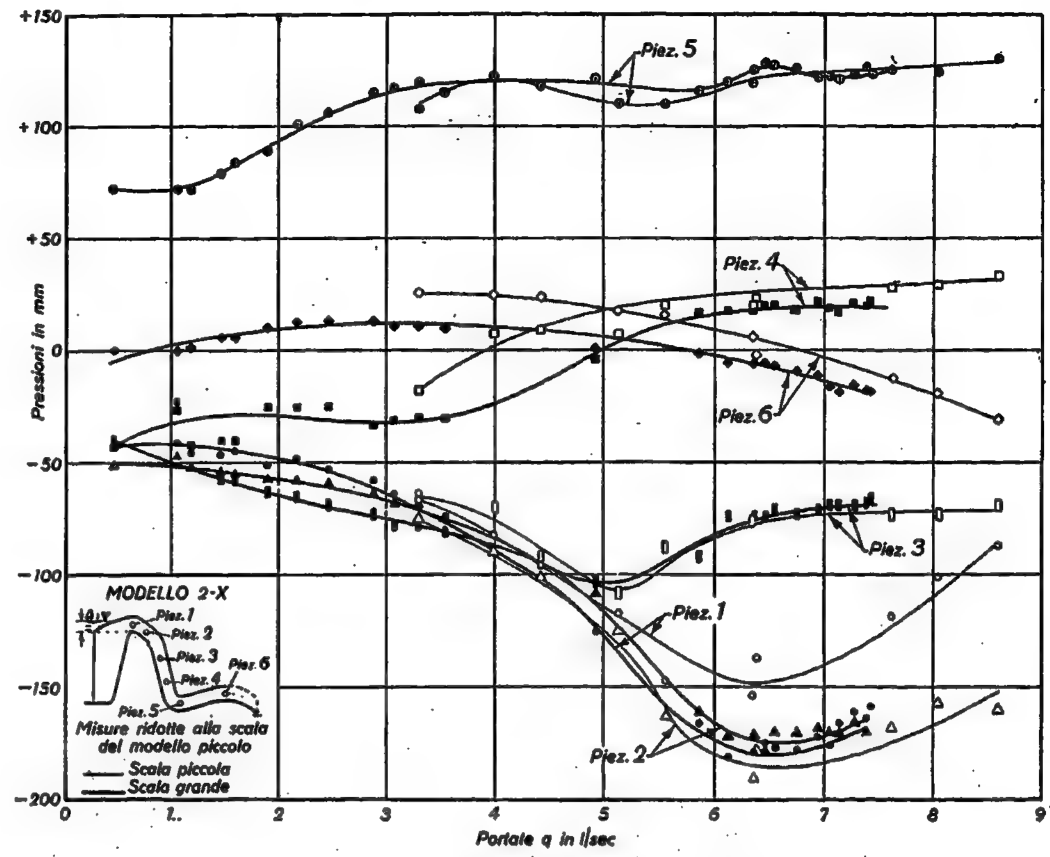


Fig. 20. - Valori delle pressioni rilevate per il modello 2-X, del laboratorio di Pisa, in diversi punti della canna. Confronto fra i risultati ottenuti con modelli in scala doppia dell'uno rispetto all'altro.

3° Tutti i diagrammi piezometrici presentano un cambiamento di andamento in relazione al gomito della caratteristica φ. Per i piezometri 6, 5 e 4 che sono quelli più a valle, la variazione avviene per portate che si trovano a sinistra del gomito della caratteristica: per i piezometri 3, 2 e 1 ciò si ha circa in corrispondenza del gomito. Ciò può certo collegarsi al fatto che al crescere delle portate la canna entra in pressione progressivamente da valle verso monte.

4° La massima depressione registrata (vedi piezometri 2 e 3) è di m/m 250 il che — ammessa in 9 metri la depressione massima possibile nella canna — porterebbe a ritenere che si potesse compiere l'estrapolazione fino al rapporto 36 delle misure lineari e cioè fino al salto teorico h_0 pari a 9,90 circa. È evidente però che con tale dislivello prevale la limitazione che è necessario imporre al rigurgito Δ_1. Anche applicando la caratteristica in corrispondenza del gomito si avrebbe già il rigurgito pari a m 0,90: volendo ottenere il funzionamento come sifone autolivellatore (ossia con piccoli rigurgiti a monte) occorrerà tenersi assai lontani dal limite sopra detto.

Modello 2-X (fig. 20). Per questo tipo si nota:

1° Eccettuato quanto avviene per il solo piezometro 1 e per le portate maggiori, per tutti gli altri piezometri i valori misurati nel modello grande presentano un ottimo accordo con i corrispondenti del modello piccolo.

2° I diagrammi relativi al piezometro 6 posto presso lo sbocco, forniscono dei valori delle pressioni poco differenti fra loro mentre le portate corrispondenti variano entro il campo delle prove.

Le differenze sono da ritenersi collegate per la massima parte alla variazione che subisce la forza centrifuga al variare della portata.

3° La massima depressione si ha naturalmente ai piezometri 1 e 2 che sono i più elevati: la consueta variazione di andamento dei diagrammi ad essi corrispondenti si ha in corrispondenza alla portata di l/sec 6÷6,50 circa, alla quale corrisponde anche il gomito delle caratteristiche μ e Δ_1 (fig. 9). Anche i diagrammi

relativi a tutti i piezometri presentano in maniera più o meno sentita una variazione di andamento; ma per valori della portata differenti dall'uno all'altro.

Approssimativamente si ha che tale variazione per il piezometro 5 è in corrispondenza di l/sec 3; per il piezometro 4 di l/sec 4; per il piezometro 3 di l/sec 5; per i piezometri 2 e 1, come si è detto, per la portata di l/sec 6,50 circa.

Ci sembra che, anche per questo modello, ciò debba attribuirsi al fatto che la canna entra in carico procedendo da valle verso monte mentre cresce la portata (di regime) scaricata: per la portata per la quale tutta la canna è entrata in carico, e per portate maggiori, si ha il movimento caratterizzato dai valori del rigurgito rapidamente crescenti con la portata senza aspirazione d'aria all'imbocco: si ha cioè che il sifone funziona veramente come una luce munita di tubo addizionale.

Questo modello non disponeva di piezometri in corrispondenza della soglia; quindi non si hanno elementi diretti per giudicare delle limitazioni che devono tenersi presenti nella estrapolazione dei risultati sperimentali.

Modello 2-I. Anche per quanto riguarda il confronto fra le pressioni misurate per i modelli in diversa scala, questo tipo ha formato oggetto delle prove più numerose.

I diagrammi di figg. 21 e 22, pur riferendosi ad oltre 700 osservazioni, riportano solo l'elaborazione di una parte dei risultati di laboratorio.

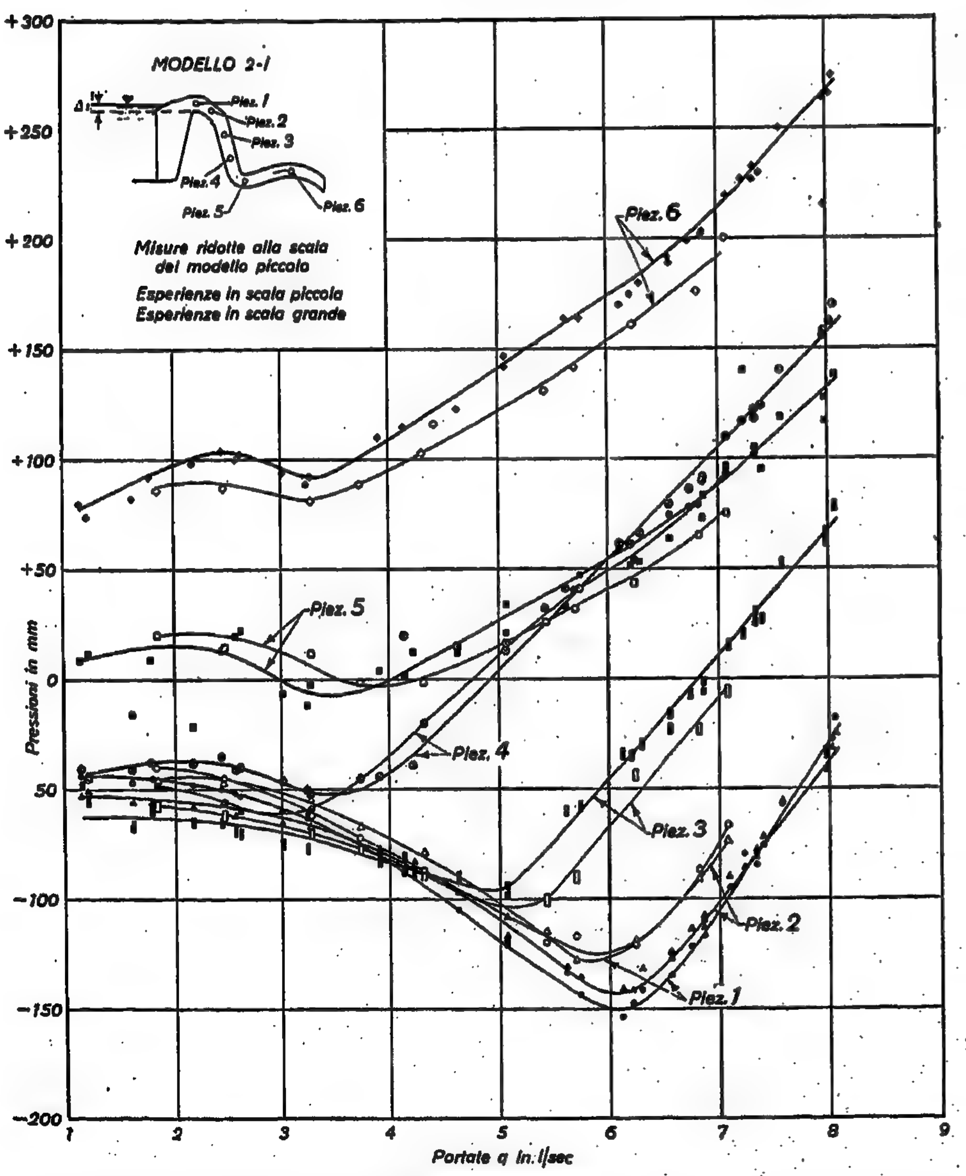


Fig. 21. - Valori delle pressioni rilevate per il modello 2-I, del laboratorio di Pisa, in diversi punti della canna. Confronti fra i risultati ottenuti con modelli in scala doppia dell'uno rispetto all'altro e prove sull'opera di Timpa Grande.

Le determinazioni compresero, oltre alle misure consuete delle portate scaricate e dei rigurgiti nella vasca di alimentazione, la lettura delle pressioni ai diversi piezometri posti sulla canna dei diversi modelli e precisamente sul modello piccolo di laboratorio e sul modello di laboratorio, contrassegnato grande sulle figure, di dimensioni circa doppie di quello precedente. Negli stessi grafici sono riportati anche i risultati di qualche determinazione eseguita sul sifone della centrale di Timpa Grande del quale si sono già riportate alcune dimensioni: ricordiamo che questo sifone non è esattamente simile ai modelli di laboratorio.

La riduzione ad un'unica base (quello del modello piccolo) è stata compiuta seguento i criteri e i rapporti numerici ripetutamente esposti; la rispondenza del procedimento di riduzione risulta nell'insieme confermato, perchè i rilievi di pressione per i vari modelli presentano ottima concordanza e dànno

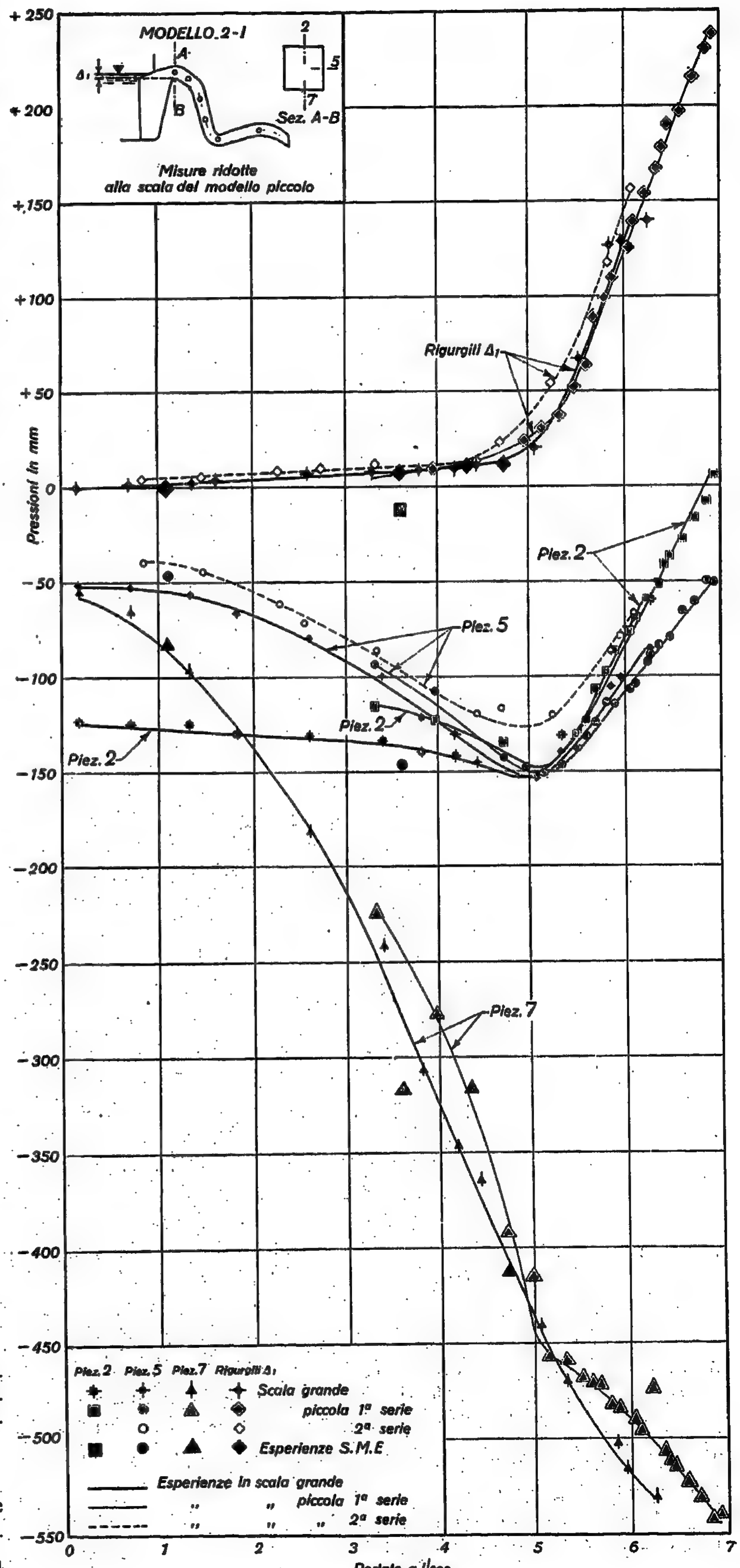


Fig. 22. - Valori delle pressioni nella sezione verticale più alta (AB) della canna del modello 2-I, del laboratorio di Pisa. Confronto fra i risultati ottenuti con modelli in scala doppia dell'uno rispetto all'altro e con le prove sull'opera di Timpa Grande.

luogo a diagrammi ben definiti e caratteristici per ogni elemento preso in esame dalle esperienze.

In quanto segue si riassumono brevemente le considerazioni che emergono dai diagrammi di fig. 21 relativi alle pressioni misurate ai diversi piezometri.

1° Vi è piena concordanza fra i risultati relativi ai due modelli in scala diversa provati in laboratorio: gli scostamenti fra i diagrammi corrispondenti sono al massimo di mm 25 (scala del modello piccolo; vedi piezometro 1) e cioè piccoli in valore assoluto e di nessuna importanza (come vedremo al riguardo dell'estrapolazione dei risultati di laboratorio) per quanto riguarda il progetto delle opere effettive.

2° Fino alla portata di l/sec 3,5 circa, i vari piezometri denotano tutti un comportamento simile, nel senso che, procedendo dalla minima portata sperimentale a quella di l/sec 3,5 sopra detta, si nota in tutti la tendenza ad aumentare il valore della pressione fino all'ascissa corrispondente a l/sec 2,5 per poi decrescere coll'aumento della portata.

3° Nel tratto corrispondente alle ascisse comprese fra la minima e l/sec 3,5, i piezometri 1, 2, 3 e 4 segnano delle pressioni pressochè uguali.

Poichè si tratta di portate piccole, per cui non è certo da attribuirsi influenza notevole alle curve, e poichè la sezione della canna non muta da un piezometro all'altro il comportamento ora rilevato non può spiegarsi se non ammettendo che nell'intervallo di portate considerato, a cominciare dalla sommità e fino a valle del piezometro 4 il movimento nella canna si svolga a canaletta e quindi con depressione costante in tutti i punti al disopra della lama d'acqua la quale resta aderente alla parete inferiore.

4° Oltre all'ascissa pari a l/sec 3,50 il comportamento dei diversi piezometri diventa diverso dall'uno all'altro. Mentre in quelli contrassegnati 6, 5 e 4 la pressione aumenta con la portata, i rimanenti continuano a fornire valori decrescenti con la portata per un certo intervallo e poi valori crescenti dopo i punti di passaggio approssimativamente posti all'ascissa l/sec $5 \div 5,10$ per il piezometro 3; all'ascissa $5,80 \div 6,10$ per i 4 e 5.

Ciò in relazione con l'interpretazione sopra fornita starebbe ad indicare che crescendo la portata, la canna entra progressivamente in carico procedendo da valle verso monte. Per portate maggiori di quelle corrispondenti ai sopradetti punti di passaggio, i punti sperimentali relativi ai piezometri 1, 2, 3 e 4 stanno all'incirca su delle rette assai prossimamente parallele; i punti sperimentali relativi ai piezometri 5 e 6 vengono a trovarsi su due curve che si mantengono l'una dall'altra ad una distanza all'incirca costante.

Occorre tenere presente che le pressioni dipendono dalle forze centrifughe e quindi le misure relative al piezometro 5 ad esempio, che si trova in un tronco della canna ad asse curvilineo, non sono confrontabili direttamente con quelle relative al piezometro 4 che è nel tronco rettilineo ed è pure preceduto da un tronco abbastanza lungo di canna ad asse rettilineo.

Le misure piezometriche che si ritengono più facilmente confrontabili fra loro sono solamente quelle relative ai piezometri 3 e 4 che si trovano nello stesso tronco rettilineo.

I relativi diagrammi per portate maggiori di quelle dei gomiti stessi sono pressochè paralleli ed alla distanza di m/m 100, che è appunto la differenza di quota geometrica delle bocche piezometriche in parola: tale scostamento si mantiene fino alle portate più elevate e quindi sembra lecito dedurre che la perdita di carico fra i piezometri sia da ritenersi trascurabile.

6° Nettamente chiara è la differenza di comportamento fra il piezometro 4 e quello immediatamente a valle (piezometro 5); il diagramma di quest'ultimo è assai meno inclinato di quello del primo tanto che, mentre per le portate minori i loro diagrammi sono assai discosti, per le portate più elevate le pressioni alle due bocche piezometriche vengono quasi ad equivalersi.

Se non si dovessero considerare gli effetti della forza centrifuga, dalla differenza d'inclinazione dei diagrammi in parola si dedurrebbe senz'altro la perdita di carico fra i due piezometri. Invece non si hanno elementi per distinguere quale parte dell'abbassamento misurato fra i due piezometri debba essere attribuita alla perdita localizzata dovuta alla curva e quale all'effetto di forza centrifuga: però considerando, che anche per il piezometro 6 si riscontra identico comportamento di quello rilevato per il piezometro 5 e osservando che il primo si trova al vertice di una curva di grande raggio, la massima parte della differenza già detta fra i piezometri 4 e 5 non può che essere attribuita alla perdita di carico dovuta alla curva, concava verso l'alto della canna.

La fig. 22 si riferisce in particolare al confronto delle misure piezometriche rilevate per la sezione verticale in sommità della canna. In essa sono i risultati conseguiti con tre serie di esperienze oltre quelle compiute sul sifone della Centrale di Timpa Grande. La leggenda spiega a quali esperienze si devono attribuire i singoli punti sperimentali. Occorre solo mettere in rilievo che i diagrammi tracciati con linea a tratti si riferiscono alla serie di prove (eseguite sul modello piccolo) già utilizzate nel confronto del funzionamento globale dei modelli in diversa scala, ciò viene rilevato perchè la serie di esperienze cui corrispondono i diagrammi a tratto sottile, presenta qualche scostamento rispetto a quanto verificato per tutte le altre serie eseguite sia operando sul modello piccolo come operando sul modello di dimensioni maggiori.

Lo scostamento ora rilevato non è molto importante per quanto riguarda le misure piezometriche, ma riveste importanza maggiore se si considerano (come mostrano le figg. 17 e 22) i rigurgiti Δ_1 specie per il tratto di caratteristica in corrispondenza del gomito.

A parte quanto sopra risulta evidente che per gli altri punti sperimentali si è ottenuta una ottima concordanza.

Le considerazioni cui dànno luogo i grafici si riassumono come segue:

1° I diagrammi relativi a tutti i piezometri e a qualunque serie di prove appartengano, presentano analogo andamento nel senso che la pressione misurata nelle tre bocche piezometriche decresce mentre la portata dai minimi valori raggiunge l'ascissa corrispondente al gomito. In corrispondenza del gomito della caratteristica dei rigurgiti Δ_1, (ascissa l/sec 6,10) tutti i diagrammi piezometrici subiscono una netta variazione di andamento.

Per ascisse oltre al gomito i diagrammi dei piezometri 2 e 5 indicano un aumento di pressione fino a raggiungere in quello più alto (N. 2) dei valori positivi. Nel piezometro 7 che si trova sulla soglia sfiorante la pressione continua invece ancora a diminuire col crescere della portata, ma l'inclinazione del diagramma nel tratto finale è minore di quella del primo tratto.

Questo comportamento l'abbiamo potuto porre in relazione alle osservazioni eseguite direttamente sulla corrente del modello grande attraverso una finestra posta lateralmente e in corrispondenza della soglia, e si è potuto accertare che sta a indicare che presso la portata critica tutta la canna entra in pressione cioè cessa il moto a pelo libero anche in sommità.

2° L'inclinazione del diagramma relativo al piezometro 2 sebbene minore è assai prossima a quella della caratteristica Δ_1, e questo (se si tiene conto che anche la quota è positiva) sta a indicare che la velocità presso la bocca piezometrica 2 deve avere un valore assai piccolo.

3° Si è già detto che il funzionamento globale riscontrato sul sifone di Timpa Grande è risultato conforme alle esperienze su modelli: ciò riappare dai diagrammi dei rigurgiti riportato in fig. 22 ed è assai interessante mettere in evidenza che il confronto risulta soddisfacente anche per quanto riguarda le pressioni rilevate ai piezometri. Infatti tutti i risultati speri-

mentali ottenuti sull'opera stanno in buon accordo con quelli delle prove di laboratorio ad eccezione di quella prova che nel diagramma è portata a corrispondere all'ascissa di l/sec 4,60 circa.

In particolare è degno di rilievo l'accordo che si verifica per i quattro valori rilevati per il piezometro 7.

4° Le depressioni osservate per il piezometro 7 (soglia di sfioro) risultarono, anche per questo modello 2°-*I* più elevate che in qualunque altro punto della canna.

Occorre quindi riferirci a questo piezometro se si vuole definire fino a quali limiti sia ammissibile l'estrapolazione delle prove di laboratorio.

Anche in questo caso si distingueranno le portate inferiori e superiori a quella critica (tratti delle caratteristiche a sinistra e a destra del gomito rispettivamente).

Per il primo tratto il valore della depressione al piezometro 7 può assumersi in mm 440: siccome il modello piccolo aveva il salto teorico di mm 317, qualora la massima depressione non debba superare in valore assoluto m 9 si ha che il limite: $317 \times \frac{\text{mm } 9000}{\text{mm } 440} = \text{m } 6{,}48$ non può essere oltrepassato con il salto teorico affinchè l'opera possa funzionare in modo simile al modello e cioè con funzionamento caratterizzato dai tratti dei diagrammi posti a sinistra del gomito.

A detto limite corrisponde il rapporto $\lambda = 20{,}45$ e quindi il rigurgito all'alimentazione pari a:

$$20{,}45 \times \text{mm } 20 = \text{m } 0{,}409$$

e la portata

$$(20{,}45)^{5/2} \times \text{l/sec } 6 = \text{mc/sec } 11{,}35.$$

Qualora, eventualmente, il sifone potesse ammettere il funzionamento caratterizzato dai diagrammi alla destra del gomito, per quanto risulta dalle esperienze, si avrebbe che il salto teorico dovrebbe variare dal valore anzidetto di m 5,60 a quello di $\text{mm } 317 \times \frac{\text{m } 9.00}{\text{m } 0{,}55} = \text{m } 5{,}19$. Allora la scala di simiglianza sarebbe $\lambda = 16{,}35$ e si avrebbe il rigurgito $\Delta_1 = 16{,}35 \times \text{mm } 237 = \text{m } 3{,}88$ a cui corrisponde la portata $(16{,}35)^{5/2}$ l/sec $7{,}93 = 8{,}55$.

È evidente, però, che quest'ultimo limite non potrà raggiungersi che in circostanze eccezionali perchè in generale non sarà ammissibile che si possano tollerare nel bacino di alimentazione i forti rigurgiti che ne deriverebbero.

Da quanto esposto si deduce che anche con canne aventi cambiamenti di direzione graduali il salto del sifone si deve spesso limitare a valori assai più bassi di quello di m 10,33 che si dedurrebbe in via teorica trascurando l'effetto delle curvature.

Oltrepassando i limiti già scritti le leggi di simiglianza non possono più ritenersi valide (analogamente a quanto avviene per il fenomeno Venturi nelle luci con tubo addizionale): ma sarà prudente, ove possibile, che nel progetto ci si mantenga a valori anche più bassi di quelli sopra dedotti perchè le forti depressioni non possono che danneggiare la superficie che ad esse è sottoposta.

IV. – Conclusioni.

Dal presente esame sistematico del materiale sperimentale noto sull'argomento dei sifoni autolivellatori, oltre alla nuova deduzione delle caratteristiche di funzionamento per tipi particolarmente interessanti, risulta confermato che il loro funzionamento globale (coefficiente μ e rigurgito Δ_1) è legato specialmente alle deviazioni che subisce la corrente.

I confronti svolti fra i vari tipi hanno permesso, fra l'altro, di dedurre l'entità delle perdite relative a determinate forme di sbocco e di imbocco e di rilevare che la forma di questo ha importanza principale sull'entità del rendimento.

Risulta pure confermato che per modelli in diversa scala dello stesso tipo vale la legge di simiglianza dinamica anche per quanto riguarda il valore delle pressioni nei diversi punti della canna. Interesse particolare rivestono a questo proposito le prove preliminari compiute sul sifone di Timpa Grande (S.M.E.), le quali sono risultate conformi ai risultati di laboratorio nonostante che alcune dimensioni dell' opera si discostino dalla corrispondenza con i modelli.

L'entità delle pressioni rilevate nei diversi punti della canna ha dato modo di stabilire alcuni caratteri della corrente dentro di essa e di porli in relazione alle portate scaricate. I rilievi di pressione hanno pure confermato che per il calcolo idraulico dei sifoni è necessario conoscere l'entità della depressione che si stabilisce in corrispondenza della soglia sfiorante per dedurre il limite da assegnare al salto teorico delle opere per le quali si vogliano ottenere caratteristiche di funzionamento corrispondenti a quelle del modello.

Nella presente nota sono riportati alcuni dei valori massimi dei rapporti di simiglianza che possono essere applicati ai modelli provati nel Laboratorio di Pisa.

Sono lieto di poter qui porgere i più vivi ringraziamenti al Prof. Giulio De Marchi che ha voluto affidarmi la elaborazione del vasto materiale raccolto nel Laboratorio di Pisa compiacendosi altresì di seguire lo sviluppo del lavoro e di dare allo scrivente consigli preziosi.

Ing. Mario Marchetti
Istituto d'Idraulica della R. Scuola d'Ingegneria di Milano.

ING. HANS GUSTAVO LUTZ

L'impianto idroelettrico dell'Isarco

SOMMARIO

PARTE I.

A) GENERALITÀ.

Poco a monte di Bolzano e nelle vicinanze di Cardano, lungo la valle dell'Isarco, trovasi la bella ed imponente Centrale « CARLO CICOGNA » dell'Impianto Idroelettrico dell'Isarco (fig. 1), nella quale si utilizzano le acque del suddetto fiume con una portata massima derivata di 90 mc/sec e con un dislivello geodetico totale di m 183 tra il punto di presa, che è a quota di m 459 s. l. m., subito a valle dell'immissione del torrente Gardena, e il punto di restituzione, a quota di m 276 s. l. m., subito a monte della immissione del torrente Ega nell'Isarco.

L'opera di presa (fig. 2) è corredata di un bacino di decantazione della capacità di 290 000 mc, che ha altresì ufficio di

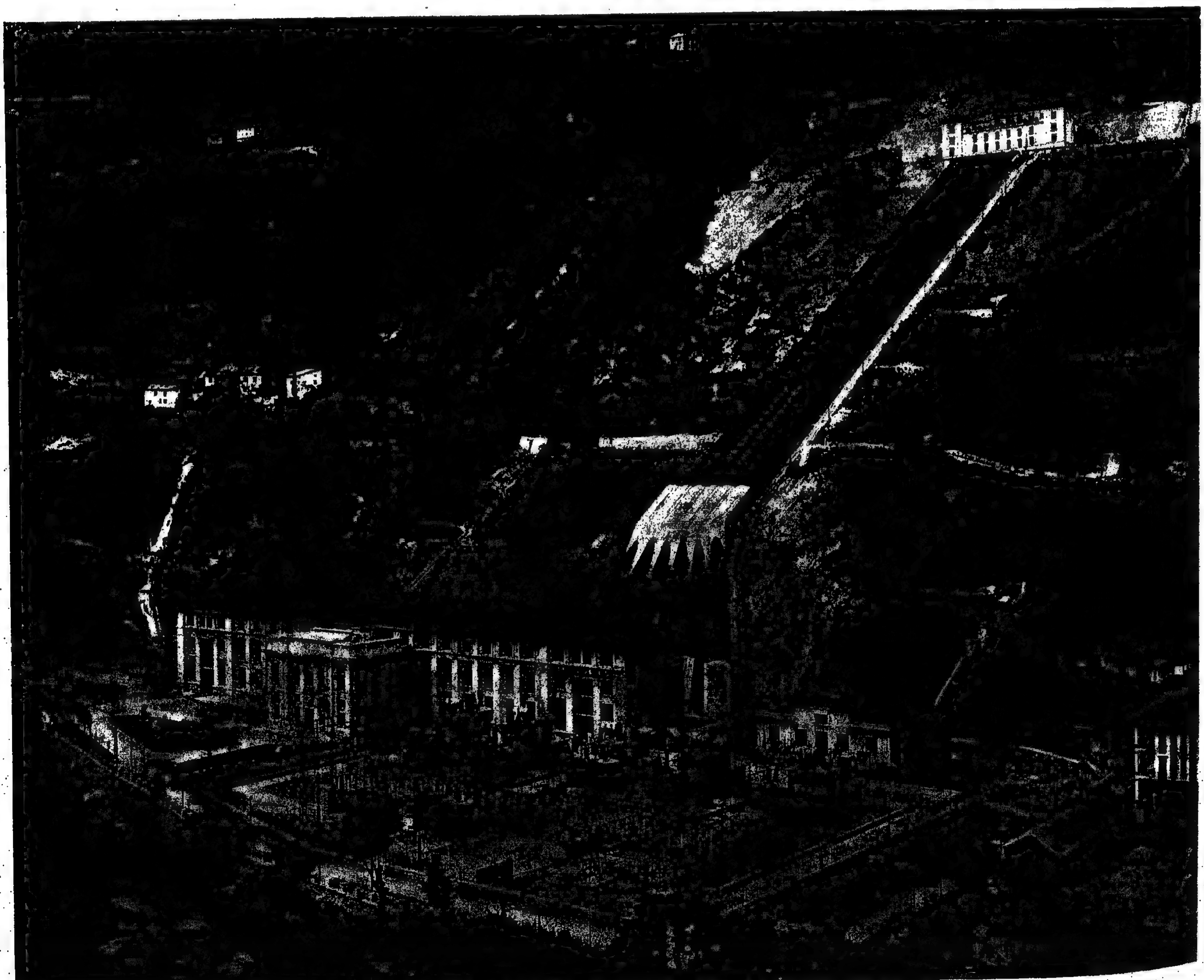


Fig. 1. - Veduta generale della Centrale, delle condotte forzate e della camera di carico.

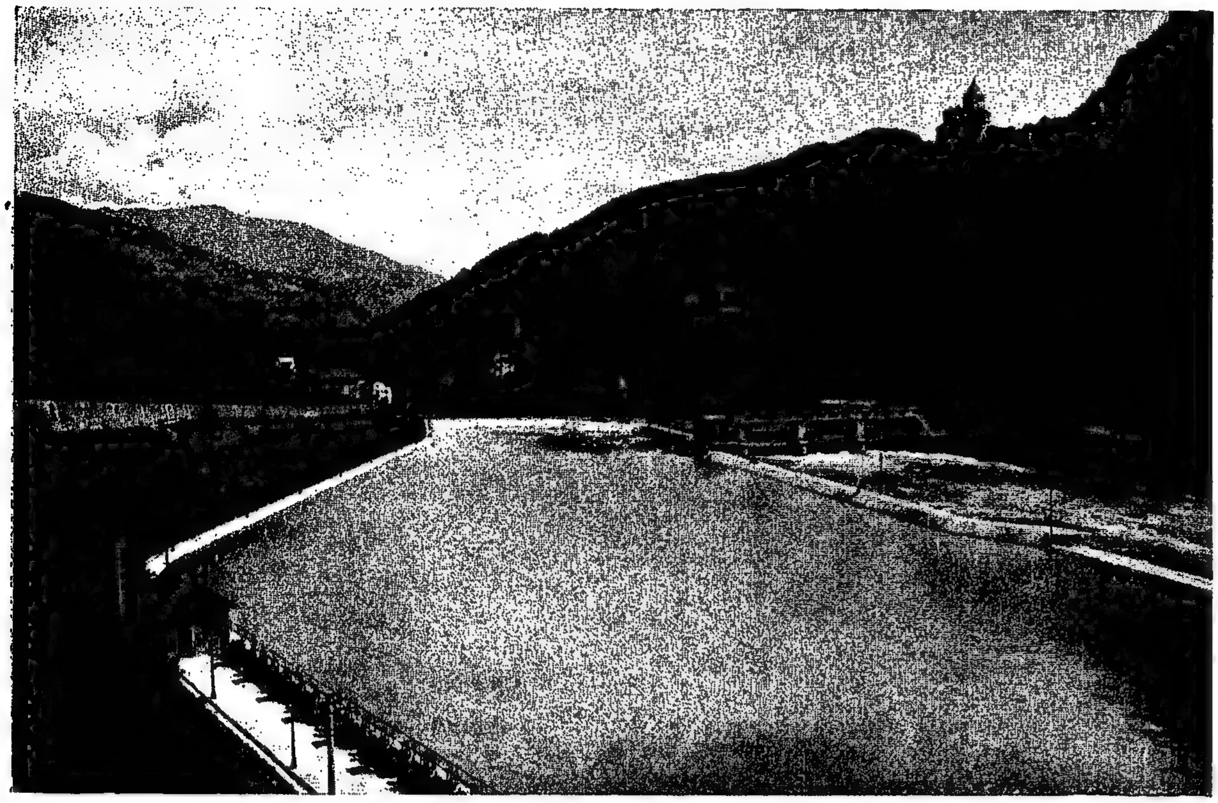
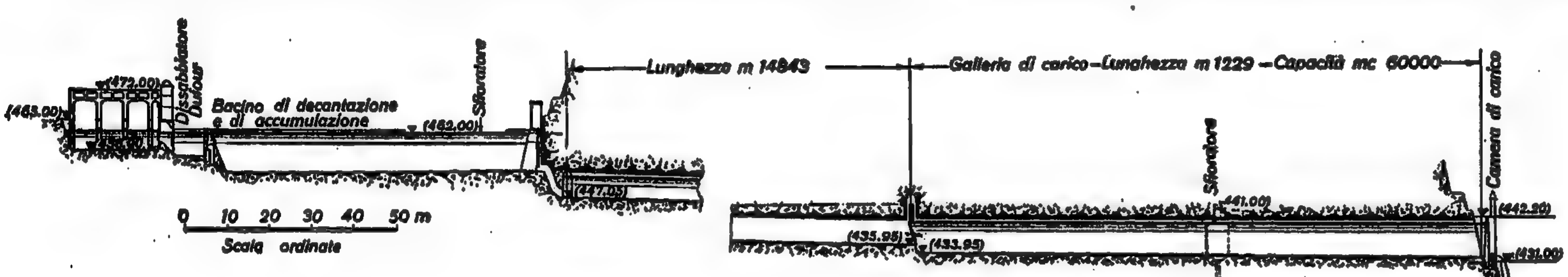


Fig. 2. - Veduta generale delle opere di presa.

parziale accumulazione giornaliera: di qui l'acqua è convogliata alla camera di carico dell'officina (vedi schema idraulico fig. 3) per mezzo di una galleria in cui l'acqua scorre a pelo libero. La lunghezza della galleria è di circa 15 chilometri (fig. 3) e il



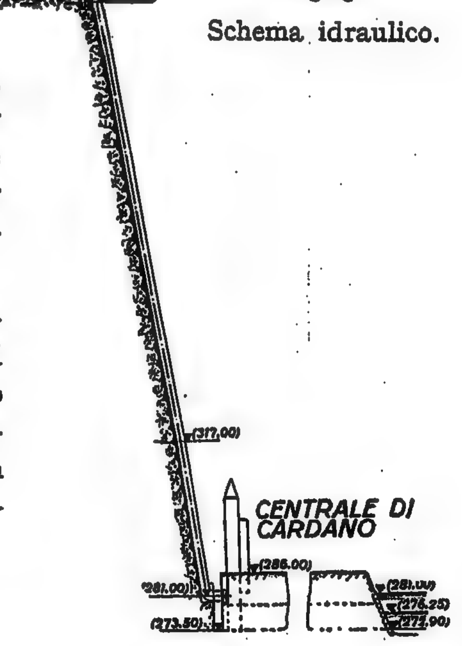


Fig. 3. Schema idraulico.

passaggio alla camera di carico è dato da una ventola che provvede automaticamente alla stabilizzazione del livello nella camera di carico stessa.

La ventola viene così a trattenere le portate esuberanti al carico istantaneo nella galleria di derivazione, la quale di conseguenza, nell'ultimo tratto di 6 chilometri, può entrare in pressione sotto debole battente (max m 4,50).

L'accumulazione utile così realizzata nella galleria di derivazione, a portata media, è di 150 mila mc.

La camera di carico, che ha inizio dalla ventola, è costituita da un tratto di galleria lungo km 1,230 circa e di sezione molto maggiore di quella del canale adduttore, e da una vasca all'aperto da cui partono le condotte.

Il volume totale utile della camera di carico, che serve altresì per l'accumulazione giornaliera parziale, è di 60 000 mc. Complessivamente quindi l'accumulazione di cui dispone l'impianto è di 500 000 mc.

La condotta forzata è costituita da 5 tubi del diametro all'origine di 2800 mm, destinati ad alimentare i gruppi per la produzione di energia per servizi industriali e di un tubo per i servizi ferroviari del diametro di mm 2000 (fig. 1).

Il macchinario installato nella Centrale è adeguato a questi due servizi e cioè alla produzione di energia trifase industriale a 42 e 50 periodi e di energia trifase a 16 2/3 periodi per il servizio di trazione delle FF. SS., segnatamente per la linea ferroviaria del Brennero.

Per la produzione di energia industriale sono installati 5 gruppi, costituiti ciascuno da turbina *Francis* - alternatore - trasformatore con le seguenti caratteristiche (figura 5):

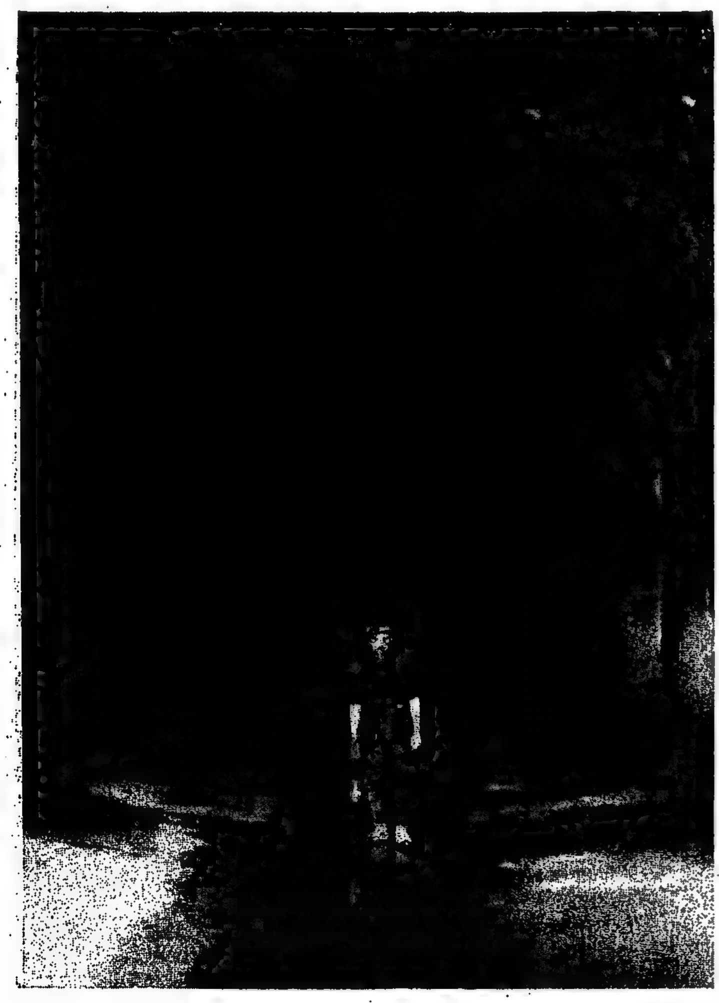


Fig. 4. - La galleria.

Turbina :

potenza 45 000 HP, pari a 33 000 kW;
giri al minuto primo 252-300 corrispondenti a 42-50 periodi;
salto m 155.

Alternatore :

potenza 36 000 kVA a 42-50 periodi e a 10 000 V.

Trasformatore :

potenza 36 000 kVA;
rapporto di trasformazione: 10 000/226 000 V a 42-50 per.
commutabile a 10 000/130 000 V.

Vi è inoltre un trasformatore della potenza di 2700 kVA con rapporto variabile di 8800-11 000/21 000 V per energia a scopo industriale da fornirsi sulla rete a 21 000 V della Società Trentina di Elettricità.

Per la produzione di energia per trazione ferroviaria sono installati 3 gruppi turbina *Pelton* - alternatore - trasformatore con le seguenti caratteristiche:

Turbina :

potenza 14 700 HP, pari a 10 400 kW;
giri al minuto 250 corrispondenti a 16 2/3 periodi;
salto m 154.

1) *Due linee* a 66 000 V a 16 2/3 periodi della lunghezza di circa 2 chilometri dalla Centrale alla cabina di smistamento delle FF. SS. in Bolzano, dove avviene la messa in parallelo con la Centrale di Prati sul torrente Vizze, della Società Idroelettrica del Vizze.

2) *Una linea* a 236 000 V a 50 periodi, di 246 chilometri di lunghezza, fino alla cabina di smistamento di *Cislago* (a nord-ovest di Milano) della Società Lombarda per distribuzione di energia elettrica (gruppo SIP). Qui l'energia viene trasformata a 45 000 V ed immessa nella rete generale di distribuzione. È inoltre previsto il prolungamento della linea primaria fino a Torino (altri 140 chilometri) per il collegamento diretto con gli impianti della stessa SIP in Piemonte.

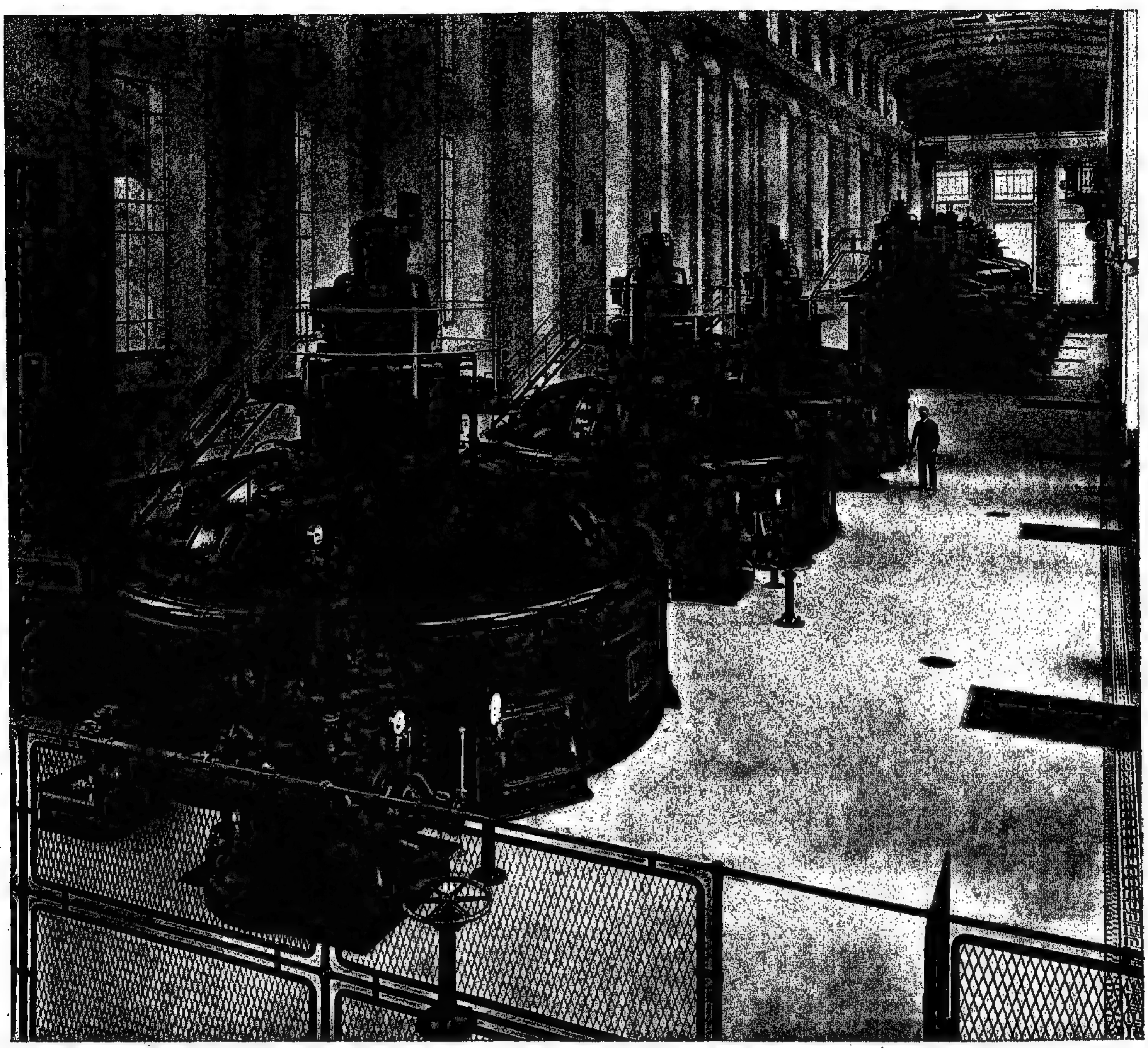


Fig. 5. - Sala macchine: potenza installata 208 000 kVA.

Alternatore :

potenza 9 000-13 500 kVA a 16 2/3 periodi e a 4 000 V.

Trasformatore :

potenza 8 700-13 050 kVA a 16 2/3 periodi;
rapporto di trasformazione 4 000/66 000 V.

Per i servizi interni :

Due gruppi costituiti ciascuno da 1 turbina Pelton della potenza di 500 HP (370 kW) a 500 giri e di un alternatore trifase a 50 periodi e 500 V, di 500 kVA.

La potenza totale installata è di 197 000 kW = 208 000 kVA.

La produzione media annua dell'impianto è di 600 milioni di kWh, di cui 380 milioni di kWh regolarizzati per 7400 ore.

La restituzione al fiume è fatta mediante canale in galleria della lunghezza di circa 600 metri.

Per il trasporto della energia prodotta ai vari centri di consumo partono dalla Centrale le seguenti linee (fig. 6):

3) *Una linea* a 130 000 V a 42 periodi di 52 km di lunghezza sino a Lavis dove è collegata con altra linea di 150 km di lunghezza che trasporta l'energia alla grande cabina di smistamento di *Porto Marghera* a Venezia, della Società Adriatica di Elettricità.

4) *Una linea* a 21 000 V a 50 periodi di circa 300 metri di lunghezza per il collegamento con la linea di trasporto proveniente dalla Centrale di Val Gardena della Società Trentina di Elettricità (STE) per l'alimentazione di varie ferrovie elettriche regionali di diversi centri di distribuzione.

La costruzione dell'impianto è stata iniziata verso la fine dell'anno 1925 coi primi assaggi di perforazione ad alcune finestre allo scopo di ottenere dati precisi di orientamento circa la natura della roccia e la conseguente attrezzatura dei cantieri. Nel frattempo venne ultimata la costruzione della Centrale

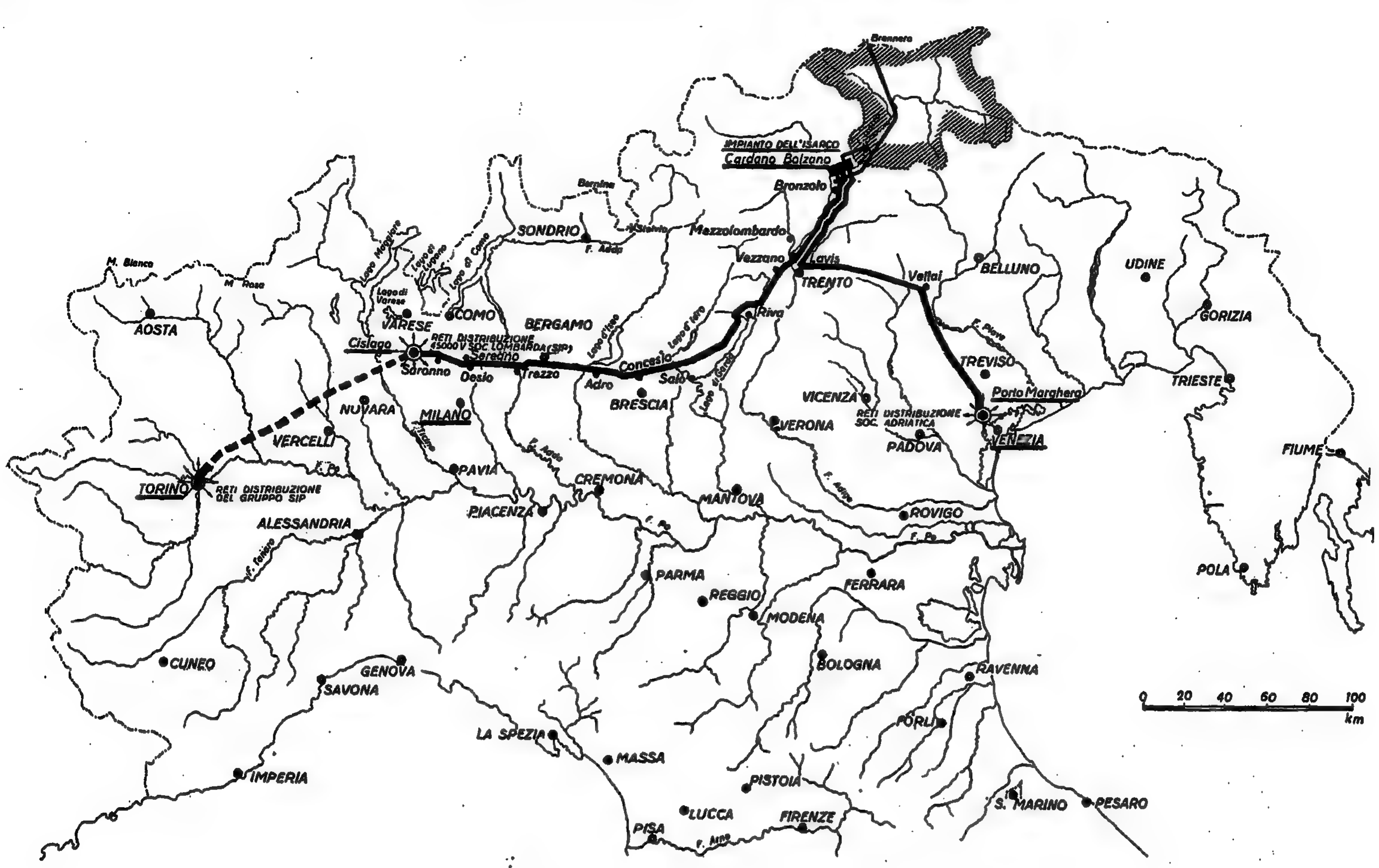


Fig. 6. - Linee elettriche partenti dalla Centrale «CARLO CICOGNA».

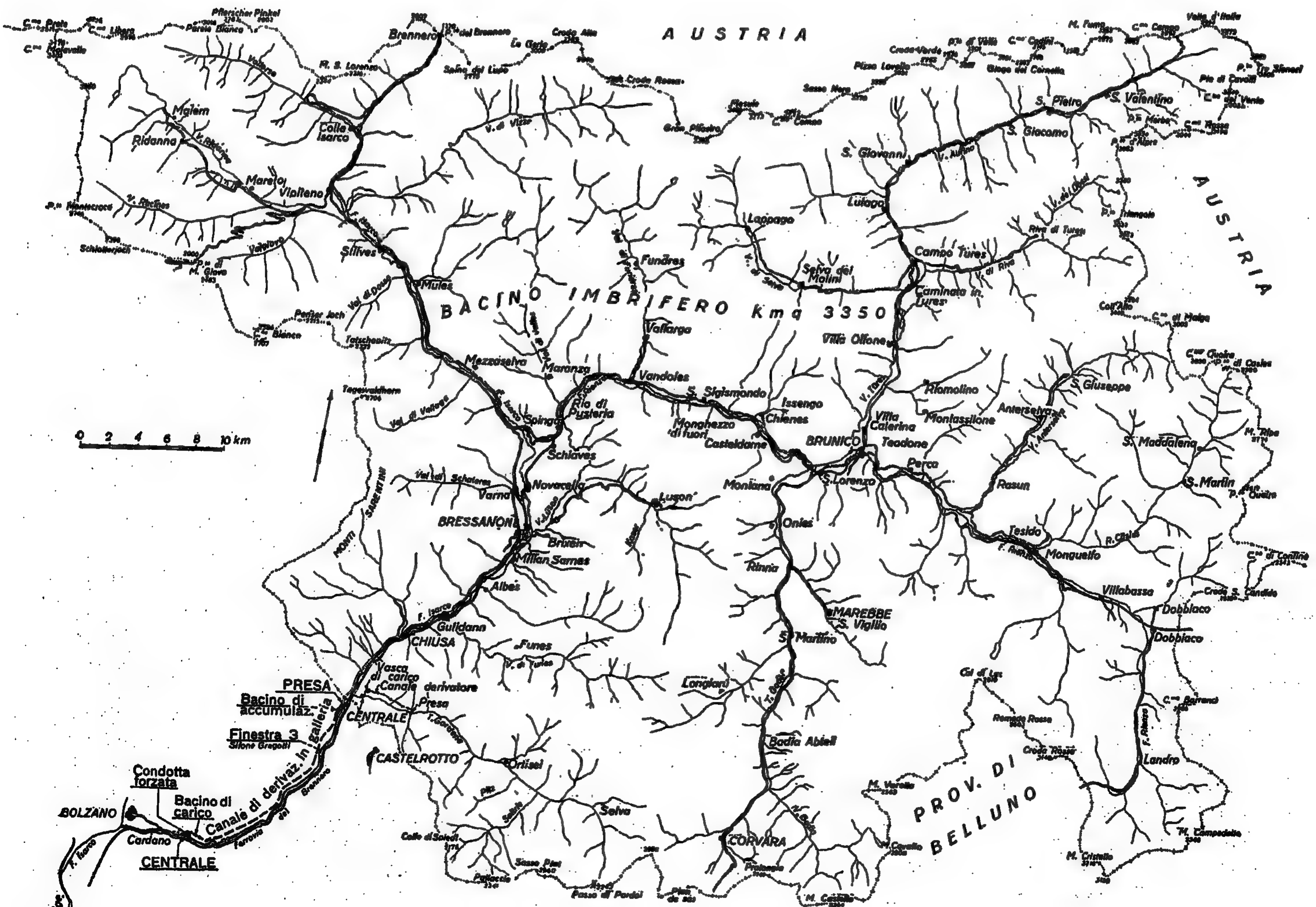


Fig. 7. - Corografia del bacino imbrifero.

« *Val Gardena* » della potenza di 4 000 HP (salto utile 210 metri) della STE, destinata a fornire l'energia necessaria ai cantieri di lavoro.

Le linee di trasporto, le cabine di trasformazione, l'allestimento dei cantieri ecc., furono ultimati nell'estate del 1926, epoca in cui si iniziò la perforazione a tutte le finestre di attacco. I lavori si svolsero con alacrità e, nonostante le difficoltà incontrate, si potè eseguire la prova del primo gruppo idroelettrico di 45 000 HP nella nuova Centrale nell'aprile 1929. La messa in esecuzione definitiva dell'impianto avvenne il 15 settembre 1929 per la parte trazione e il 7 gennaio 1930 per la parte industriale.

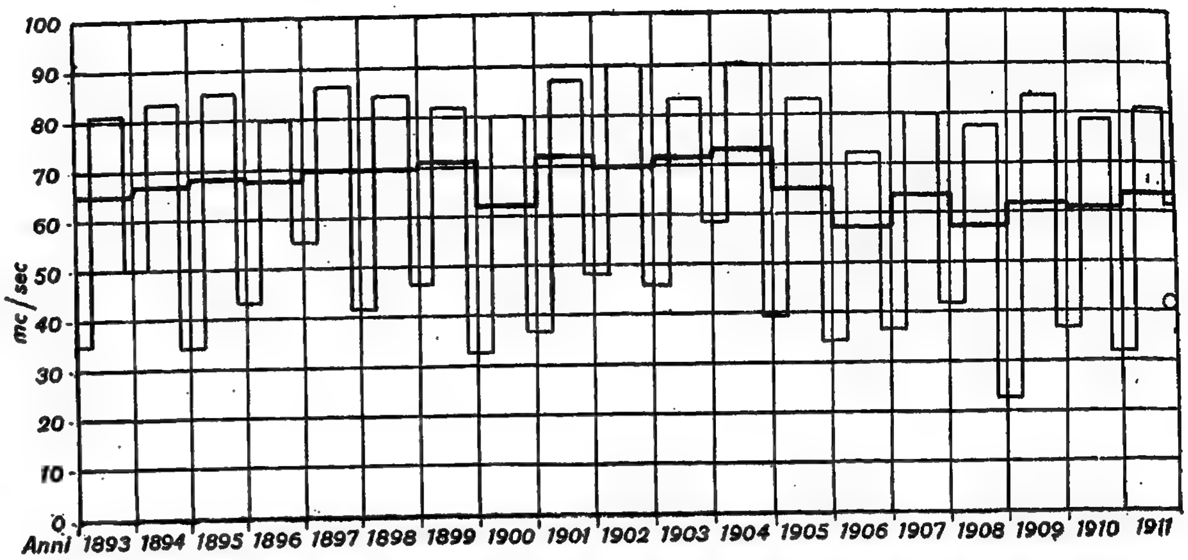


Fig. 9. - Portate medie annue e portate medie invernali ed estive dell'Isarco nel periodo dal 1893 al 1911.

Portate medie annuali
» » invernali ed estive

Scala ordinate mm 1 = 2 mc/sec
» ascisse mm 1 = 2 mesi

B) Dati idrografici e potenzialità dell'impianto.

L'Isarco nasce in vicinanza del passo del Brennero, a ca. 2000 metri sul livello del mare. Dopo un percorso di ca. km 92 si immette nell'Adige presso Bolzano, a quota 244 s. l. m. Lungo il suo corso riceve l'acqua di numerosi affluenti discendenti dai versanti delle Alpi Breonie, Aurine, Pusteresi ed Ampezzane. Il maggiore affluente è la Rienza che, nascendo presso Dobbiaco, si unisce coll'Isarco a Bressanone, dopo un percorso di km 63. Il bacino imbrifero dell'Isarco e dei suoi affluenti ha un'estensione totale di 4193 kmq. La parte di esso sfruttata per l'impianto dell'Isarco e che fa capo alla presa di Ponte Isarco, è di 3350 kmq. Come si vede dalla planimetria della fig. 7, la linea spartiacque che delimita il bacino imbrifero, risale dalla presa a Ponte Isarco, in direzione nord, ai monti Sarentini e per il Passo del Giovo sino alla Cima di Malavalle (3403) ed alla Cima del Prete (3511), quindi volge verso est, seguendo il confine italo-austriaco, toccando la Cima Libera (3426) il Pflerscher Pinkel (2783), il Monte S. Lorenzo (2316), il Passo del Brennero (1370), il Gruppo del Gran Pilastro (3396), la Mesule (3486), Cima di Campo (3422), Sasso Nero (3370), Punta di Valle (3201) e la Vetta d'Italia (2914); piega poi verso sud al Pizzo dei Tre Signori (3505) e prosegue sino al Corno di confine (2545), dove lascia la linea del confine italo-austriaco e passa per la Croda S. Candido e la Cima Barranci al Monte Campedelle; di qui volta ad ovest fino al Monte Cristallo (3216) e seguendo sempre la linea che limita le Provincie di Bolzano e di Belluno, sale verso Croda Rossa (3148) e Col di Lac (2810), e qui piega in direzione sud-ovest toccando il Monte Varella, il Monte Cavallo (2908) e il Monte Castello; riprende poi verso ovest toccando successivamente Pralongia, il Gruppo di Sella (3150), il Passo del Pordoi e il Sasso Plat (2960) e scende infine lungo i promontori di questo verso Ponte Isarco.

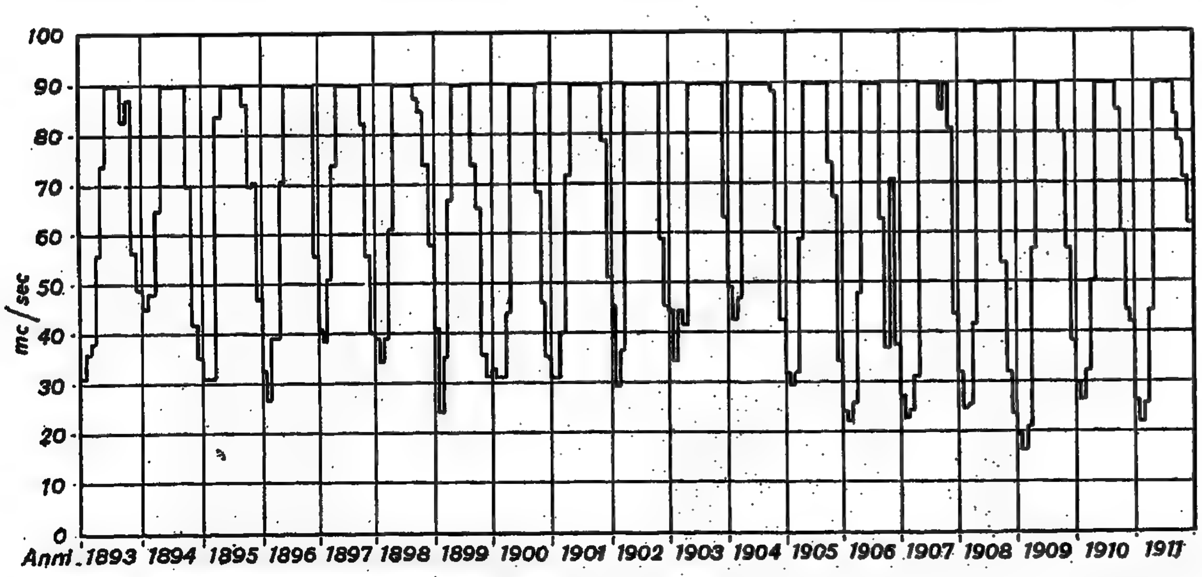


Fig. 8. - Portate medie mensili a Ponte all'Isarco dedotte dall'idrometro di Chiusa.

Scala ordinate mm 1 = 2 mc/sec
» ascisse mm 1 = 2 mesi

Il bacino imbrifero si trova ad una quota media superiore ai mille metri ed è alimentato da molti ghiacciai; quasi tutti gli affluenti scendono rapidamente da quote molto alte, con breve percorso, a quote relativamente assai basse.

Di conseguenza il fiume va soggetto a piene estive, dovute allo scioglimento delle nevi, ed a piene autunnali, dovute alle piogge; magre invernali si verificano durante il periodo dei geli.

Da uno studio fatto dall'Ing. Giuseppe Baselli, in base alle osservazioni giornaliere registrate dall'Ufficio Idrografico di Vienna, risulta che nelle piene normali dovute allo scioglimento delle nevi, l'Isarco porta a Ponte Isarco ca. 500 mc, e nelle piene straordinarie circa 700 mc; si sono però avute delle piene eccezionali con portate che si avvicinarono ai 1000 mc.

Circa le portate medie mensili riportiamo qui sotto i dati tolti dalla Relazione tecnica del progetto elaborato dal Prof. Dr. Ing. Gaetano Ganassini. Per il calcolo delle portate medie a Ponte Isarco si avevano a disposizione le indicazioni dell'idrometro di Chiusa (dove l'Isarco ha un bacino imbrifero di 3060 kmq) riportate negli Annuari dell'Ufficio Idrografico Austriaco abbastanza regolarmente per il periodo dal 1893 al 1911. Manca però in tale punto di osservazione il contributo, assai importante per la sua perennità, della Val Gardena.

Per determinare le portate a Ponte Isarco si sono perciò aumentati i deflussi, dedotti in base alle indicazioni dell'idrometro di Chiusa, nel rapporto dei bacini imbriferi e cioè da 3060 a 3350 pari a 1,1. La tabella a pag. seguente riporta le medie delle letture idrometriche di Chiusa e accanto le portate aumentate del 10 % corrispondenti quindi alla portata effettiva a Ponte Isarco.

Non sono indicate le portate superiori a 90 mc e cioè maggiori della portata utilizzata nell'impianto. Il diagramma della fig. 8 rappresenta graficamente le portate medie mensili.

Dalla tabella e dal diagramma si deduce in linea di massima:

a) Che la portata minima del fiume, salvo casi eccezionali (4 nel periodo di 19 anni), non scende sotto i 25 mc/sec e che di conseguenza la energia annua corrispondente a questa portata (7,5 l/kmq), cioè 250 milioni di kWh, si può ritenere assicurata con carattere di continuità.

b) Che la portata media invernale, dal 1° novembre al

PORTATE MEDIE MENSILI DEL FIUME ISARCO A PONTE ISARCO DEDOTTE DALLE INDICAZIONI IDROMETRICHE DI CHIUSA

ANNO	Gennaio Idrom. di Chiusa	Gennaio Portate a P. Isarco	Febbraio Idrom. di Chiusa	Febbraio Portate a P. Isarco	Marzo Idrom. di Chiusa	Marzo Portate a P. Isarco	Aprile Idrom. di Chiusa	Aprile Portate a P. Isarco	Maggio Idrom. di Chiusa	Maggio Portate a P. Isarco	Giugno Idrom. di Chiusa	Giugno Portate a P. Isarco
1893	0	31.1	+ 6	35.7	+ 9	38.1	+ 28	55.7	+ 45	74.0	+ 74	90.0
1894	+ 17	45.1	+ 20	48.0	+ 20	48.0	+ 37	65.2	+ 78	90.0	+ 97	90.0
1895	0	31.1	0	31.1	0	31.1	+ 53	83.4	+ 64	90.0	+ 105	90.0
1896	+ 2	32.5	− 5	26.6	+ 10	39.0	+ 10	39.0	+ 42	70.7	+ 116	90.0
1897	+ 13	40.5	+ 10	39.0	+ 23	50.9	+ 45	74.0	+ 105	90.0	+ 165	90.0
1898	+ 10	39.0	+ 4	34.1	+ 10	39.0	+ 33	60.8	+ 96	90.0	+ 153	90.0
1899	+ 12	40.7	+ 1	24.0	+ 5	35.0	+ 33	66.8	+ 97	90.0	+ 106	90.0
1900	+ 2	32.5	0	31.1	0	31.1	+ 16	44.2	+ 100	90.0	+ 123	90.0
1901	0	31.1	0	31.1	+ 11	39.9	+ 42	71.8	+ 92	90.0	+ 173	90.0
1902	+ 17	45.1	− 3	28.8	+ 7	36.5	+ 66	90.0	+ 63	90.0	+ 131	90.0
1903	+ 15	44.4	+ 4	34.1	+ 16	44.3	+ 13	41.6	+ 73	90.0	+ 107	90.0
1904	+ 21	48.9	+ 14	42.5	+ 19	47.0	+ 65	90.0	+ 1[illegible]	90.0	+ 150	90.0
1905	+ 1	31.8	− 2	29.5	+ 1	31.8	+ 31	58.8	+ [illegible]7	90.0	+ 132	90.0
1906	− 10	34.2	− 13	22.0	− 8	25.3	+ 20	47.9	+ 88	90.0	+ 111	90.0
1907	− 6	26.7	− 12	22.7	− 10	24.2	0	31.2	+ 86	90.0	+ 126	90.0
1908	0	32.2	− 9	24.7	− 8	25.3	+ 13	41.6	+ 100	90.0	+ 102	90.0
1909	− 17	19.6	− 24	15.8	− 15	20.9	+ 29	56.7	+ 63	90.0	+ 91	90.0
1910	− 2	29.5	− 7	26.1	+ 2	32.6	+ 22	49.8	+ 88	90.0	+ 176	90.0
1911	− 7	26.1	− 13	22.0	− 8	25.3	+ 16	44.2	+ 73	90.0	+ 127	90.0

ANNO	Luglio Idrom. di Chiusa	Luglio Portate a P. Isarco	Agosto Idrom. di Chiusa	Agosto Portate a P. Isarco	Settembre Idrom. di Chiusa	Settembre Portate a P. Isarco	Ottobre Idrom. di Chiusa	Ottobre Portate a P. Isarco	Novembre Idrom. di Chiusa	Novembre Portate a P. Isarco	Dicembre Idrom. di Chiusa	Dicembre Portate a P. Isarco
1893	+ 98	90.0	+ 64	90.0	+ 52	82.4	+ 56	87.2	+ 29	56.7	+ 21	48.8
1894	+ 98	90.0	+ 109	90.0	+ 87	90.0	+ 41	69.6	+ 13	41.6	+ 5	35.0
1895	+ 100	90.0	+ 95	90.0	+ 55	86.0	+ 41	69.6	+ 42	70.6	+ 19	47.0
1896	+ 105	90.0	+ 118	90.0	+ 89	90.0	+ 100	90.0	+ 68	90.0	+ 28	55.5
1897	+ 121	90.0	+ 92	90.0	+ 92	90.0	+ 52	82.4	+ 28	55.5	+ 11	39.9
1898	+ 114	90.0	+ 87	90.0	+ 56	87.3	+ 54	84.6	+ 45	74.0	+ 30	57.8
1899	+ 109	90.0	+ 72	90.0	+ 45	74.0	+ 37	65.1	+ 6	35.6	0	31.1
1900	+ 108	90.0	+ 98	90.0	+ 61	90.0	+ 40	68.2	+ 18	46.2	+ 5	35.0
1901	+ 114	90.0	+ 98	90.0	+ 97	90.0	+ 77	90.0	+ 49	78.6	+ 23	50.7
1902	+ 128	90.0	+ 101	90.0	+ 76	90.0	+ 64	90.0	+ 31	58.6	+ 17	45.5
1903	+ 98	90.0	+ 106	90.0	+ 89	90.0	+ 62	90.0	+ 65	90.0	+ 34	62.9
1904	+ 100	90.0	+ 78	90.0	+ 82	90.0	+ 57	88.4	+ 33	60.8	+ 14	42.5
1905	+ 104	90.0	+ 107	90.0	+ 77	90.0	+ 45	74.0	+ 39	67.2	+ 4	34.1
1906	+ 96	90.0	+ 67	90.0	+ 34	63.0	+ 7	36.4	+ 42	70.4	+ 8	37.3
1907	+ 86	90.0	+ 82	90.0	+ 54	84.6	+ 84	90.0	+ 5	81.0	+ 15	43.4
1908	+ 81	90.0	+ 73	90.0	+ 70	90.0	+ 26	53.7	+ 1	31.8	− 11	23.3
1909	+ 110	90.0	+ 80	90.0	+ 59	90.0	+ 50	80.0	+ 29	56.6	+ 9	38.1
1910	+ 131	90.0	+ 107	90.0	+ 54	84.6	+ 32	59.7	+ 16	44.2	+ 14	42.3
1911	+ 96	90.0	+ 70	90.0	+ 53	83.5	+ 49	78.6	+ 42	70.4	+ 25	51.8

31 marzo, varia da un minimo di 22,28 mc/sec (nell'inverno 1908-1909, che si ricorda come uno dei più critici dell'anteguerra), ad un massimo di 58,26 mc/sec (nell'inverno 1903-904) e che per quanto concerne la frequenza delle magre invernali, come riassunto dei 18 inverni osservati, si conclude:

Portata	media	inferiore	a 25	mc/sec	: 1	inverno	su 18
»	»	»	» 30	»	: 1	»	» 18
»	»	»	» 35	»	: 5	»	» 18
»	»	»	» 40	»	: 9	»	» 18
»	»	»	» 45	»	: 12	»	» 18
»	»	»	» 50	»	: 16	»	» 18
»	»	»	» 55	»	: 16	»	» 18
»	»	»	» 60	»	: 18	»	» 18

c) Che la portata massima di 90 mc in estate ha una durata variabile da un minimo di 3 mesi (nell'anno 1893) ad un massimo di 7 mesi (negli anni 1902-1903).

d) Che la portata media derivabile nel periodo estivo, dall'aprile al novembre, varia da un minimo di 72,2 mc/sec (nel 1906) ad un massimo di 90 mc/sec (nel 1902).

e) Che la portata media *annua* derivabile varia da un minimo di 56,8 mc/sec (nel 1908) ad un massimo di 72,6 mc/sec (nel 1904).

Per maggiore chiarezza di visione riassuntiva i diversi valori medi sono raggruppati nel diagramma delle medie annuali e quello misto delle medie invernali ed estive (fig. 9).

Si osserva che la minima media invernale si ha nell'inverno 1908-1909 sensibilmente coincidente con il depauperamento di deflusso segnalato dalla media minima annua del periodo nel 1908.

Riassumendo, si può stabilire:

1º) Che la portata minima, e quindi continua per tutto l'anno, è di 25 mc/sec, corrispondente a 7,5 l/kmq.

2º) Che la portata utilizzabile media annua è di 60 mc/sec, cioè 18 l/kmq.

Risulta che il grado di sfruttamento dell'energia disponibile nel bacino imbrifero è piuttosto basso, poichè il modulo del fiume non è certo più basso di 30 litri/kmq, corrispondente, col 0,75 di coefficiente di deflusso, ad una precipitazione di 1250 mm. Ma, data la grande estensione del bacino, le proporzioni delle eventuali capacità regolatrici delle portate sarebbero così vaste da portare ad uno sviluppo di opere che sconfinano in modo deciso da ogni convenienza finanziaria.

Essendo il salto netto di 159 m, il rendimento delle turbine 0,89, quello degli alternatori 0,96 e quello dei trasformatori 0,97, un metro cubo d'acqua equivale a

$$\frac{1000 \times 159}{75 \times 3600}\ 0,736 \times 0,89 \times 0,96 \times 0,97 = 0,35 \text{ kWh.}$$

Ne consegue che la potenzialità annua dell'impianto è di:

60 mc/sec . 31 536 000 sec . 0,355 = 670 milioni di kWh
o, ridotto a 8000 ore di esercizio, di 600 milioni di kWh.

Di tale produzione possono essere forniti con regime di continuità per tutto l'anno non meno di

$$25 \times 31\,536\,000 \times 0,355 = 280 \text{ milioni di kWh}$$

È interessante verificare ancora quale è la potenza minima in kW che l'impianto può produrre con l'aiuto dei bacini di accumulazione giornaliera, per almeno 10 ore giornaliere anche nei mesi di massima magra e di stabilire per quante ore all'anno si possa fare assegnamento su tale potenza e quale è il corrispondente numero di kWh annui.

Il contributo dei bacini di accumulazione, suddiviso su 10 ore giornaliere è di

$$\frac{500\,000 \text{ mc}}{10 \times 3\,600} = 14 \text{ mc/sec}$$

Aggiungendoli ai 25 mc/sec che, come si è detto sopra, è la minima portata invernale (se si trascura qualche rara eccezione), si arriva a disporre complessivamente di 39 mc/sec, corrispondenti a

$$39 \times 3\,600 \times 0{,}355 = 50\,000 \text{ kW}.$$

La portata minima si verifica nel mese di febbraio, durante il quale occorrerà quindi attingere dai bacini 14 mc/sec ed i bacini potranno fornirli durante 10 ore al giorno, cioè durante 280 ore del mese.

Analogamente si possono calcolare le ore di esercizio al carico di 50 000 kW per i mesi di gennaio e marzo.

Mese	Portata media minima mc	Portata da attingersi dai bacini mc	Durata dello svaso del bacino ore	Durata dello svaso per mese ore	Tempo occorrente per riempire i bacini ore
Gennaio	31	8	17.30'	540	4.30'
Febbraio	25	14	10	280	5.30'
Marzo	32	7	19	590	4.30'
Aprile – Dicembre	oltre 39	—	—	6000	
				7410	

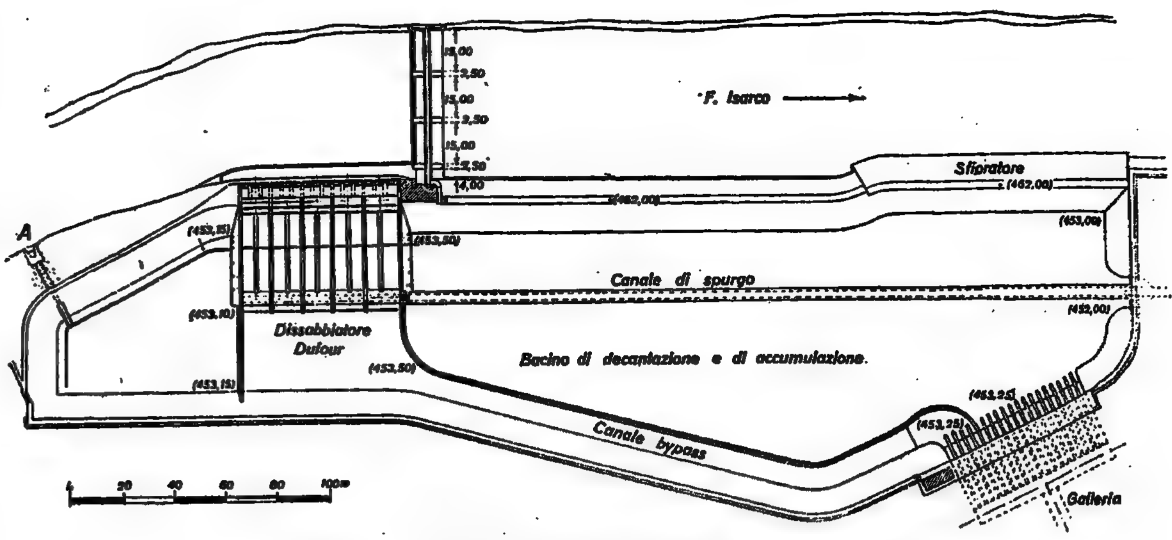


Fig. 10. - Pianta generale delle opere di presa.

L'impianto può quindi fornire la potenza costante di 50 000 kW per complessive 7400 ore annue, corrispondente ad una produzione di 380 milioni di kWh, con orario minimo di 10 ore nel mese di febbraio.

La trazione elettrica della Ferrovia del Brennero richiede delle potenze momentanee molto alte, sino a 19 000 kW; d'altra parte però il carico medio è assai modesto ed il consumo di acqua non supera i 3 mc/sec, quantitativo che può essere fornito dal bacino di carico. Non prevedendosi, in un prossimo tempo, un aumento sensibile di fornitura di energia per trazione, il macchinario per la produzione di energia a scopi industriali è stato scelto di potenza tale da potere assorbire da solo tutti i 90 mc/sec di acqua, con 4 turbine Francis di 22,5 mc/sec cadauna.

Per disporre di un gruppo di riserva e per potere anche nel periodo estivo utilizzare i bacini di accumulazione, allo scopo di sfruttare una maggiore parte dell'energia durante le ore

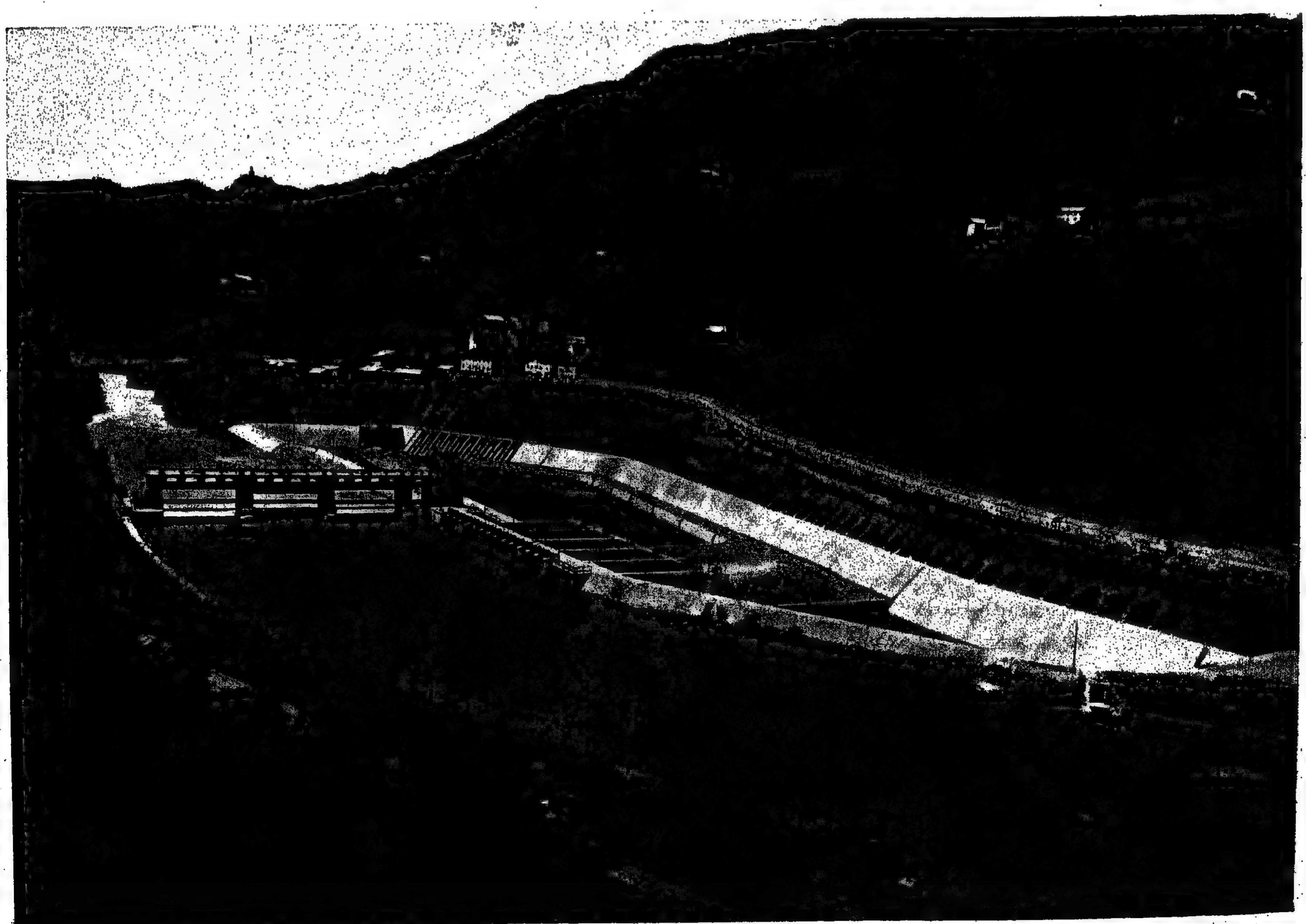


Fig. 11. - Veduta generale della presa.

diurne, è stato installato nell'officina un quinto gruppo di 36 000 kVA, in modo che la Centrale può assorbire 112,5 mc/sec. Questo quinto gruppo si è reso anche più necessario pel fatto che si è dovuto prevedere il contemporaneo servizio su due linee distinte con diversa periodicità, e, siccome non sempre uno dei due servizi richiederà il carico completo di una o più unità, con soli 4 gruppi non sarebbe sempre stato possibile di sfruttare costantemente tutta l'acqua disponibile col rimanente macchinario inserito sull'altro servizio.

Parte II.

Descrizione dell'impianto

L'impianto è stato eseguito secondo il progetto di massima elaborato dallo studio dell'Ing. Gaetano Ganassini, Professore al Politecnico di Milano, il quale, in unione alla Direzione dei lavori della S.I.D.I., ha pure eseguito i progetti esecutivi per le opere idrauliche. I progetti per le costruzioni idromeccaniche, per la Centrale e le sottostazioni vennero elaborati, in unione alle Ditte fornitrici, dall' Ufficio dei servizi tecnici della S.I.D.I.

A) Opera di presa.

Le opere di presa sono costituite dallo sbarramento sul fiume, dal complesso delle luci e delle paratoie di presa dell'incile, da un dissabbiatore tipo Dufour, da un bacino di decantazione e di accumulazione e dal gruppo delle luci e delle paratoie di immissione nel canale adduttore (v. figg. 2, 10, 11).

1) *Sbarramento* (figg. 12 *a*), *b*) e *c*)).

Lo sbarramento è del tipo a grandi paratoie, adottato con ottimo successo già in molti altri grandiosi impianti, sia in Italia sia all'estero. Sulla sponda sinistra la traversa si appoggia alla scarpata della banchina ferroviaria della linea del Bren-

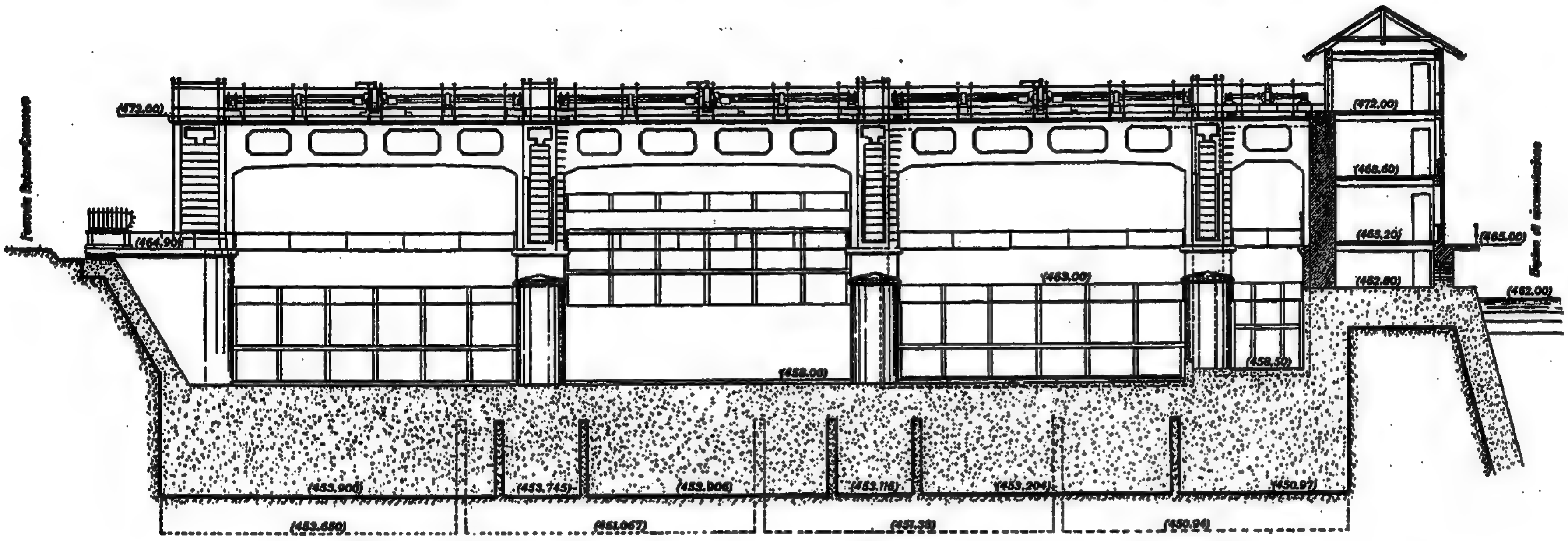


Fig. 12 *a*). - Prospetto da monte dello sbarramento e sezione delle opere di fondazione.

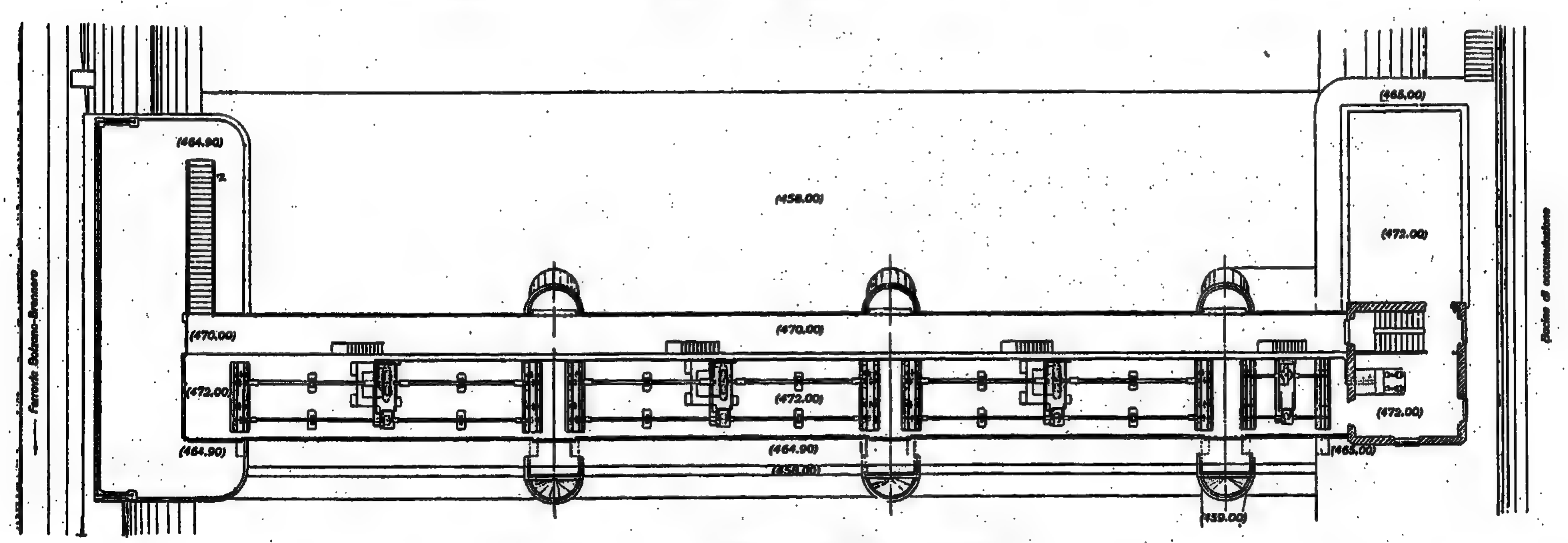


Fig. 12 *b*). - Pianta dello sbarramento.

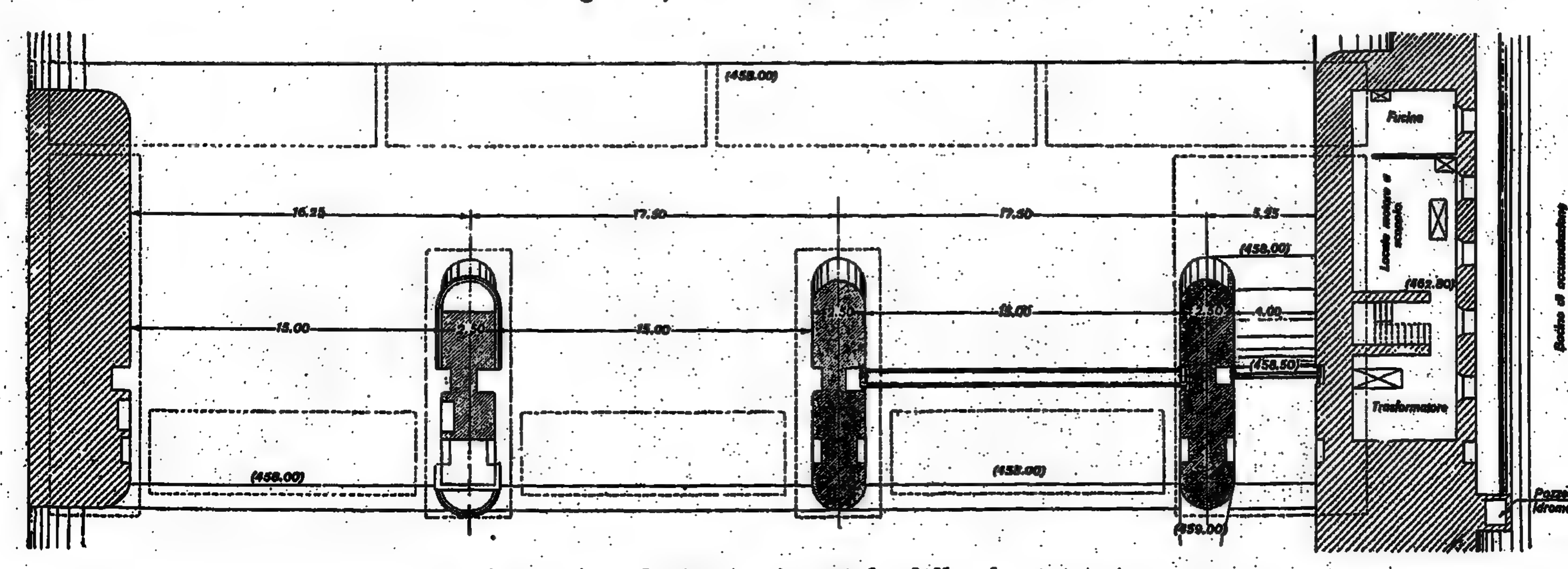


Fig. 12 *c*). - Sezione orizzontale dello sbarramento.

nero, alla destra all'argine a valle del bacino di decantazione ed accumulazione. La soglia fissa della traversa è stata tenuta alla quota 458, corrispondente alla quota media del greto del fiume Isarco. Mentre in tal modo non si è creata con le opere di sbarramento nessuna ostruzione altimetrica al deflusso normale, si è per di più allargato l'alveo sbancando la sponda destra per circa una ampiezza di m 20.

In tal guisa è stato possibile creare nella traversa tre grandi luci di m 15 ed una quarta di m 4 in corrispondenza della sponda destra per lo sghiaiatore.

La sponda sinistra del fiume, costituita per un tratto dalla scarpata della banchina ferroviaria, è difesa con rivestimento di muratura raccordata ad una unghia di protezione al piede.

La sponda destra, largamente e profondamente intaccata per dar posto alle nuove opere, specie al bacino di decantazione ottenuto tutto in trincea, è oggi costituita dal filo dell'argine di contenimento del bacino stesso, argine ottenuto mediante sagomatura del terreno in posto, lasciata nello sbancamento, regolarizzata con rilevato e rivestita verso il fiume con muratura di pietrame.

La difesa a valle è stata prolungata per raccordare l'allargamento creato in corrispondenza della traversa all'alveo naturale.

Il ciglio superiore delle paratoie principali consente un pelo di massimo invaso a quota 462,10. D'inverno, mediante paratoie sussidiarie, che, usufruendo degli stessi gargami, si calano fino a poggiare su quelle principali, è possibile spingere il massimo invaso fino a quota 463, allo scopo di creare, per rigurgito, nell'asta stessa del fiume, una piccola riserva che si aggiunge all'altra per le ore di punta serale.

Grazie all'abbondante sezione delle luci il regime altimetrico delle piene è sensibilmente migliorato in confronto alle condizioni antecedenti alla costruzione dell'opera, ed il margine di franco è tale da consentire lo smaltimento di piene assai superiori a quelle sinora verificatesi.

Per lo scarico della ghiaia si è lasciata una luce di m 4 di larghezza con la soglia a quota 458,50, e cioè 50 cm più alta della corrispondente soglia delle paratoie principali.

Nello stesso modo è stata tenuta sopraelevata rispetto al fiume tutta la platea, larga m 4, situata davanti alle luci di presa, a monte della paratoia sghiaiatrice, in modo da creare un gradino tra il greto del fiume e le luci di presa. Inoltre si è protetta questa platea elevata mediante la costruzione di un muricciolo con ciglio a quota 459, allo scopo di ostacolare il passaggio dei materiali convogliati dall'acqua verso le luci di presa. Questa platea che costituisce la soglia alle luci di presa, è inclinata e forma uno scivolone verso la luce di sghiaiamento allo scopo di provocare, a paratoia aperta, un richiamo d'acqua di velocità sufficiente allo smaltimento dei materiali fluttuanti più pesanti.

Per la fondazione della traversa vennero affondate due serie di cassoni con asse ortogonale al fiume costituenti l'unghia a monte e l'unghia a valle della platea generale, fino ad una quota variabile tra 451 e 454 (ca. $4 \div 7$ metri sotto il vecchio letto). Per ogni pila è stato affondato un cassone con asse parallelo al filo del fiume.

Il piano di fondazione trovato alle profondità sopradette è risultato di ghiaiame compatto, misto a grossi trovanti.

La platea generale poggia su un arcone in calcestruzzo che ha per spalle le due unghie. Detto arcone è protetto da bolognini di porfido, dell'altezza di m 0,30.

La diga consiste in tre grandi paratoie di m 15 di luce e m 4 di ritenuta, e di una paratoia sghiaiatrice di m 4 di luce e m 3,50 di ritenuta.

Come si è accennato più sopra, una seconda paratoia di un metro di altezza può essere appoggiata su quelle principali. Le paratoie sono costituite da un robusto telaio in travi composte con rivestimento in lamiera. Il peso delle due paratoie di ognuna delle luci grandi è di t 30. Quella principale scorre su 4 ruote che appoggiano su guide metalliche formate da ferri ad U. La tenuta d'acqua è ottenuta di fianco da lamierini di mm 2 di spessore, i quali vengono pressati dall'acqua stessa contro le guide; sulla soglia invece da guarnizioni di legno applicate al lembo della paratoia stessa.

Questa è sospesa mediante due catene *Gall* alle ruote dentate, calettate sull'albero di trasmissione ed il suo peso è equilibrato mediante contrappeso costituito da una grossa trave di cemento armato sospesa all'altra estremità della catena. L'albero di trasmissione viene fatto girare da un servomotore ad olio sotto pressione.

La chiusura delle paratoie avviene per peso proprio. L'olio sotto pressione è fornito da due gruppi di elettropompe costituiti ciascuno da una pompa rotativa ad alette, direttamente accoppiata a motore elettrico di 12 HP a 1000 giri e a 500 V; un gruppo è di riserva.

Ogni luce ha una trasmissione distinta con un servomotore separato. Mediante un sistema di valvole si può collegare uno qualsiasi o più servomotori con una pompa alimentatrice. Si può quindi manovrare tanto una singola paratoia, quanto di-

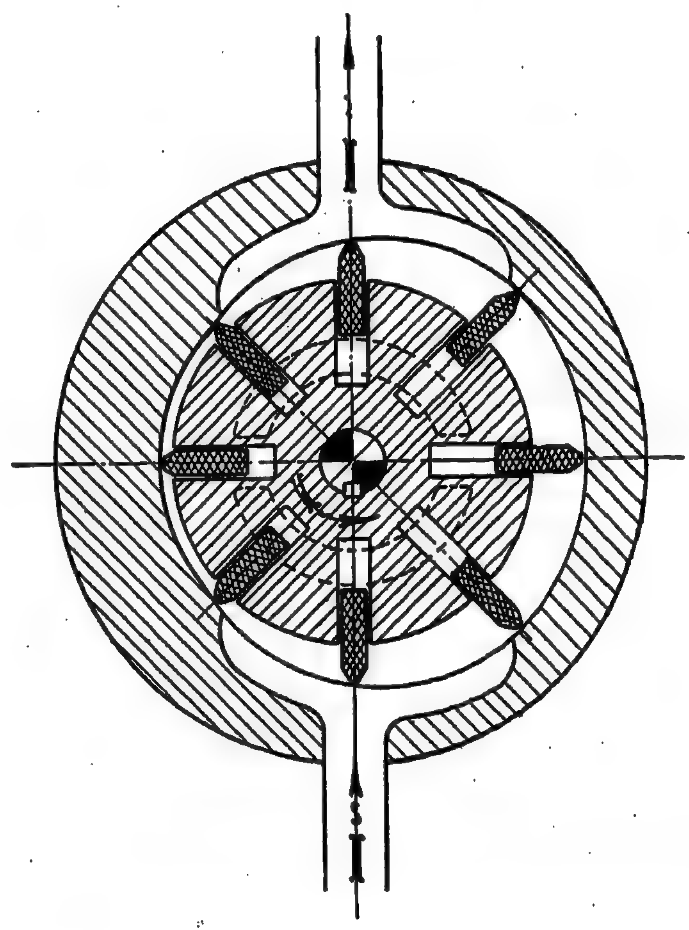


Fig. 13 *a*). - Disposizione schematica del servomotore Calzoni.

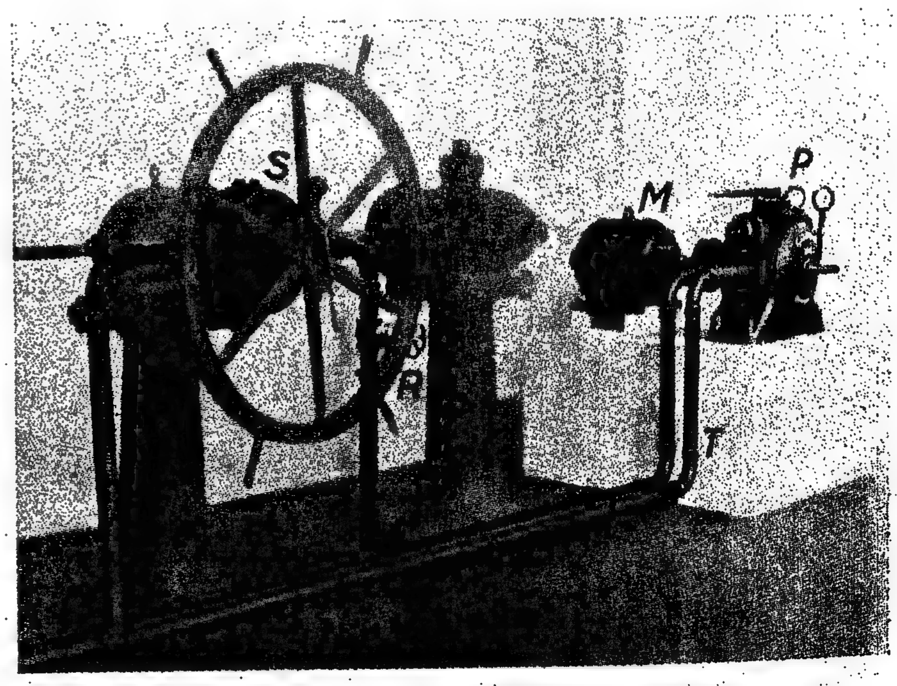


Fig. 13 *b*). - Servomotore e pompa d'olio.

verse paratoie collegate ed anche tutte insieme. Invertendo il senso di rotazione del gruppo motore-pompa si ottiene anche l'inversione del movimento del servomotore e delle paratoie. Normalmente il servomotore della paratoia dello sghiaiatore



Fig. 14. - Servomotore aperto delle paratoie grandi.

è collegato con una delle due pompe e quelli delle tre paratoie grandi con l'altra.

Le paratoie si spostano con la velocità di m 0,50 al minuto primo, quando una pompa alimenta un solo servomotore; quando invece una pompa alimenta contemporaneamente più servomotori, la velocità si riduce in rapporto al numero dei servomotori allacciati.

Il servomotore è rappresentato schematicamente in sezione dalla fig. 13 *a*) ed in unione alle pompe dalla fig. 13 *b*). L'olio entra da una parte ed esercita la pressione su alette mobili in scanellature radiali del corpo rotante, il cui asse è eccentrico rispetto al cilindro entro cui gira. L'olio provoca quindi la rotazione ed esce dal lato opposto ritornando alla vasca di aspirazione della elettropompa. Un dispositivo brevettato fa si che le alette si mantengano sempre aderenti alla parte interna del cilindro.

Il servomotore usato per le paratoie in questione è ad azione doppia, come risulta dalla sezione (fig. 14). Esso è munito di un altro piccolo servomotore a pistone disposto nella parte superiore, il quale, mosso dall'olio fornito da una pompetta a mano (visibile in alto), agisce, mediante un congegno meccanico, direttamente su due palette del rotore provocandone la rotazione. Questo dispositivo è di riserva qualora mancasse l'energia elettrica per i gruppi elettro-pompa e con esso si può spostare la paratoia con velocità media di 3 cm al minuto primo.

La paratoia sussidiaria, anch'essa equilibrata da contropesi in ghisa, può essere manovrata dal proprio servomotore, oppure dal servomotore della paratoia principale, qualora si manovrino ambedue le paratoie contemporaneamente.

Le trasmissioni ed i servomotori sono installati sulla passerella di manovra, portata da una travata composta in cemento armato che appoggia sulle pile della traversa. Una passerella laterale, a quota più bassa, serve per l'accesso alle singole trasmissioni e per l'ispezione delle paratoie.

Le pompe per l'olio sono installate all'altezza della passerella principale in un locale dell'edificio costruito per gli apparecchi di manovra e per il ricovero dei guardiani.

Per lo smontaggio delle paratoie ed eventuali riparazioni, sia alle paratoie stesse, sia alle rispettive sedi, si è prevista una travata smontabile in ferro che verrà appoggiata sugli speroni delle pile a quota 462,10 e formerà l'arresto superiore ad una diga provvisoria, tipo Poirée, il cui arresto inferiore è costituito da un dente appositamente lasciato nella platea generale (ved. punteggiata nella fig. 15).

Per facilitare il montaggio della trave composta e della diga Poirée, si è costruita una passerella stabile, con piano a quota 465, anch'essa poggiata sugli speroni delle pile.

La presa si effettua mediante una batteria di 15 luci, cadauna di m 3 di lunghezza e m 1,25 di altezza, munite di paratoie manovrate da servomotori ad olio (v. fig. 15). La soglia delle luci si trova a quota 459,75 e cioè elevata da 1,09 a 1,25 m sullo scivolone, allo scopo di rendere più difficile l'accesso dei materiali convogliati nelle luci di presa. Davanti alle paratoie è disposta una griglia composta di sbarre di ferro di profilo speciale, con 43 mm di luce tra due vicine, estraibili una ad una dall'alto (fig. 16). Al piano di manovra, a quota 465,10 sono installati i comandi a servomotore (fig. 17) simili a quelli per le paratoie della traversa già descritti. Ogni gruppo di 5 paratoie è comandato da una elettropompa con motore di 4 HP a 1000 giri e a 500 V. I servomotori rotativi trasmettono il movimento alle paratoie mediante ingranaggio e albero a vite.

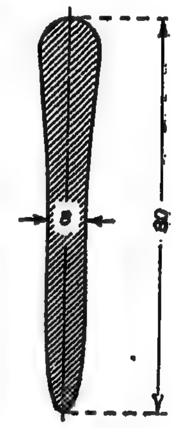


Fig. 16. - Sezione delle sbarre alla griglia dell'incile.

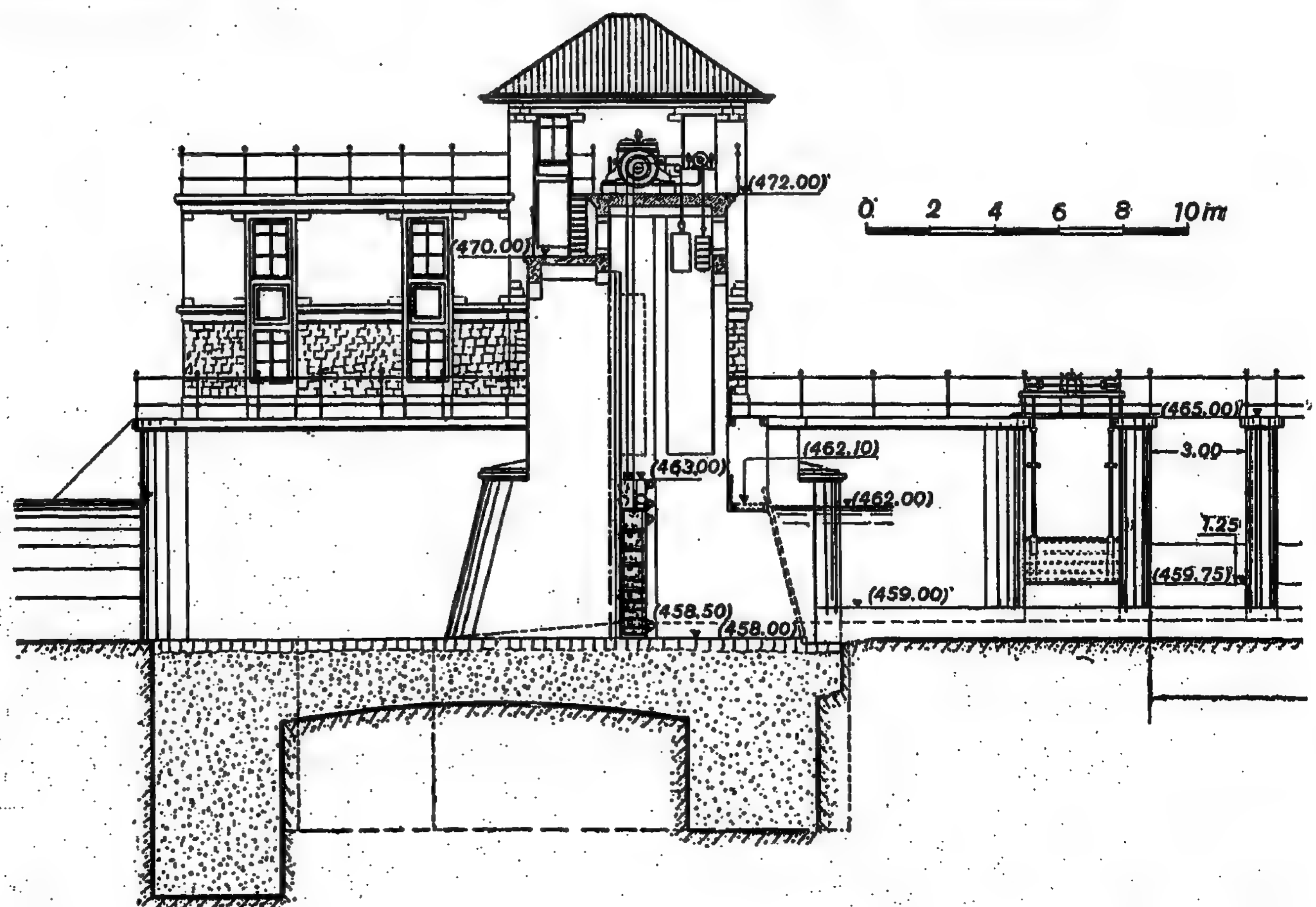


Fig. 15. - Passerella e sede per la trave smontabile che costituisce l'appoggio superiore della diga provvisoria, tipo Poirée, in caso di riparazioni alle paratoie dello sbarramento.

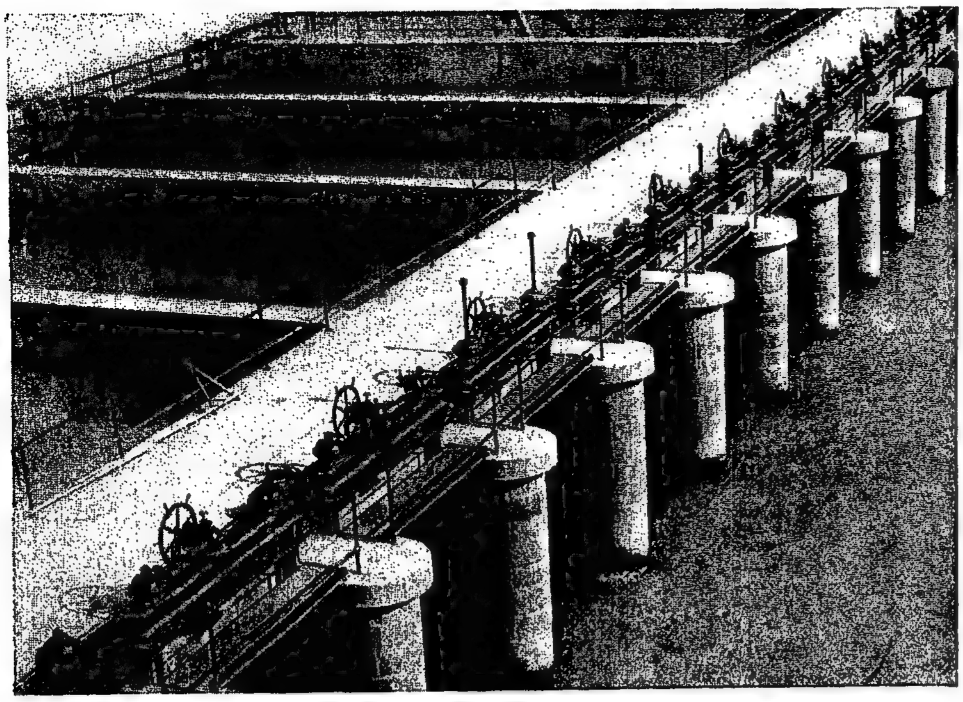


Fig. 17. - Vista delle paratoie all'incile.

Sullo stesso albero del servomotore è calettato un volantino mediante il quale si può manovrare la paratoia a mano, facendo quindi girare anche il servomotore. I tre gruppi di elettro-pompe sono installati a pianterreno dell'edificio di manovra e guardia sopra ricordato. Ogni gruppo di pompa può essere inserito su uno qualsiasi dei tre gruppi di paratoie.

2) *Dissabbiatore.*

Da osservazioni fatte durante le piene degli ultimi anni è risultato che l'Isarco porta delle quantità notevoli di ghiaia e sabbia. Purtroppo non si conoscevano dati esatti prima della costruzione. In occasione di una piena verificatasi durante la costruzione venne sommerso il bacino già scavato e, dopo il ritiro delle acque, rimase sul fondo dello scavo uno strato di limo di ca. 10 cm di spessore. In rapporto al volume d'acqua che si era versato nel bacino, si deduceva la conclusione veramente allarmante che in ogni metro cubo di acqua erano contenuti 30 litri di depositi: cifra enorme! Paragonando le condizioni dell'Isarco con quelle di altri torrenti di cui si conoscevano le quantità di materiali convogliati, si calcolava che con la portata di 90 mc/sec sarebbero entrati nel bacino durante le piene da 5 a 15 000 mc di materiali al giorno.

Come si è constatato dopo, questi materiali sarebbero stati depositati nel bacino di decantazione che funziona eccellentemente, ma rimaneva il dubbio se con quantitativi simili di depositi si sarebbe poi riusciti a mantenere sgombro il bacino. Si è perciò deciso l'impianto di un dissabbiatore tipo *Dufour* (brevettato) con scarico automatico dei depositi.

All'epoca in cui venne adottata questa decisione la costruzione della presa era già in istato assai avanzato tra l'altro erano già state costruite le luci di presa. Il costruttore ha assunto l'impegno che il dissabbiatore avrebbe trattenuto dall'acqua tutti i detriti e le sabbie aventi la grossezza superiore a 2 mm. Nel bacino di decantazione susseguente doveva quindi depositarsi soltanto il limo.

Il problema è stato risolto mediante la costruzione di 5 vasche di 11 metri di larghezza e lunghe 25 m atte a depurare 18 mc/sec di acqua. La disposizione delle vasche rispetto al bacino risulta dalla pianta generale (fig. 10) e dalle figg. 18 *a*), *b*), *c*), *d*), che rappresentano la veduta generale, la pianta, la sezione trasversale e quella longitudinale alle vasche. L'acqua entra dal fiume nelle vasche, ciascuna delle quali comprende tre luci attraverso la già descritta griglia grossa e le tre paratoie. Subito dopo incontra successivamente tre griglie di tranquillazione G_2.

I materiali in sospensione che urtano contro queste griglie cadono lungo i ferri e scivolano sul fondo che procede con forte pendenza dall'incile verso il canale di spurgo. Contemporaneamente le griglie hanno per effetto di smorzare gradualmente la velocità di entrata relativamente forte dell'acqua e di renderla uniforme su tutto il profilo della vasca. La velocità nei bacini è di circa 45 cm/sec. I detriti che non sono stati trattenuti dalle griglie, sedimentano successivamente, data la diminuita velocità dell'acqua, e si depositano sul fondo e sulle pareti, le quali, come risulta dalla sezione trasversale, sono costituite da due piani convergenti a forte pendenza. La sabbia scivola

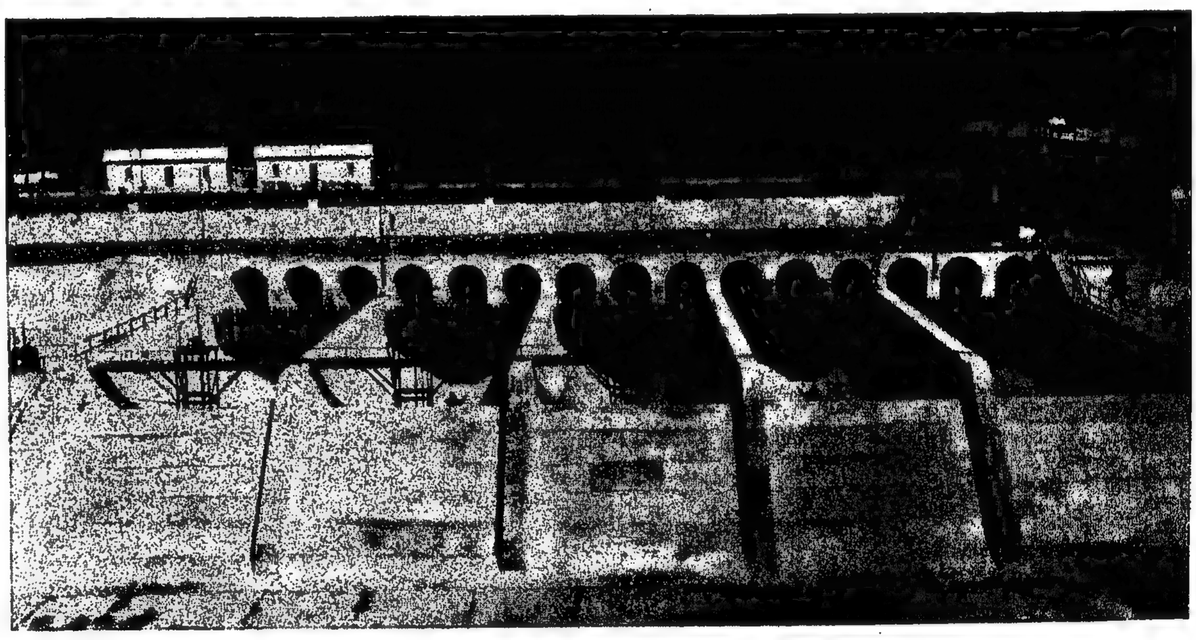


Fig. 18 *a*). - Veduta generale del dissabbiatore Dufour.

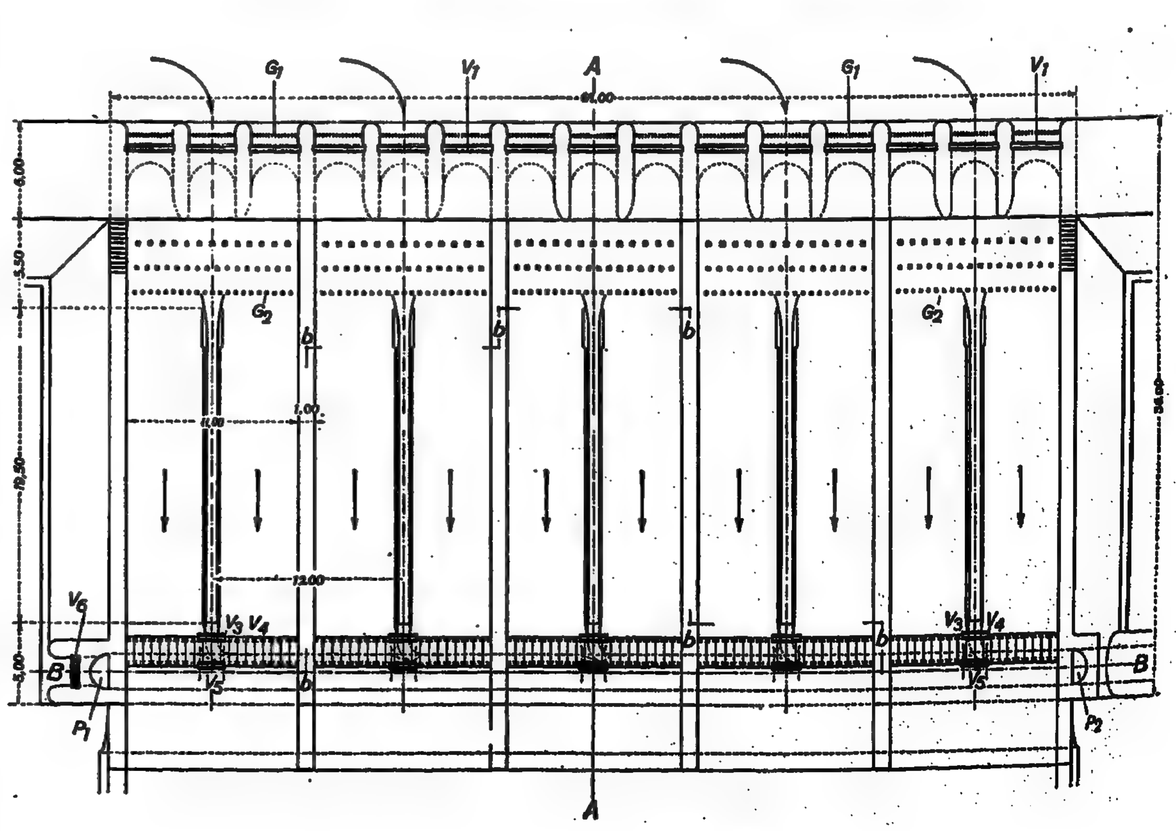


Fig. 18 *b*). - Pianta del dissabbiatore.

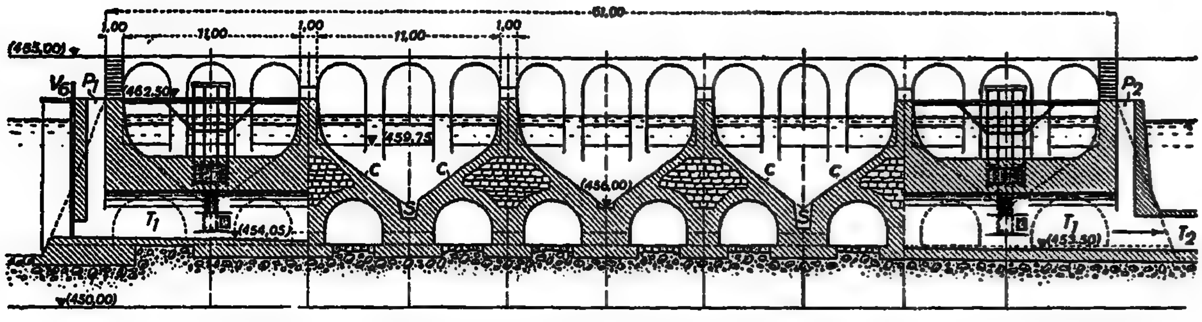


Fig. 18 *c*). - Sezione trasversale *BB* del dissabbiatore.

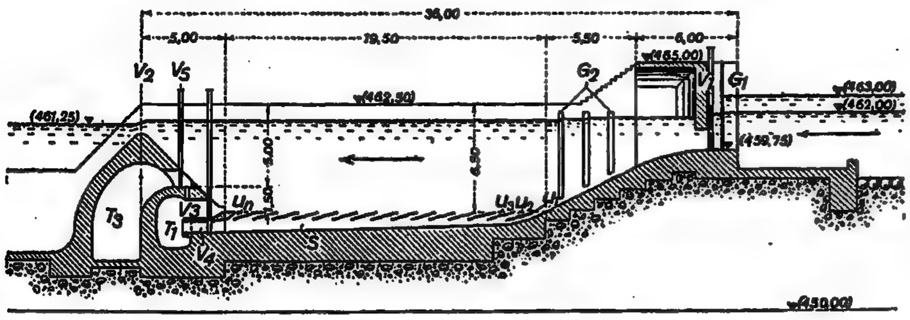


Fig. 18 *d*). - Sezione longitudinale *AA*.

lungo questi piani e precipita nel canale centrale di spurgo. Al termine di questo canale è installata la paratoia V_4. Se questa è aperta, una certa quantità d'acqua si scarica sempre nella galleria collettrice di spurgo T_1. Mediante una serie di pale distributrici applicate al canaletto di spurgo di ogni vasca, si ottiene su tutta la lunghezza di questo un sensibile richiamo d'acqua, che ha la velocità necessaria a trascinare con se i materiali depositati sul fondo. Il quantitativo d'acqua occorrente per lo spurgo è dal 3 al 6 % dell'acqua entrante nei bacini, a seconda che essa sia più o meno carica di materiale in sospensione. L'acqua depurata sfiora in alto ed entra nel bacino di decantazione. La galleria T_3, visibile nella fig. 18 *d*), mette in comunicazione la parte del bacino di decantazione a monte del dissabbiatore, con quella a valle. È possibile mettere le singole vasche fuori servizio, chiudendo le paratoie dell'incile e scaricandole attraverso le paratoie V_3 e V_4 (figg. 18 *b*) e *d*).

La galleria collettrice di spurgo attraversa il bacino e scarica a sua volta i materiali sedimentati nella galleria di scarico di fondo. Per rendere più efficace lo spurgo della galleria nei periodi in cui l'Isarco porta molti materiali, si apre periodicamente la paratoia applicata in testa alla galleria, verso la parte a monte del bacino, lasciando entrare una forte corrente d'acqua. Il canale è accessibile entrando per i pozzi P_1 e P_2.

L'impianto ha dato ottimi risultati sia in esercizio sia alle prove specifiche di collaudo.

3) *Bacino di decantazione e di accumulazione.*

La costruzione del bacino richiese vasti lavori di scavo (ca. 460 000 mc) in terreno prevalentemente alluvionale ed in parte costituito da detriti di falda.

Esso ha una lunghezza di ca. m 420 ed una larghezza massima di m 85. La quota media del fondo è di 452,50, la quota del massimo invaso 462. La sezione trasversale è di ca. mq 500. Con mc 90 di portata la velocità dell'acqua sfiorante dal dissabbiatore viene rallentata a ca. 18 cm/sec e la decantazione è quindi efficacissima.

Il fondo del bacino è rivestito con calcestruzzo di cemento ordinario: il rivestimento è più che altro uno spianamento con strato di calcestruzzo sottile (spessore medio cm 10) sopra un acciottolato sistemato a mano di spessore medio di cm 40, diviso in grandi quadri di m 4 di lato con fughe di cm 4 lasciate aperte per evitare, a bacino vuoto, le sottopressioni provocate dal livello medio dell'alveo del fiume, superiore di m 5 circa alla quota del fondo del bacino, mentre per il fatto della bassa quota non occorreva una impermeabilizzazione propriamente detta.

Le sponde inclinate di 45° sono rivestite fino a quota 465 di uno strato di calcestruzzo di cemento; questo è a sua volta intonacato per cm 30 di spessore al ciglio e per cm 50 ca. all'attacco sulla platea. Verso fiume le sponde sono costituite da argini in materiale alluvionale in gran parte lasciati durante lo scavo ed in parte eseguiti in riporto, rivestiti verso fiume con muratura in pietrame a mosaico, con giunti in malta di cemento, dello spessore medio di cm 40, e verso il bacino rivestiti con calcestruzzo come sopra è detto. Ogni 10 metri è disposto un giunto di dilatazione costituito da una trave gettata in cassetta sul posto, delle dimensioni di 20 × 25 cmq, armata semplicemente con 4 tondini agli spigoli, allogata in un canaletto ricavato in corrispondenza di due pannelli limitrofi con cm 2,5 di giuoco fra la trave e i pannelli stessi, riempiti da cartone ruberoide (tratti dritti) o corda canapa grassata ed asfalto (tratti curvi) (fig. 19).

Le scarpate a monte, al disopra del ciglio praticabile del bacino, sono state consolidate con arconi e pilastri a secco incassati entro il terreno, con distanza, tra asse ed asse dei pila-

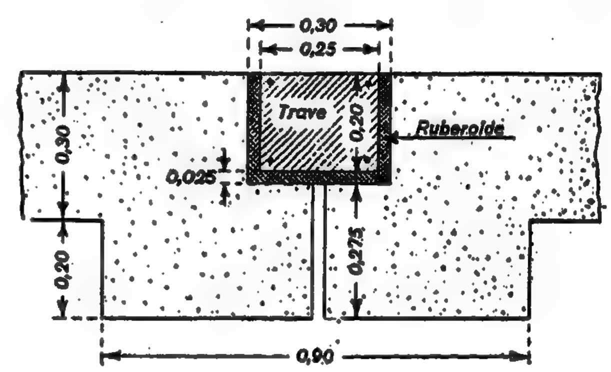


Fig. 19. - Sezione del giunto di dilatazione del rivestimento del bacino alla presa.

stri, di m 6,00. Oltre a ciò su tutte le scarpate sono state largamente piantate erba medica per il consolidamento momentaneo e acacie per il rimboschimento definitivo.

Nell'argine verso fiume, e precisamente negli ultimi cento metri a valle, è ricavato lo sfioratore di superficie con scivolo, costituito da due archi circolari a centro opposto, raccordati con breve tratto piano. Il rivestimento dello sfioratore in calcestruzzo, collocato su denti di appoggio, ha uno spessore minimo di cm 50 e giunti di dilatazione del secondo tipo.

Per la pulizia del bacino è stato previsto un canale bypass mediante il quale si possono convogliare, a bacino vuoto, circa

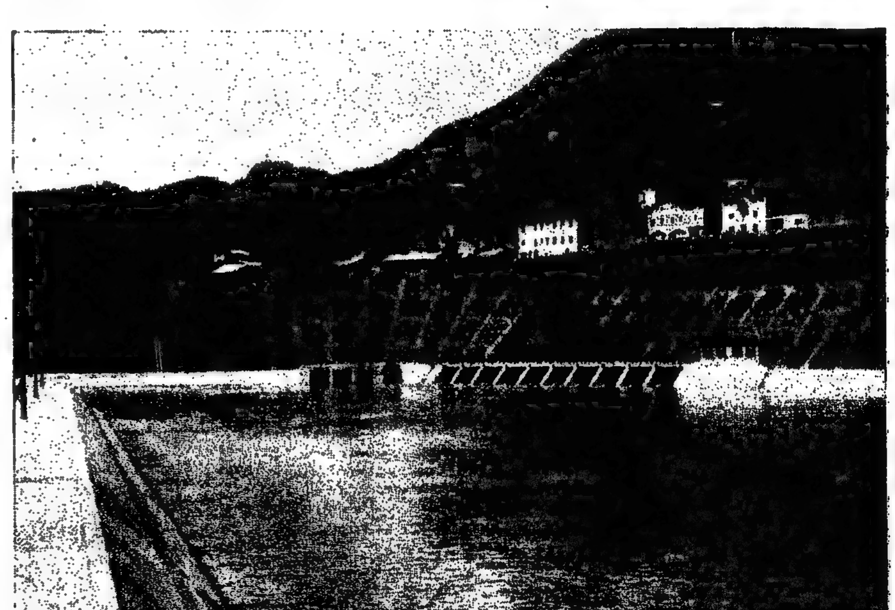


Fig. 20 - Paratoie della galleria di presa e del canale di scarico di fondo.

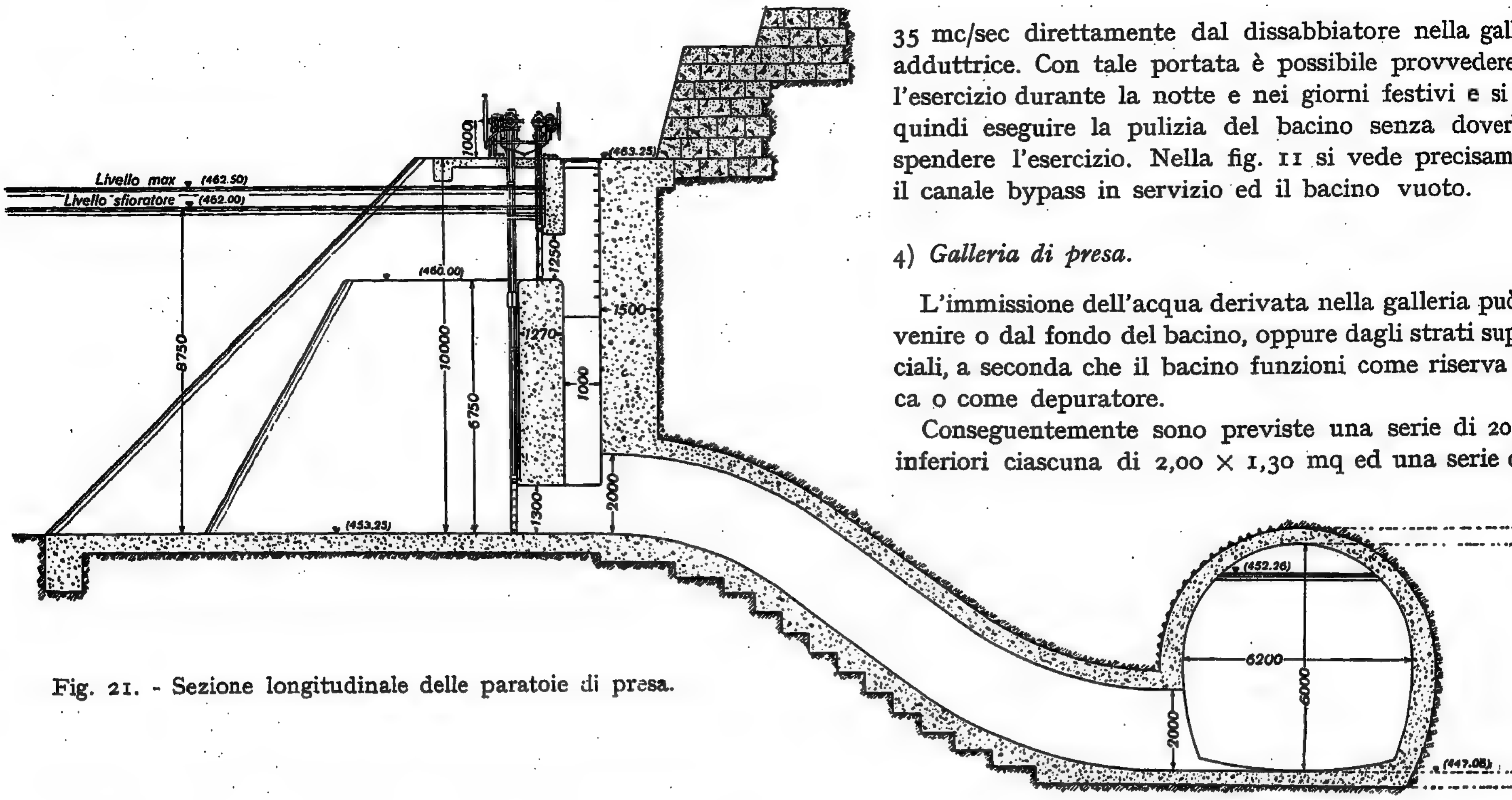


Fig. 21. - Sezione longitudinale delle paratoie di presa.

35 mc/sec direttamente dal dissabbiatore nella galleria adduttrice. Con tale portata è possibile provvedere all'esercizio durante la notte e nei giorni festivi e si può quindi eseguire la pulizia del bacino senza dover sospendere l'esercizio. Nella fig. 11 si vede precisamente il canale bypass in servizio ed il bacino vuoto.

4) *Galleria di presa.*

L'immissione dell'acqua derivata nella galleria può avvenire o dal fondo del bacino, oppure dagli strati superficiali, a seconda che il bacino funzioni come riserva idrica o come depuratore.

Conseguentemente sono previste una serie di 20 luci inferiori ciascuna di 2,00 × 1,30 mq ed una serie di 20 luci superiori di 2,00 × 1,25 mq, chiuse da paratoie con comando ad olio.

L'impianto delle paratoie di presa è rappresentato nella fotografia della fig. 20 e nelle figg. 21 e 22.

Il comando delle paratoie si effettua con servomotori ad olio sotto pressione, identici a quelli delle paratoie all'incile, già descritti. Ogni paratoia è munita di proprio servomotore. Le elettro-pompe, in numero di 4, sono installate in un casotto adiacente; ciascuna pompa è azionata da motore elettrico di 6 HP, a 1000 giri e a 500 V. Come nelle altre installazioni, è anche qui possibile alimentare con una qualsiasi delle pompe qualunque gruppo di paratoie.

L'acqua entra dalle paratoie di presa in una galleria collettrice con asse parallelo alle 20 paratoie. Al centro di questa galleria si innesta la galleria di derivazione (v. fig. 10).

5) *Galleria di scarico di fondo del bacino.*

Il bacino può essere vuotato alzando le due paratoie di vuotamento disposte ai due lati del canale di spurgo (fig. 20).

Gli scarichi di queste due paratoie si uniscono al canale di spurgo e sboccano insieme nella galleria di scarico di fondo, che ha una lunghezza di m 520 e scarica direttamente nell'Isarco: la sua sezione utile è di 12,5 mq ed è rappresentata dalla figura 23.

L'energia per l'illuminazione e per il servizio delle elettropompe viene fornita dalla Società Trentina di Elettricità.

Consegnata a 21 000 V viene trasformata a 500 V in una piccola cabina di trasformazione allogata nel sotterraneo della casa dei guardiani adiacente allo sbarramento. La cabina è allacciata direttamente alla Centrale Val Gardena, mediante cavo trifase 3 × 20 mmq e linea aerea. Quale riserva è instal-

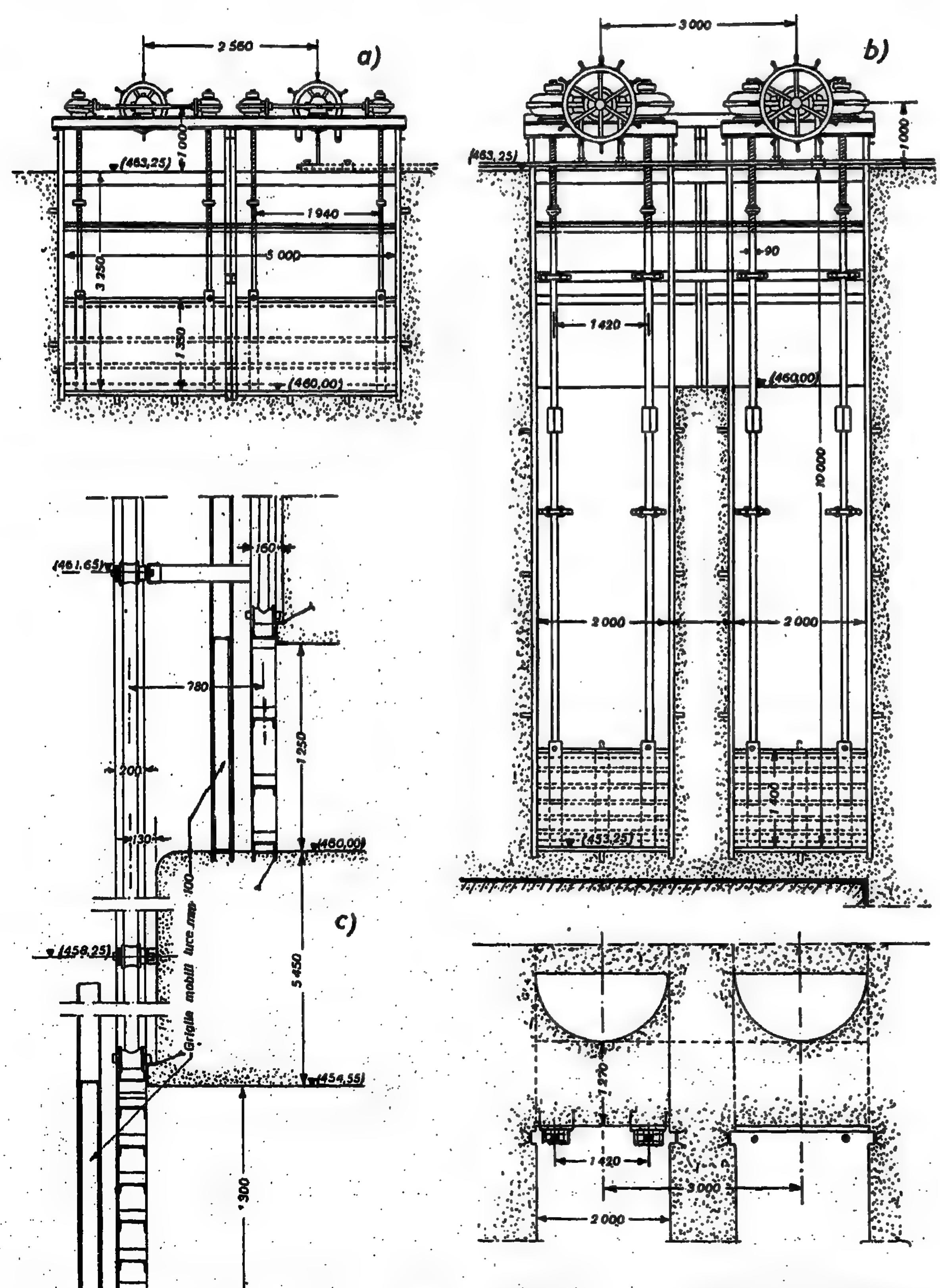


Fig. 22. - Particolari delle paratoie e delle griglie.
a), *b*) - Paratoie superiore ed inferiore; *c*) - Griglie.

lato nello stesso sotterraneo un gruppo elettrogeno costituito da alternatore trifase 21 kVA a 1000 giri e a 500 V, accoppiato a motore a benzina di 30 HP. Come già si è detto nella descrizione dei servomotori delle paratoie principali, resta sempre come ultima riserva il comando a mano.

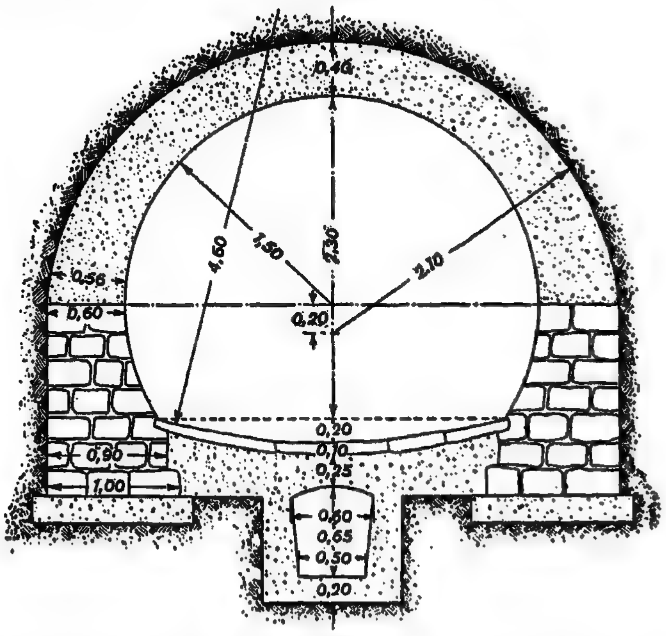


Fig. 23. - Sezione della galleria dello scarico di fondo del bacino.

Il personale addetto al servizio della presa è alloggiato in apposita casa di abitazione, acquistata in vicinanze delle opere e adattata a tale scopo dalla Società.

Ambedue le cabine di manovra, quella della diga e quella di immissione in galleria, sono in comunicazione telefonica tanto con la Centrale « Carlo Cicogna », quanto con quella di Val Gardena.

B) Canale di derivazione.

1) *Esecuzione del lavoro.*

La costruzione del canale di derivazione, tutto in galleria, ha richiesto uno scavo in roccia di circa 600 000 mc, lavoro che trova riscontro per la sua mole soltanto nei più lunghi valichi ferroviari.

Daremo brevemente alcune notizie che riguardano quest'opera senza entrare in molti dettagli. La galleria, iniziata effettivamente nella primavera del '926, è stata terminata, completa di murature ed intonachi, alla fine del '928, ossia in meno di tre anni di lavoro.

Venne attaccata con dodici finestre che la dividevano in tratte della lunghezza media di circa m 1200, tranne la tratta 4-6 che, per l'abolizione della finestra 5, risultò di m 2550; e ad ogni finestra venne installato il macchinario necessario per la perforazione, la ventilazione e l'illuminazione, cioè:

uno o due compressori per 9 mc/minuto a 7 atm. più qualche ausilio di minore potenza, così che ogni finestra disponeva da 9 a circa 25 mc/minuto di aria compressa;

uno a due ventilatori della portata di (80 ÷ 90) mc/1' e della prevalenza di 800 mm d'acqua;

una a due fucinatrici, pompe d'acqua, ecc.

L'equipaggiamento dei singoli cantieri di perforazione fu eseguito dalla Società e l'energia venne fornita dalla centrale di Val Gardena della STE.

La Società provvide altresì all'allacciamento telefonico di tutti i cantieri con la Direzione dei singoli cantieri, con le finestre e con la Centrale elettrica.

La costruzione della galleria è stata affidata per lotti a cinque diverse imprese.

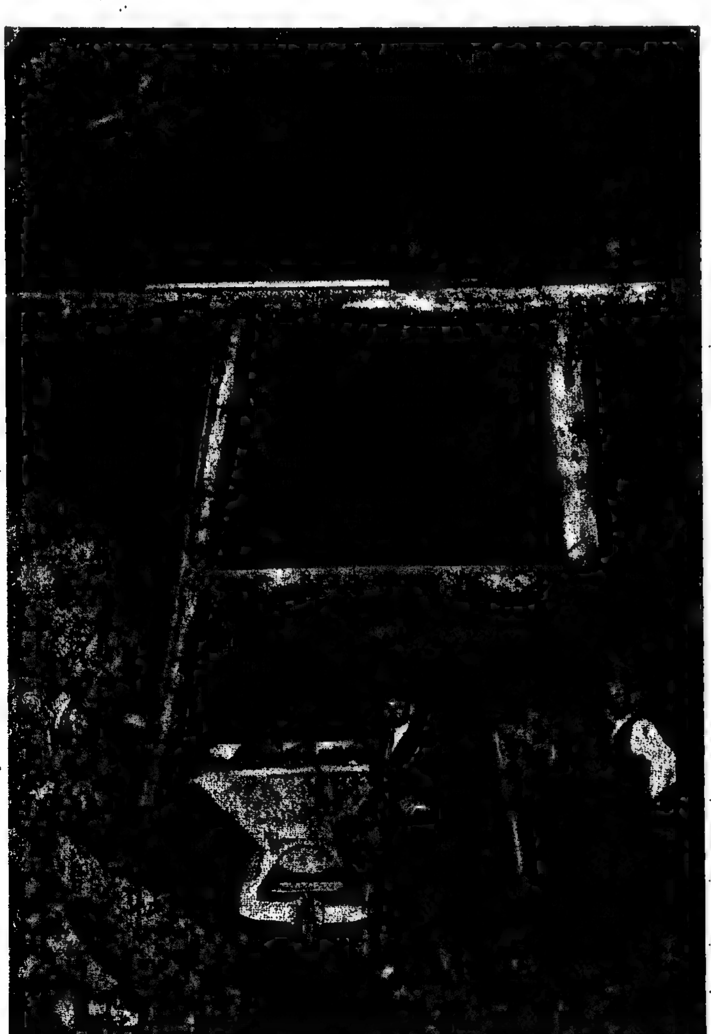
Per la perforazione furono impiegati esclusivamente martelli ad aria compressa.

Gli esplosivi adoperati furono la GDI, dinamite, in gran parte; le gomme A e B per le avanzate in roccia dura e la GEO per gli allarghi di piedritto.

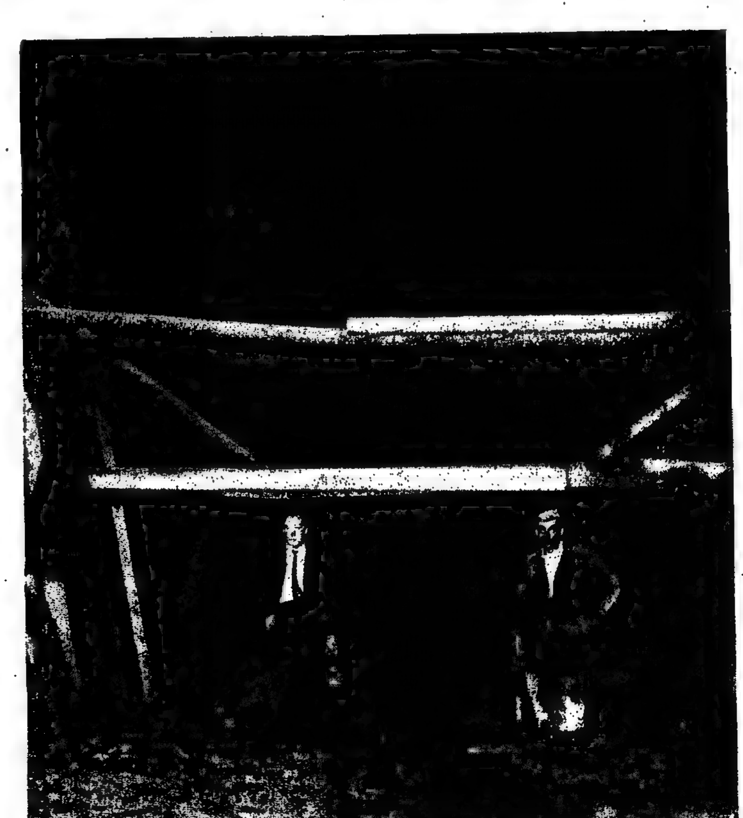
I sistemi di scavo adottati furono parecchi, a seconda della natura della roccia ed anche delle preferenze dei cottimisti.

Si ebbero così: il sistema inglese o a doppia avanzata (in cunetta ed in calotta), molto adottato; il sistema dello Schlitz o taglio verticale con una sola avanzata in cunetta; ed il sistema belga con sola avanzata in calotta (meno usato).

Nelle figure 24 *a*) e *b*) e 25 *a*) e *b*) si rilevano diversi stadi di perforazione dei sistemi adottati per le avanzate.



a)



b)

Fig. 24. - Galleria di presa durante la costruzione.



Fig. 25 *a*) - Galleria di presa col rivestimento della volta già eseguito.



Fig. 25 *b*) - Galleria di accumulazione: armatura per il rivestimento.

2) *Nozioni geologiche.*

Lo scavo è risultato in massima parte in roccie porfiriche in vario stato di alterazione e di disgregazione per azioni dinamiche e di infiltrazione.

I tipi principali di roccia riconosciuti con esame macroscopico e microscopico a cura del Prof. Camillo Alessandri, possono essere così catalogati:

a) *Filladi quarzifere e micascisti* in corrispondenza dell'imbocco 1 sia verso la presa, sia verso la finestra 2.

b) *Roccie porfiriche* rappresentate dal tipo porfido quarzifero, ma più estesamente da alterazioni del tipo felsitico, di colore verdognolo con feldspati porfirici alterati.

c) *Roccie di probabile alterazione delle roccie porfiriche*, rappresentate da roccie a struttura terrosa e tufacea.

d) *Traccie di minerali di vena* per alterazione di roccie porfiriche con calcite associata a quarzo.

e) *Argilla e caolino* in piccoli strati interposti ai porfidi.

Agli effetti dello scavo la massima tenacità e durezza si è riscontrata nel porfido quarzifero sano fra gli imbocchi 4 e 6, dove si sono avuti i consumi massimi in avanzata, di 4 kg di gomma A, ed il minore consumo di esplosivo corrispondente ad un massimo impiego di legname di armature, tra gli imbocchi 7 e 8.

Lo stato di degradazione dei porfidi fino alla caolinizzazione riscontrata in parecchi punti e specialmente tra gli imbocchi 6, 7 e 8, ha portato non lievi difficoltà nell'esecuzione dei lavori sia di scavo che di murature con conseguente aggravio economico. Tale degradazione sembra dovuta all'azione dinamica del raffreddamento e corrugamento (triturazione della roccia lungo i piani di frattura) e ad azione chimica dell'acqua.

L'azione dell'acqua di filtrazione, che in quegli strati triturati trovò la via naturale, ha lentamente spappolato e disfatto i feldspati, silicati di alluminio di potassio e calce, dando origine ai silicati idrati mescolati a sabbia quarzosa e ossido di ferro, ossia alle argille ed al caolino. Questo processo è accelerato e favorito dalla larga presenza di pirite che, con le sue alterazioni, dà origine alle limoniti che si ritrovano in gran copia in tutte le roccie attraversate e vale a dare quà e là, alle acque di filtrazione, concentrazioni di solfati, che hanno richiesto speciali misure per la protezione dei calcestruzzi.

Questi strati di argilla più o meno pura che si sono trovati con molta frequenza con strati fino a $7 \div 8$ cm di spessore, favorivano naturalmente i distacchi dal cielo dello scavo, richiedendo armature spesso onerose e provocando anche qualche incidente mortale.

Una esperienza utile, che questo lavoro conferma se non istituisce, è che anche in roccia porfirica sono da attendersi disgregazioni importanti che possono aggravare l'esecuzione dei lavori in sotterraneo.

Queste disgregazioni dovute, come si è detto, a dinamismo ed a effetti chimici sui feldspati, sono naturalmente da attendersi superficialmente alla falda.

Sembra che l'internamento più conveniente sarebbe di circa 200 metri per le finestre e per la copertura di circa altrettanti.

Non oltre questi estremi, perchè più internamente o con coperture maggiori sono da attendersi roccie di compattezza e durezza eccessive dovute al raffreddamento molto lento della roccia che ha favorito la cristallizzazione. Infatti la tratta da 4 a 6, dove l'internamento e la copertura per l'abolizione della finestra 5 supera di molto queste cifre, si è incontrata la formazione più dura per lo scavo.

3) *Descrizione della galleria.*

Essa è divisa in due parti, la galleria adduttrice propriamente detta e quella di accumulazione, che funziona in pari tempo da bacino di carico.

La galleria adduttrice ha uno sviluppo di km 14,843 ed è stata calcolata per una portata di 90 mc/sec. Le caratteristiche

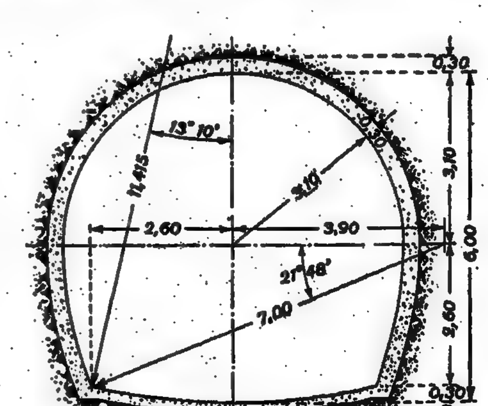


Fig. 26. - Sezione normale della galleria di derivazione.

idrauliche sono state determinate in base alla formola del Bazin adottando il minimo coefficiente di attrito $\gamma = 0{,}06$. Ne risulta la pendenza del 0,75‰ e la velocità di 3,10 m/sec. La sezione

ha una sagoma policentrica di m 6 di altezza e m 6,20 di larghezza, con calotta a pieno sesto di diametro di m 6,20, piedritti raccordati con raggio di m 7, alti m 2,60; di platea a debole freccia con raggio di m 11,41. La sezione libera di questa sagoma (fig. 26) è di 31,40 mq e la sezione bagnata di 29 mq. Il rivestimento previsto è di cm 30 di calcestruzzo ordinario, con dosaggio a 200 kg/mc in calotta e piedritti, e di 20 cm in platea, ciò che porterebbe ad una sezione teorica di scavo di mq 37,70. In verità lo scavo è risultato di circa mq 40 e l'impiego medio di calcestruzzo per il rivestimento è risultato di mc 8,5 per metro lineare. L'intera sezione è intonacata con cemento lisciato per cm 2 di spessore.

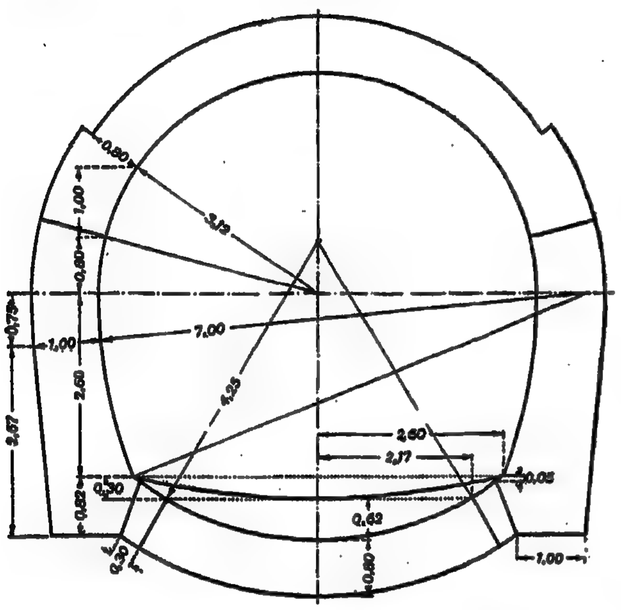


Fig. 27. - Sagoma del rivestimento della galleria nei tratti in terreno spingente.

Nei tratti spingenti è stata adottata la sagoma fig. 27 con muratura in mattoni, arco rovescio in mattoni con platea riportata in calcestruzzo, onde ottenere la sagoma normale.

La galleria di accumulazione ha una lunghezza di m 1229 (lunghezza complessiva di tutta la galleria m 16 072) ed una

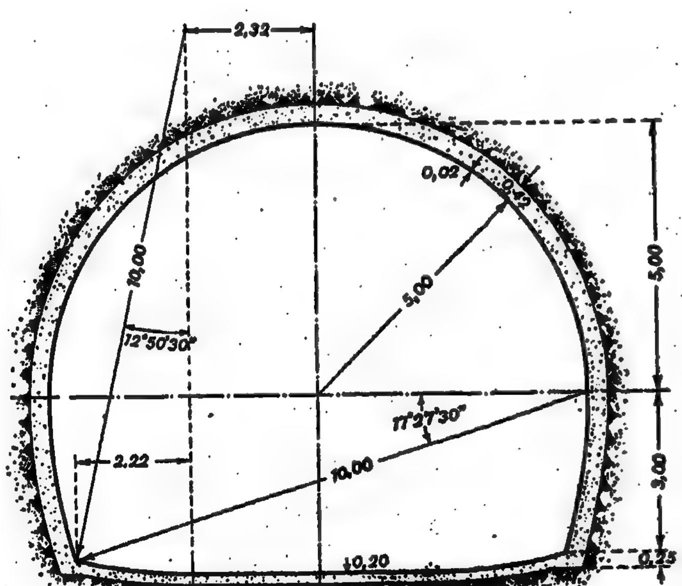


Fig. 28. - Sezione della galleria di accumulazione.

sagoma policentrica a due raggi (figg. 28 e 29) e cioè calotta a tutto sesto di diametro di m 10, piedritti raccordati su raggio doppio di m 10, platea dello stesso raggio ai lati con medio centrale orizzontale.

La sagoma ha una larghezza di m 10 ed è alta m 8,25. La sezione bagnata è di mq 66, la sezione geometrica di mq 70 e l'area scavata di mq 82.

Il rivestimento è in calcestruzzo dello spessore di cm 40 per la calotta ed i piedritti e di cm 20 nella platea.

Sia per la galleria adduttrice che per quella di accumulazione, si sono naturalmente adottati spessori maggiori pel rivestimento in corrispondenza di roccia meno salda. Il fondo ha una pendenza del 75 °/oo.

Il progetto prevede la costruzione di una seconda galleria-bacino. Per ora se ne sono costruiti soltanto tre tratti di pochi metri: all'inizio ed al termine della galleria di accumulazione ed in corrispondenza dello sfioratore.



Fig. 29. - Veduta della galleria di accumulazione.

Alla distanza di circa 1000 metri dalla presa sono installati due sfioratori a sifone tipo « Gregotti », allo scopo di impedire che in seguito ad eccessiva immissione di acqua in galleria dal bacino della presa, questa venga messa sotto pressione per tutta la sua lunghezza. Tale installazione è stata fatta in corrispondenza della prima finestra che, rivestita e sistemata, serve per lo scarico di detti sfioratori nell'Isarco.

La finestra 3, distante km 3,5 dall'inizio, vicinissima alla strada Nazionale del Brennero e di poco sopraelevata rispetto alla stessa, è stata adibita a ingresso carreggiabile di ispezione. Perciò si è costruita una strada di accesso fino alla finestra, si è rivestito il cunicolo in tutta la sua lunghezza ed è stata murata una porta in ferro, d'accesso alla galleria, con bussola in ferro, cernierata e bullonata, di dimensioni adatte al passaggio con camion e di facile e rapida manovra.

Altri passi d'uomo trovansi in corrispondenza della finestra 6 (progr. 6934) ed alla 13 (progr. 14869). A questa finestra ha termine la galleria adduttrice ed ivi è installata la ventola automatica di chiusura nella galleria, che descriviamo nel capitolo N. 5. Subito dopo la ventola la galleria si biforca nelle due gallerie di accumulazione (di cui attualmente si è costruita una sola).

4) *Sfioratore generale della galleria di accumulazione.*

Poco a valle della metà della galleria di accumulazione, a 680 metri dalla ventola, è installato lo sfioratore di superficie e la valvola automatica dello scarico di fondo. A tale scopo si è costruito un terzo tratto della futura seconda galleria, lungo 100 metri, e lo si è collegato con una galleria trasversale con la prima (fig. 30). Sul fondo della galleria di collegamento è in-

stallata la valvola di scarico, descritta più avanti, nella seconda galleria lo sfioratore. Gli scarichi di ambedue i dispositivi sono riuniti nell'unica galleria di scarico libero a forte inclinazione, scavata nella montagna, attraverso la quale l'acqua di sfioro e di spurgo si versa nell'Isarco poco a monte della Centrale, il cunicolo di areazione che conduce fino ai pozzi (fig. 30 *a*). La quantità di aria aspirata risulta di ca. 350 mc/sec quando sfiorano ca. 35 mc/sec di acqua; scende a circa 1/3 di detto quantitativo per portate sia di molto inferiori, sia di molto superiori a questo valore critico.

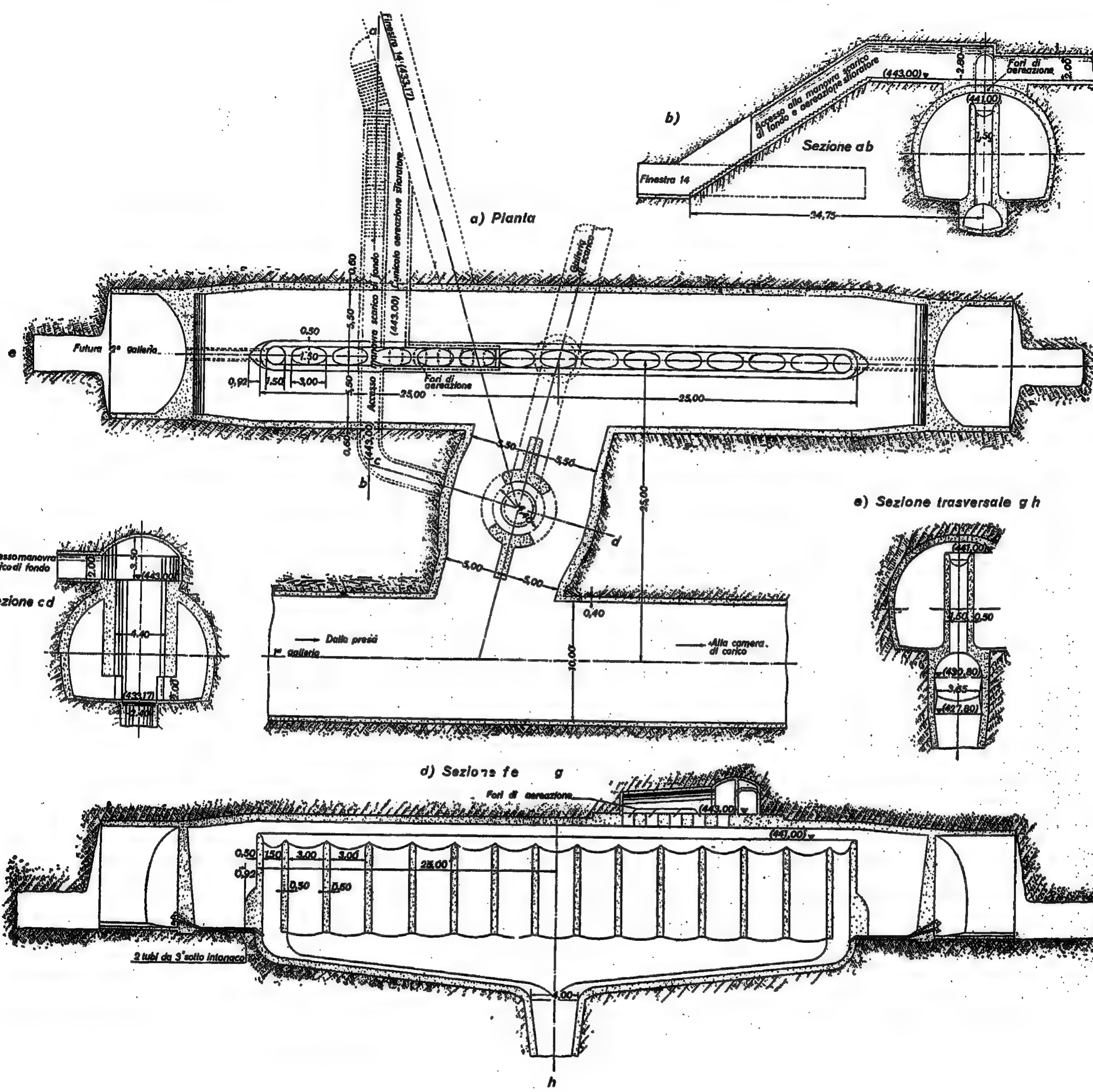


Fig. 30.

a) Pianta generale dello sfioratore di superficie e della valvola automatica dello scarico di fondo; — *b*) Sezione *ab* dello sfioratore e dell'accesso per la manovra dello scarico; — *c*) Sezione trasversale *cd* dello sfioratore; — *d*) Sezione longitudinale *fe*; — *e*) Sezione trasversale *gh*.

dopo un percorso di ca. m 400 e dopo aver distrutta la sua violenza in un dispositivo ammortizzatore (fig. 31).

Lo sfioratore di superficie è costituito da una serie di 15 pozzi con ciglio sfiorante a quota 441 e con uno sviluppo lineare del ciglio di m 100 ca. (figg. 30 *a*), *b*), *c*), *d*), *e*)). Per la portata di 90 mc si calcola su una lama sfiorante dell'altezza di cm 60. L'acqua stramazzante dai pozzi si raccoglie in una galleria collettrice sottostante, al centro della quale si innesta la galleria di scarico libero sopranominata. L'acqua inghiottita dai pozzi trascina naturalmente con sè considerevoli quantità d'aria che assorbe dall'esterno attraverso la finestra 14, da cui parte

La galleria di scarico a sezione circolare è inclinata di 45° ed ha 3 metri di diametro (fig. 31). Essa è interamente scavata in roccia buona e rivestita di tubo di ferro chiodato di 8 mm di spessore nelle parti terminali superiore ed inferiore, mentre nella parte centrale la roccia è stata rivestita di un manto di cement-gun dello spessore medio di cm 5.

Nell'ammortizzatore a getti contrastati, posto al termine della galleria di scarico, l'acqua esce dal ramo inferiore verticalmente dal basso all'alto attraverso 8 bocche urtando contro il cielo della camera comune e contro i getti delle altre 4 bocche del ramo superiore, dalle quali l'acqua esce con senso dall'alto al

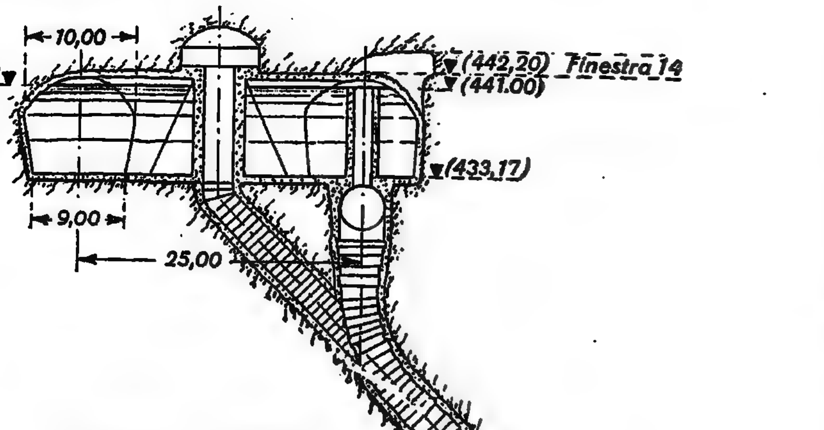
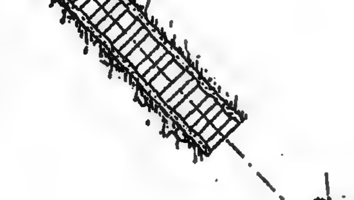
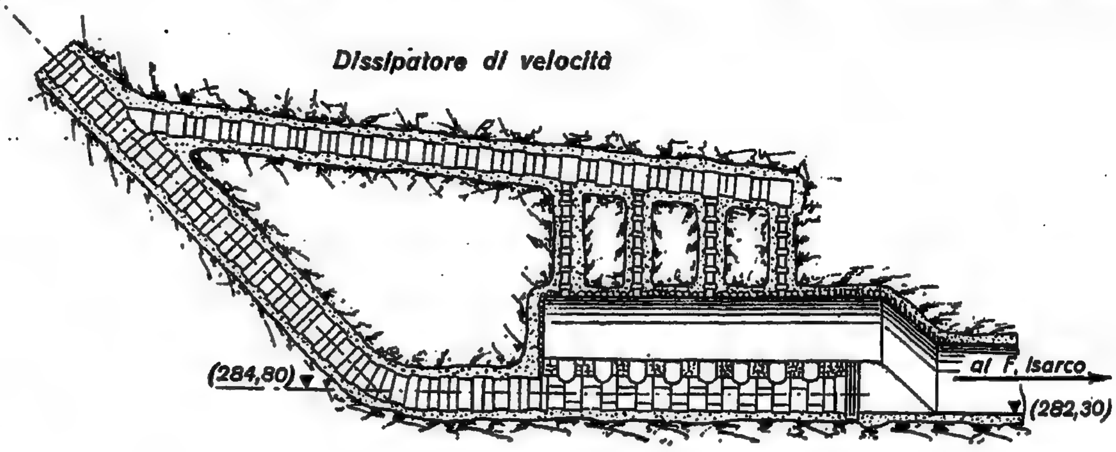




Fig. 31. - Sezione longitudinale del pozzo inclinato dello sfioratore e del dissipatore di velocità.

basso. Distrutta così la forza viva dell'acqua, questa defluisce attraverso la finestra e scarica nell'Isarco per mezzo di un lungo sfioratore di superficie (v. fig. 32).

La camera comune di calma, tra i due rami dell'ammortizzatore, è scavata nella roccia e rivestita di bolognini di porfido.

La distanza dell'ammortizzatore dallo sfioratore di superficie è di circa m 400.

5) *Impianto della ventola automatica nella galleria.*

L'idea di utilizzare la galleria di adduzione a pelo libero come galleria di accumulazione, mettendone l'ultimo tratto in pressione, è dovuta al Consigliere Delegato della SIDI, Onore-

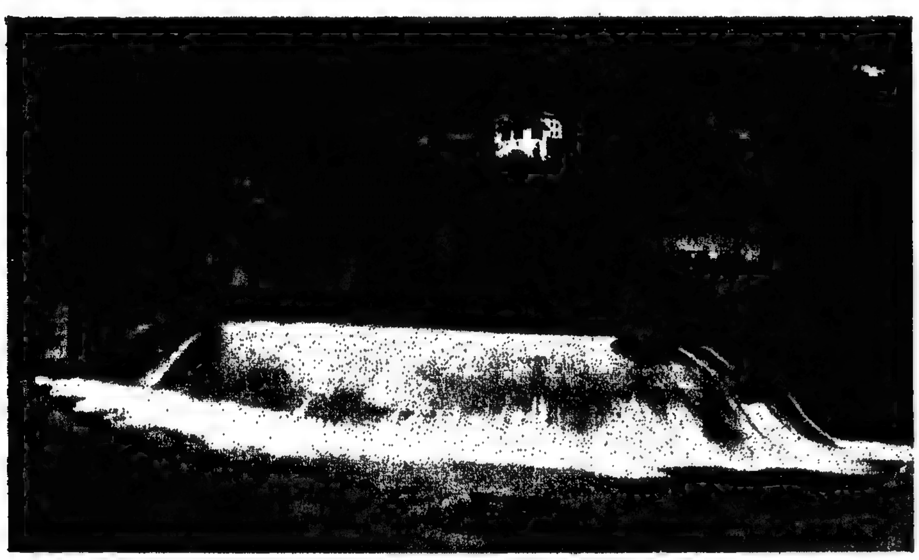


Fig. 32. - Sfioratore al termine del dissipatore di velocità.

vole Dr. Ing. Comm. T. Chiesa. Data la grande sezione della galleria era prevedibile che durante i mesi invernali si sarebbe potuta accumulare in essa una considerevole quantità d'acqua. D'altra parte non si doveva nutrire nessuna preoccupazione a mettere la parte inferiore della galleria sotto una leggera pressione (m 4,50) perchè durante la costruzione si era potuto constatare che detto tratto è scavato in roccia porfirica sana, del tipo lamellato a libro, conosciuto col nome di porfido verde di Blumau.

La chiusura di una galleria a pelo libero e la messa in pressione ha, rispetto alle gallerie forzate di maggiore pendenza, il vantaggio che, qualunque sia lo stato di riempimento della galleria, in caso di un guasto all'organo di chiusura, anche di completa rottura, non potrà mai defluire dalla galleria una quantità di acqua sensibilmente superiore alla portata massima prevista pel canale, quantità quindi che, senza pericolo alcuno per l'installazione a valle, può essere smaltita dagli sfioratori della camera di carico.

La fig. 33 *a*) rappresenta schematicamente l'installazione. L'acqua, a ventola chiusa, si accumula nella galleria a monte, finchè il pelo non ha raggiunto la quota 445,25. La quantità d'acqua accumulata con una data portata è la differenza tra l'intero volume di acqua ferma, contenuto nella galleria per tutta la lunghezza che va dalla ventola fin dove il fondo della galleria ha quota 445,25, ed il volume dell'acqua in moto corrispondente a detta portata. Ne consegue senz'altro che nell'estate, con la portata di 90 mc nella galleria, essendo il franco fino alla volta soltanto di cm 60, si può accumulare poca acqua. Il beneficio maggiore si ottiene d'inverno con portate di 25÷50 metri cubi. Praticamente il quantitativo accumulato è maggiore di quanto detto sopra, per il fatto che il pelo statico non si raccorda con un angolo deciso al pelo di regime dell'acqua percorrente la galleria, ma con una curva di rigurgito, che aumenta di parecchio il volume utile.

Immettendo alla presa 30 mc/sec, portata che si verifica per buona parte della stagione invernale, si possono accumulare circa 150 000 mc, interessando teoricamente la galleria per una lunghezza di km 6.

Lo sfioratore a quota 445,25 impedisce un maggior riempimento della galleria, perchè lascia defluire l'acqua nella galleria di accumulazione a valle. Ove la quantità d'acqua in arrivo fosse maggiore di quella richiesta dalla Centrale, essa verrebbe smaltita dallo sfioratore generale.

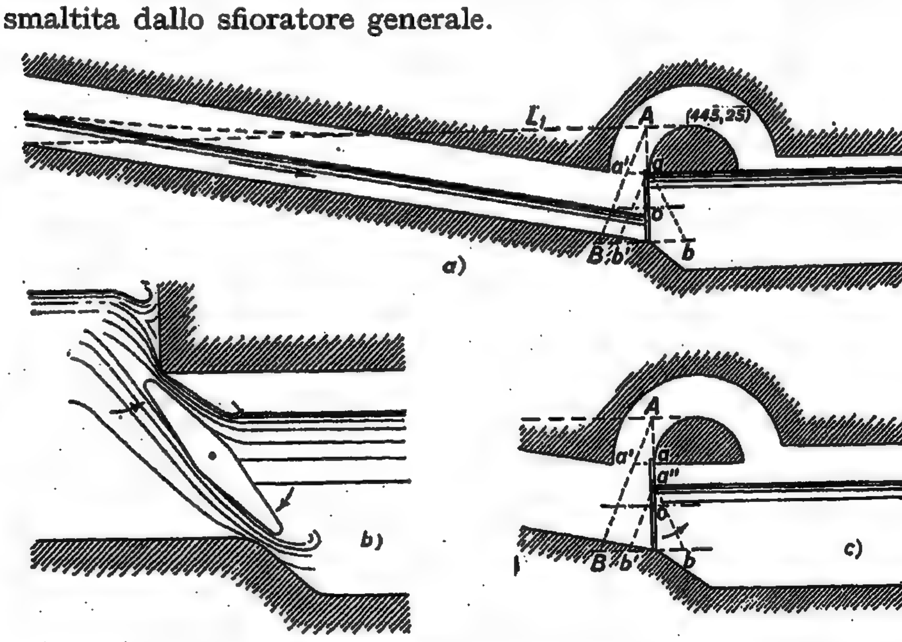


Fig. 33. - Disposizioni schematiche della ventola.

La prima idea di effettuare la ritenuta mediante una paratoia semplice, venne abbandonata in favore di una farfalla automatica (d'ora in poi chiamata «ventola automatica» per la sua forma), ideata dall'Ingegnere Gaetano Ganassini e realizzata in unione alla S. A. Alessandro Calzoni di Bologna.

Nella fig. 33 *a*) la linea L_1 indica il livello dell'acqua a monte della ventola, la linea L_2 quello nella galleria a valle.

La linea *a b* rappresenta il diagramma della pressione esercitata dall'acqua a valle sulla ventola, *a' B* quello della pressione a monte. Parte di questo, segnato dalla linea *a b'* è controbilanciato dalla pressione a valle; resta ancora una pressione attiva supplementare rappresentata dal trapezio *a b' B A*.

Come appare dalla figura, questa pressione supplementare si esercita però in misura perfettamente identica nelle due metà, sopra e sotto l'asse di rotazione della ventola, che resta perciò in perfetto equilibrio, cioè rimane chiusa.

Le condizioni cambiano quando il livello a valle scende a causa di un richiamo di acqua dalla Centrale.

Il diagramma delle pressioni è allora quello della fig. 33 *c*).

La pressione supplementare a monte corrispondente all'area *a a'' b' B a'* non è più suddivisa in misura eguale sulla parte superiore e su quella inferiore della ventola, ma è maggiore sulla parte inferiore all'asse e la ventola si apre, sotto l'azione di detta forza, nel senso della freccia, lasciando defluire acqua nella galleria a valle. In realtà l'asse di rotazione della ventola non è posto al centro di figura ma un po' più in alto, di modo che la ventola, indipendentemente dalle pressioni idrauliche, ha la tendenza a rimanere chiusa. Con lo spostamento dell'asse di rotazione si ottiene inoltre che quando il livello L_1 è a quota normale, si ha già un po' di pressione maggiore nella parte inferiore, pressione che, non appena sia aiutata da una leggera diminuzione di pelo a valle, riesce a vincere gli inevitabili attriti dovuti al considerevole peso della ventola e la apre. Quando il pelo d'acqua a valle ha di nuovo raggiunto la quota normale, le pressioni d'ambo i lati della ventola tornano a equilibrarsi.

Praticamente invece si riscontra che la pressione piezometrica sulla parte superiore della faccia a monte della ventola è maggiore di quella sulla faccia a valle, per il fatto che parte della pressione piezometrica dell'acqua che passa in alto per la ventola aperta si trasforma in energia cinetica.

Lo stesso fenomeno si ha nella parte inferiore della ventola per la quale si verifica un maggiore effetto di pressione statica sulla faccia a valle della medesima (fig. 33 *b*). La ventola tende quindi a chiudersi e il movimento viene altresì aiutato dal maggior peso della parte inferiore della ventola rispetto a quello della parte superiore. S'intende che tale effetto che tende a portare la ventola in posizione di chiusura, si verifica già prima che il livello statico a valle sia ritornato al normale; ed ove vi sia una chiamata continua di acqua, si stabilirà uno stato di equilibrio a ventola aperta; il che significa che ad un dato deflusso continuo, corrisponde un certo grado di apertura della ventola stessa.

A causa degli attriti e del fatto che le differenze di pressione influiscono sulla ventola in misura tanto minore, quanto maggiore è l'inclinazione, cioè l'apertura della ventola, questa si apre soltanto fino a un determinato punto. Occorre inoltre, perchè si crei la necessaria differenza di pressione che l'acqua si abbassi sensibilmente a valle, cioè che significa una perdita di salto inutile. L'insufficiente apertura della ventola avrebbe avuto per conseguenza il deflusso limitato a ca. mc 50 al massimo.

Per ovviare a quest'inconveniente si è completato l'impianto con un dispositivo che favorisce ed aumenta l'effetto prodotto sulla ventola dalla differenza delle pressioni. Questo dispositivo è un servomotore ad olio, del tipo analogo a quello del comando delle paratoie, servito da due elettropompe.

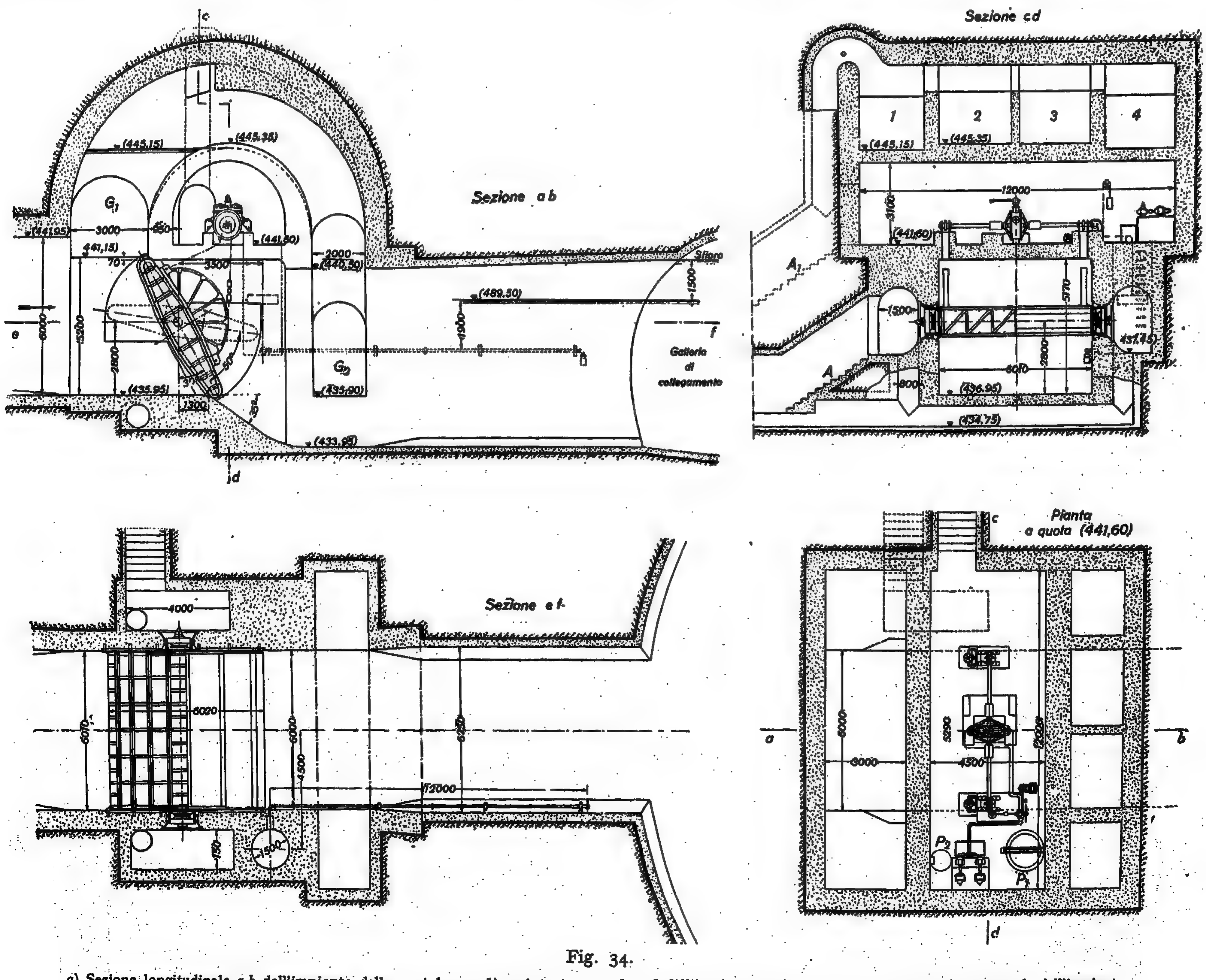


Fig. 34.

a) Sezione longitudinale *a b* dell'impianto della ventola; — b) sezione trasversale *c d* dell'impianto della ventola; — c) sezione orizzontale dell'impianto in corrispondenza dell'asse della ventola; — d) Pianta del comando della ventola all'altezza del servomotore (quota 441,60).

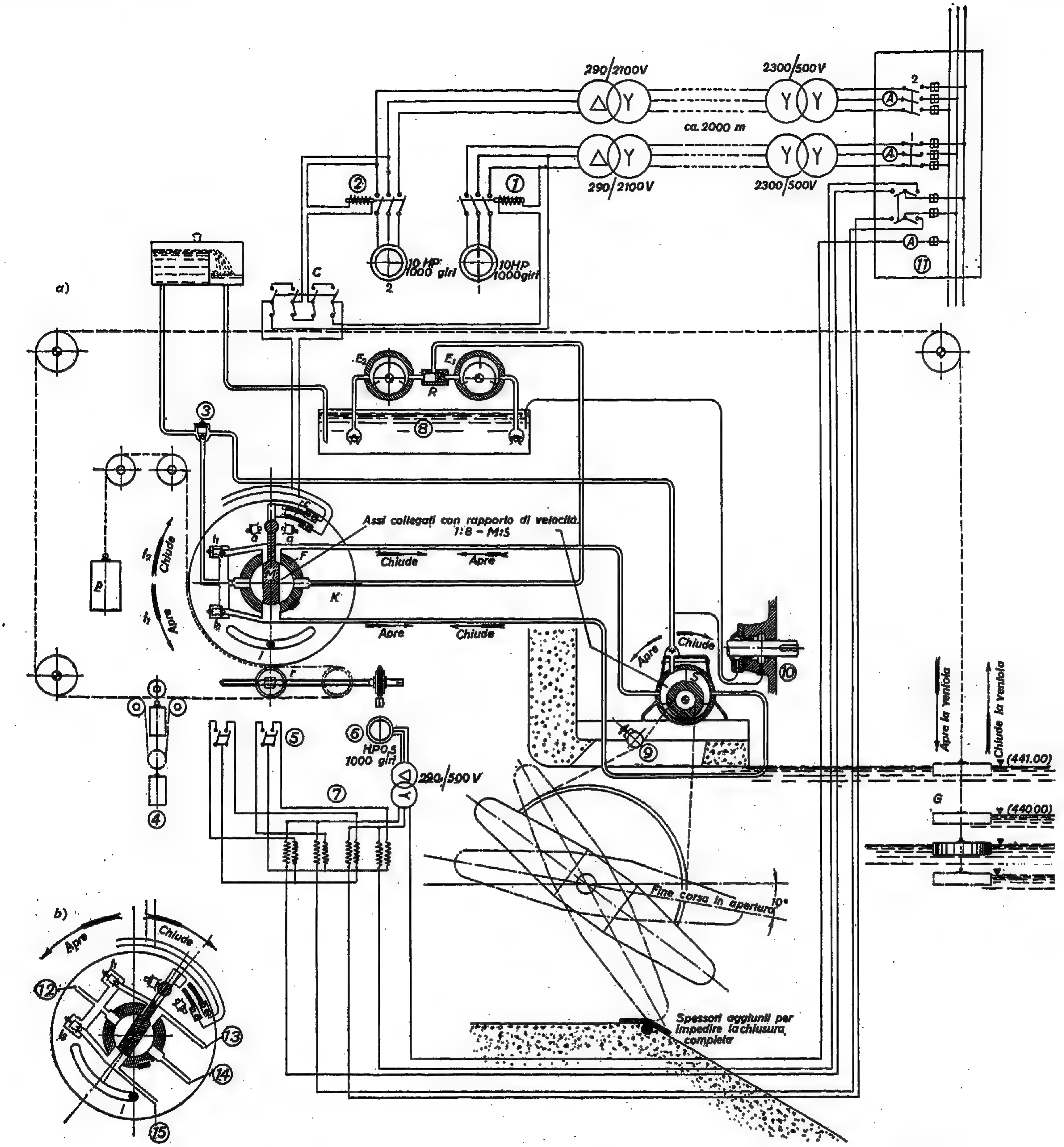


Fig. 35. - Schema di funzionamento automatico e volontario della ventola Ganassini.

a) Schema di funzionamento della ventola Ganassini; *b*) Schema del rubinetto di comando nella disposizione per ventola chiusa.

1 e 2 - Relais di comando motori 1, 2 rispettivamente per servizio automatico e per intervento volontario dalla Centrale; — 3 - Valvola di contropressione (freno di chiusura); — 4 - Contrappeso per tenere tesa la fune quando il galleggiante continua ad alzarsi e il disco *K* è già alla fine della sua corsa; — 5 - Interruttori di fine corsa; — 6 - Motorino *m* che regola la posizione del galleggiante, a ventola chiusa, tra le quote 440 e 441; — 7 - Riduttori in olio per gli interruttori di blocco; — 8 - Serbatoio d'olio (è collocato più in basso del servomotore); — 9 - Tenditore manovrabile; — 10 - Servomotore; — 11 - Quadro nella Centrale; — 12 - Allo scarico sopraelevato attraverso la valvola di frenatura; — 13 - Al servomotore in pressione per la chiusura; — 14 - Dalle pompe; — 15 - Al servomotore in pressione per l'apertura.

Un galleggiante installato a valle della ventola provoca i movimenti della ventola non appena il livello a valle abbia subito una variazione di cm 25.

Con tale dispositivo si è ottenuto che la ventola si apre e si chiude automaticamente per tutta la corsa di apertura con una variazione di livello a valle molto più ridotta, senza impedimento che essa possa funzionare automaticamente (senza l'aiuto del dispositivo a servomotore) nella zona limitata di apertura, come detto sopra.

Il funzionamento risulta chiaramente dalla disposizione schematica dell'impianto (v. fig. 35).

Prima di entrare in argomento conviene però dare un'occhiata ai disegni esecutivi dell'impianto. Le figg. 34 *a*) e *b*) rappresentano le sezioni longitudinali e trasversali, le figg. 34 *c*) e *d*) le sezioni orizzontali a diverse quote dell'impianto, che è tutto in galleria e si accede al medesimo attraverso una finestra lunga ca. m 100 e salendo per le scale A_1.

L'acqua proveniente dalla galleria, a ventola chiusa, sale fino

a sfiorare dal voltone, versandosi nella galleria a valle. Questo sfioratore di superficie, diviso in 4 parti 1, 2, 3, 4, ha una larghezza di m 12, cioè doppia di quella della galleria. Ai due sfioratori laterali 1 e 4, l'acqua arriva attraverso due gallerie G_1; e dopo avere sfiorato raggiunge, attraverso altre due gallerie laterali G_2, la galleria a valle. Immediatamente a valle della ventola la galleria si biforca nelle due gallerie di accumulazione, delle quali, come già si è detto, sinora ne è stata eseguita una sola.

L'aria arriva allo sfioratore dalla finestra per lo scalone A_1 e per un camino scavato nella roccia della volta, al termine della scala. Nei diaframmi divisori tra i 4 sfioratori sono state praticate delle larghe aperture affinchè l'aria possa giungere fino all'ultimo sfioratore, il 4. Per la scala A_1 si accede ai servomotori e alle elettropompe che sono installate immediatamente sopra la ventola, nell'interno del voltone dello sfioratore. Nello stesso locale si trova il pozzo P_1 contenente il galleggiante e comunicante con la galleria a valle mediante una tubazione in ferro di 5''. Dal locale delle pompe si può scendere per un altro pozzo P_2, fino al premistoppa di destra dell'albero della ventola, mentre dalla finestra si accede, per la scala A, a quello di sinistra. Le eventuali perdite dei premistoppa e le infiltrazioni vengono evacuate da un cunicolo collegante i locali delle teste d'albero e dei premistoppa con la finestra (fig. 34 *b*)). Come si vede dalle sezioni furono necessari importanti e complessi lavori di scavo nella roccia delle dimensioni di ca. 14×14 mq di superficie e m 15 di altezza.

La ventola stessa è costituita da una robusta costruzione con travi in ferri sagomati ricoperta di lamiera. I singoli vani sono muniti di fori per lo scarico dell'acqua. Sui due fianchi sono fissati con bolloni i perni di sostegno e di rotazione, i quali hanno la testa munita di flangia di ritenuta e ruotano in cuscinetti a rulli.

La catena *Gall* mediante la quale l'albero del servomotore trasmette il movimento alla ventola, scorre su due settori. L'angolo di massima apertura della ventola è di 50°. Siccome per il servizio di trazione occorre sempre un minimo di circa 3 mc/sec d'acqua, vennero applicati alla soglia dei ceppi di ghisa in modo che la ventola non possa chiudersi del tutto, ma lasci sempre defluire la dovuta quantità di acqua. Le fiancate della galleria, in corrispondenza della ventola, e per la parte interessata dal movimento della ventola, sono rivestite in lamiera di ferro onde garantire una efficace tenuta.

Ritorniamo ora allo schema della fig. 35 *a*).

L'olio fornito dalle elettropompe, per esempio dalla E_2, arriva al servomotore attraverso un rubinetto a quattro vie costituito da un maschio M e da una camicia F. Il maschio è cineticamente collegato coll'asse del servomotore S con un rapporto tale per cui una corsa completa della ventola corrisponde ad una corsa di 90° del rubinetto M.

La camicia F porta calettatto un disco a catena K, la cui rotazione è provocata dalle escursioni verticali del galleggiante G posto nel pozzo comunicante con il livello a valle della ventola. Un contropeso p assicura la rotazione del disco K in entrambi i sensi.

Calettata sul maschio M vi è una leva I la quale ha la sua corsa limitata, rispetto al disco K (ed alla camicia F), da due arresti $a\ a$ regolabili. L'apertura automatica della ventola è determinata dall'abbassarsi del livello a valle, con il quale si abbassa anche il galleggiante G. Ciò ha per conseguenza che il disco K, che a ventola chiusa si trova nella posizione segnata nella fig. 35 *a*), gira nel senso della freccia f_1, provocando la chiusura dei contatti $c\ c$ e l'avviamento della pompa. Questa a sua volta fa funzionare il servomotore, spingendo l'olio attraverso il servomotore S nel senso corrispondente all'apertura della valvola.

Dalla posizione in cui tale contatto si è verificato, e per tutto il rimanente tratto di corsa in apertura, i movimenti della ventola in entrambi i sensi sono governati dal galleggiante G, le cui escursioni sono seguite dal disco K e dalla camicia F rispetto al maschio M, lasciando libera all'olio sotto pressione la via per far funzionare il servomotore S nel senso adatto a riportare il maschio M in posizione centrata nella camicia F. Ad ogni escursione del galleggiante G corrisponde quindi una escursione in un determinato rapporto di grandezza e di senso della ventola regolatrice di portata.

Se, in movimento di chiusura, viene oltrepassato il punto in cui si è chiuso il contatto in c, il contatto stesso si interrompe e l'elettropompa E_1 si ferma. Da questo momento, la chiusura continua per effetto dello squilibrio idraulico fra monte e valle della ventola.

La fune del galleggiante congiunta ad una catena *Gall*, è rinviata alla periferia del disco K da una ruota il cui asse di rotazione è spostabile nel modo indicato dallo schema. Questo spostamento è eseguibile anche con comando a distanza da motorino m e serve a variare la posizione relativa del galleggiante rispetto a quella della ventola. Con ciò si ottiene di potere variare la quota in cui la ventola entra sotto il controllo automatico del galleggiante; in altre parole quindi si può variare a piacere la quota minima di abbassamento del livello a valle.

La corsa della puleggia di rinvio è di m 0,50, corrispondente ad una escursione di 1 metro del galleggiante, come appare dallo schema. Ad ogni estremità di corsa il rinvio ha il comando di due interruttori fine corsa, che arrestano la marcia del motorino m permettendogli di riprenderla solo in senso contrario.

Data l'umidità che c'è in galleria, si è trovato opportuno ridurre la tensione ai contatti di fine corsa per detto motorino. Questi contatti chiudono in corto circuito il secondario dei riduttori segnati nello schema della fig. 35 e, lasciando passare la corrente per il primario, alimentano il motorino, dandogli un certo senso di rotazione; gli altri due riduttori, che serviranno dopo a far girare il motorino in senso contrario, hanno ora il secondario aperto e non vi passa perciò nessuna corrente. In tale modo la tensione ai contatti assume un valore che è al massimo di 25 V.

Sul corpo del rubinetto MF trovansi due valvole di sicurezza, sulle due luci dalle quali l'olio va e viene dal servomotore S. Esse sono tarabili indipendentemente l'una dall'altra, alle pressioni massime di apertura e di chiusura, valutabili praticamente, e sono regolabili, all'occorrenza. in funzionamento, per mezzo di viti esterne. Sono indicate nello schema in t_1 e t_2.

Le due elettropompe sono alimentate direttamente dal quadro della Centrale. Data la distanza di km 2 si dovette elevare la tensione in partenza a 2000 V e ridurla di nuovo prima dei motori.

Non appena nella Centrale si immette corrente nel cavo, il relais di comando dell'interruttore del motore della pompa E_1 chiude l'interruttore. Normalmente vi deve essere sempre corrente sul circuito della pompa E_1, mentre quello della E_2 è aperto. Un relais idraulico inserisce il tubo di pressione sulla pompa 2 qualora mancasse la pressione della pompa 1. Avviando quindi la pompa 2 questa può senz'altro entrare in funzione al posto della 1. Nello stesso modo il relais commuta il tubo di pressione sulla pompa 1, qualora questa venisse riavviata, fermando la pompa 2.

Si osserva che la pompa 1 può funzionare soltanto se il contatto sul disco K è chiuso. Qualora si verificasse una fermata accidentale della pompa 1 mentre la ventola si trova in una posizione fuori della zona entro la quale può funzionare da sola per l'effetto della differenza delle pressioni idrauliche (v. pag. 978), mediante la pompa 2, il cui circuito non è bloccato dal contatto sul disco K, e che è quindi sempre comandabile dalla Centrale, si può chiudere la ventola riportandola nella propria zona di azione. Per il caso che il guasto della pompa 1 fosse tale da richiedere molto tempo, è previsto il commutatore C, col quale si commuta il contatto del disco K sul

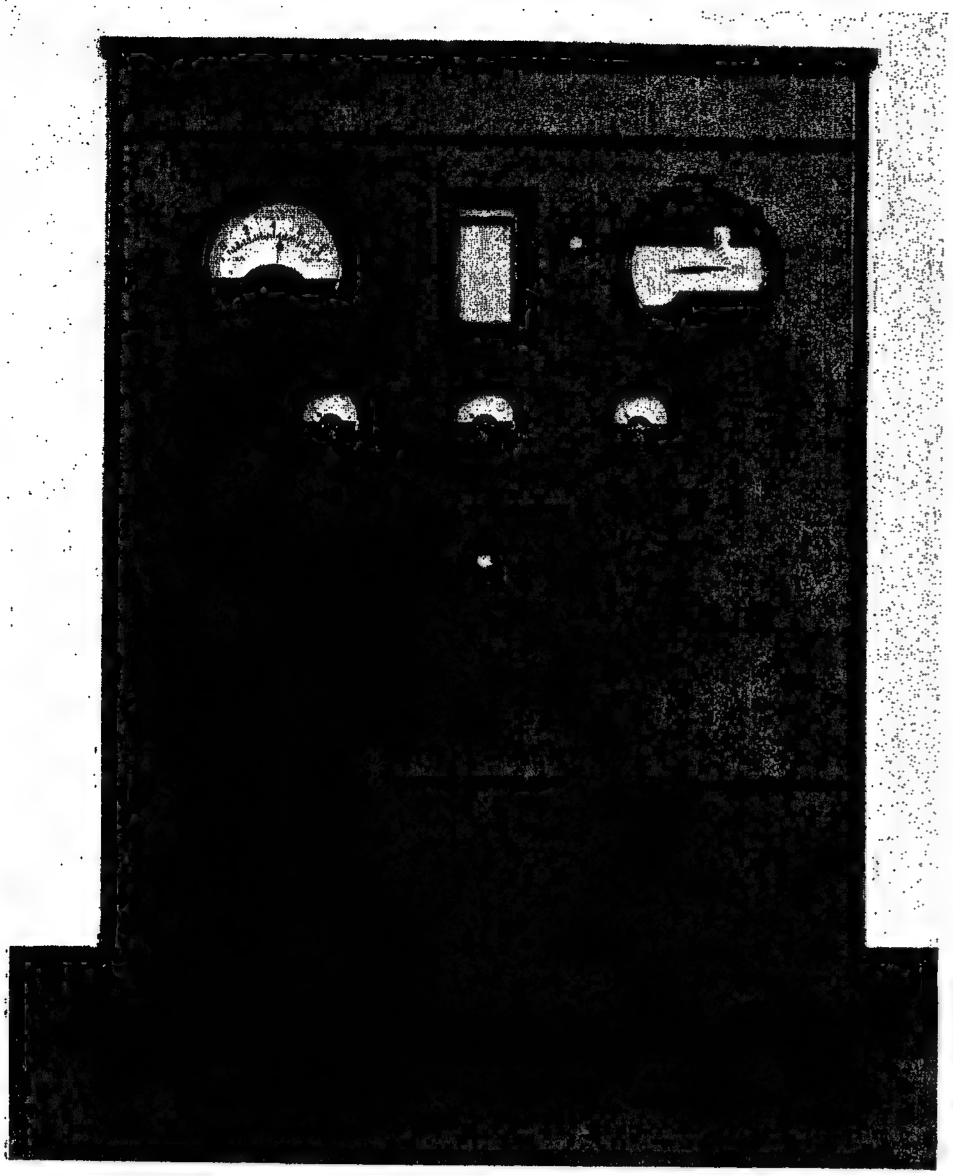


Fig. 36. - Quadro di comando e di controllo della ventola.

circuito della pompa, e questa può allora funzionare comandata automaticamente dalla ventola.

L'impianto della ventola funziona ottimamente e con assoluta sicurezza. L'installazione è completata da un quadro nella sala quadri della Centrale, contenente gli interruttori e gli istrumenti dei tre motori, due indicatori di livello a distanza per il pelo d'acqua a valle ed a monte della ventola ed un indicatore di posizione della ventola, il cui indice ha la forma della ventola e la segue sincronicamente nei suoi movimenti (fig. 36).

Il vantaggio dell'installazione rispetto a quella di una semplice paratoia, consiste nella maggiore rapidità dei movimenti della ventola (la completa apertura avviene in 360 secondi) e nella circostanza che qualora non dovesse funzionare il comando automatico elettrico, la ventola può sempre funzionare egualmente automaticamente per le differenze di pressioni idrauliche.

6) *Descrizione della valvola automatica di scarico di fondo.*

Essa è installata in un'opera muraria formante un grande cilindro immerso nella galleria di collegamento della prima galleria di accumulazione con il breve tratto eseguito della seconda galleria. La parte superiore del cilindro attraversa la volta della galleria e termina nella soprastante camera scavata in roccia, nella quale è installato il comando a mano e dove si trovano anche i galleggianti per il funzionamento automatico. Si può accedere a questa camera dall'esterno per la stessa finestra 14 che dà accesso allo sfioratore (v. fig. 30 *a*). Il cilindro comunica col livello della galleria a mezzo di due grandi aperture laterali nella parte inferiore, per le quali l'acqua scarica, a valvola alzata, nel sottostante canale sfioratore. La fig. 30 *c*) mostra la costruzione muraria con le due aperture laterali.

La valvola (v. figg. 37 *a*), *b*), *c*), *d*), *e*)) è costituita da un tubo montato verticalmente, con sede di chiusura a quota 433,17 della soglia del canale e di altezza sufficiente per contenere il massimo livello di sfioro a quota 441,60.

È del tipo differenziale avente il diametro di chiusura di m 2,40 ed il diametro del cilindro di prolungamento di m 3,00.

Al centro del cilindro vi è una valvola di comando (pilota *A*) a doppia sede che permette il riempimento e lo svuotamento dell'acqua nell'interno del cilindro.

L'immissione dell'acqua nell'interno si ottiene attraverso la saracinesca *B* manovrabile dall'alto e che *rimane costantemente aperta*. L'acqua che entra per questa saracinesca passa prima attraverso una rete metallica di grandi dimensioni per evitare che corpi estranei possano incagliare il movimento della valvola pilota.

Una piccola valvola *C* piazzata sul fondo del cilindro, pure manovrabile dall'alto, è di riserva in caso di incaglio della valvola-pilota. La sua manovra è subordinata alla chiusura preventiva della saracinesca *B*.

Il cilindro rimane chiuso nella sua sede quando la valvola-pilota è pure chiusa. In queste condizioni il cilindro si riempie di acqua ed il suo peso è fortemente superiore alla reazione che si esercita per la differenza dei due diametri.

Il movimento della valvola scaricatrice può avvenire in due modi:

1°) *A mano*, alzando a mezzo del volantino la valvola-pilota. Dopo cm 8 circa di corsa la sede superiore di questa chiude l'entrata dell'acqua proveniente dalla saracinesca *B*, mentre apre una luce sotto la sua sede inferiore. Il cilindro si vuota e quando il pelo d'acqua interno ha raggiunto un livello tale da bilanciare la reazione dovuta alla differenza di diametro, la valvola inizia la sua apertura. Nella sua corsa ascensionale la valvola-pilota segue quella del cilindro.

Due potenti freni, costituiti da cilindri e pistoni in olio, nei quali quest'ultimo è obbligato a passare attraverso una piccola sezione, regolano i movimenti di salita e di discesa e reagiscono nel contempo alla componente che si esercita dal basso in alto per il deflusso attraverso la sede di diametro di m 2,40.

La richiusura avviene manovrando in senso inverso la valvola-pilota. L'acqua all'interno sale e quando ha raggiunto un peso superiore alle reazioni dal basso in alto inizia la sua discesa.

2°) *Automaticamente*, a mezzo di una serie di galleggianti situati tutti all'ingiro del cilindro. Essi sono collegati a mezzo di leve colla valvola-pilota e tutto il sistema è equilibrato in virtù di contropesi e della trasmissione a funicella.

L'apertura e la richiusura della valvola-pilota è in questo caso comandata dal livello dell'acqua in galleria. I galleggianti entrano in azione dopo ca. 10÷15 cm di sfioro. Dopo un ulteriore innalzamento di cm 20 del pelo d'acqua di sfioro, durante il quale la valvola-pilota è stata in condizioni di vuotare l'acqua dall'interno del cilindro, anche la valvola scaricatrice inizia il suo deflusso. In ordine di tempo occorrono due minuti primi per il vuotamento della valvola, dopo di che essa si apre di cm 10 al minuto primo.

Queste sono le condizioni di servizio attuali mentre, richiedendolo, si possono regolare i galleggianti in modo da anticipare il funzionamento della valvola scaricatrice.

Il cilindro è poi munito di due grosse aste filettate che permettono di manovrare a canale vuoto, e inoltre possono servire di bloccamento in caso di riparazioni interne, senza togliere l'acqua dal canale.

La corsa della valvola scaricatrice è di circa cm 45 e col massimo livello di sfioro può smaltire circa 40 mc/sec.

Siccome la valvola scarica in un tubo collettore integrandosi coi volumi dello sfioratore posto immediatamente dopo, si è provveduto ad una forte immissione d'aria immediatamente sotto la sede di chiusura.

C) CAMERA DI CARICO.

Dove la galleria di accumulazione sbocca alla superficie della falda montana sovrastante la centrale è costruita la camera di carico.

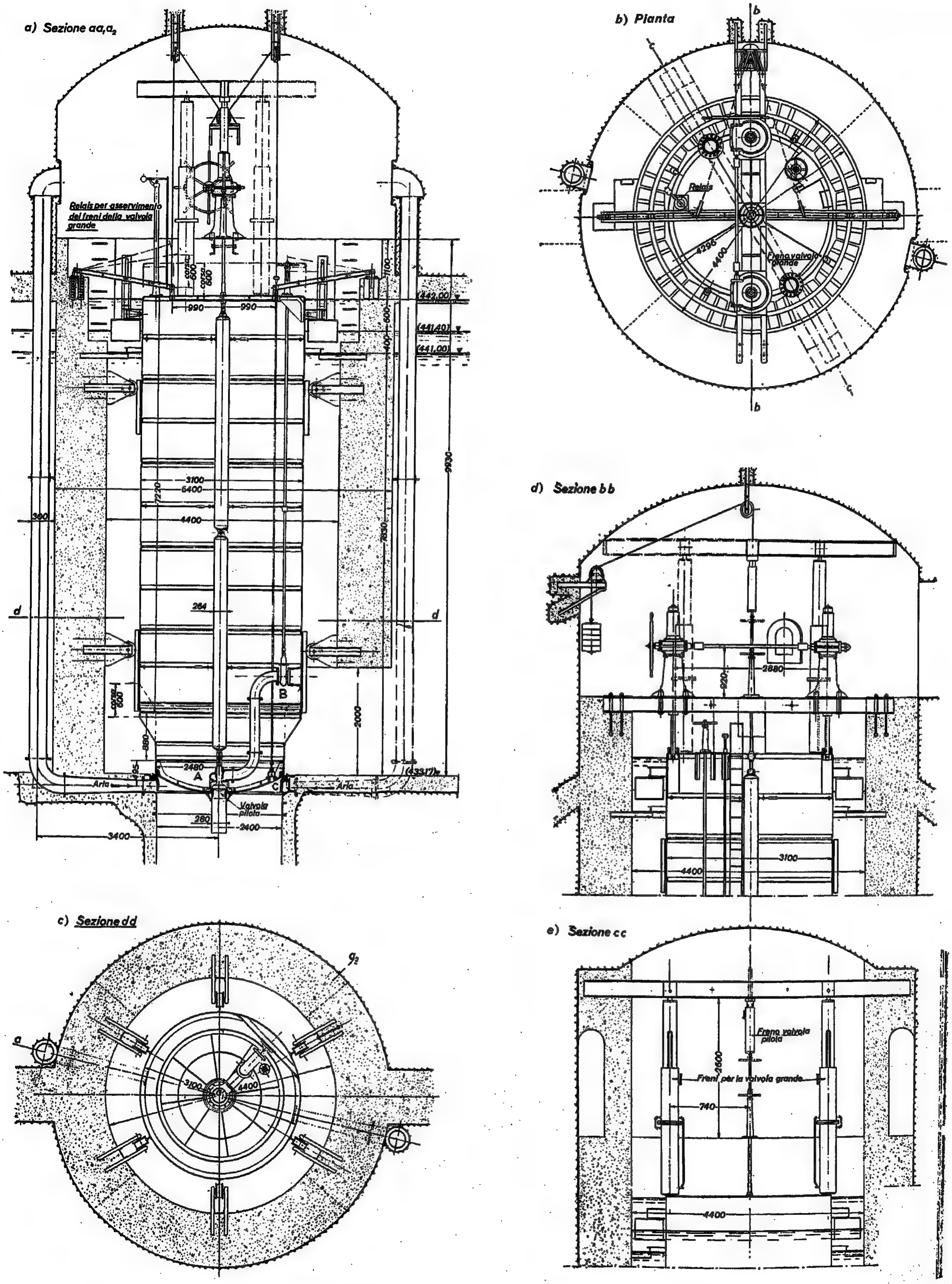


Fig. 37. - Dettagli dell'impianto della valvola di scarico di fondo.

a) - Sezione verticale ($aa_1\ a_2$) dell'impianto della valvola; — *b*) - Pianta dell'impianto della valvola; — *c*) - Sezione orizzontale *dd*; *d*) - Sezione verticale (parziale) *bb*; — *e*) - Sezione verticale *cc* con disposizione freni.

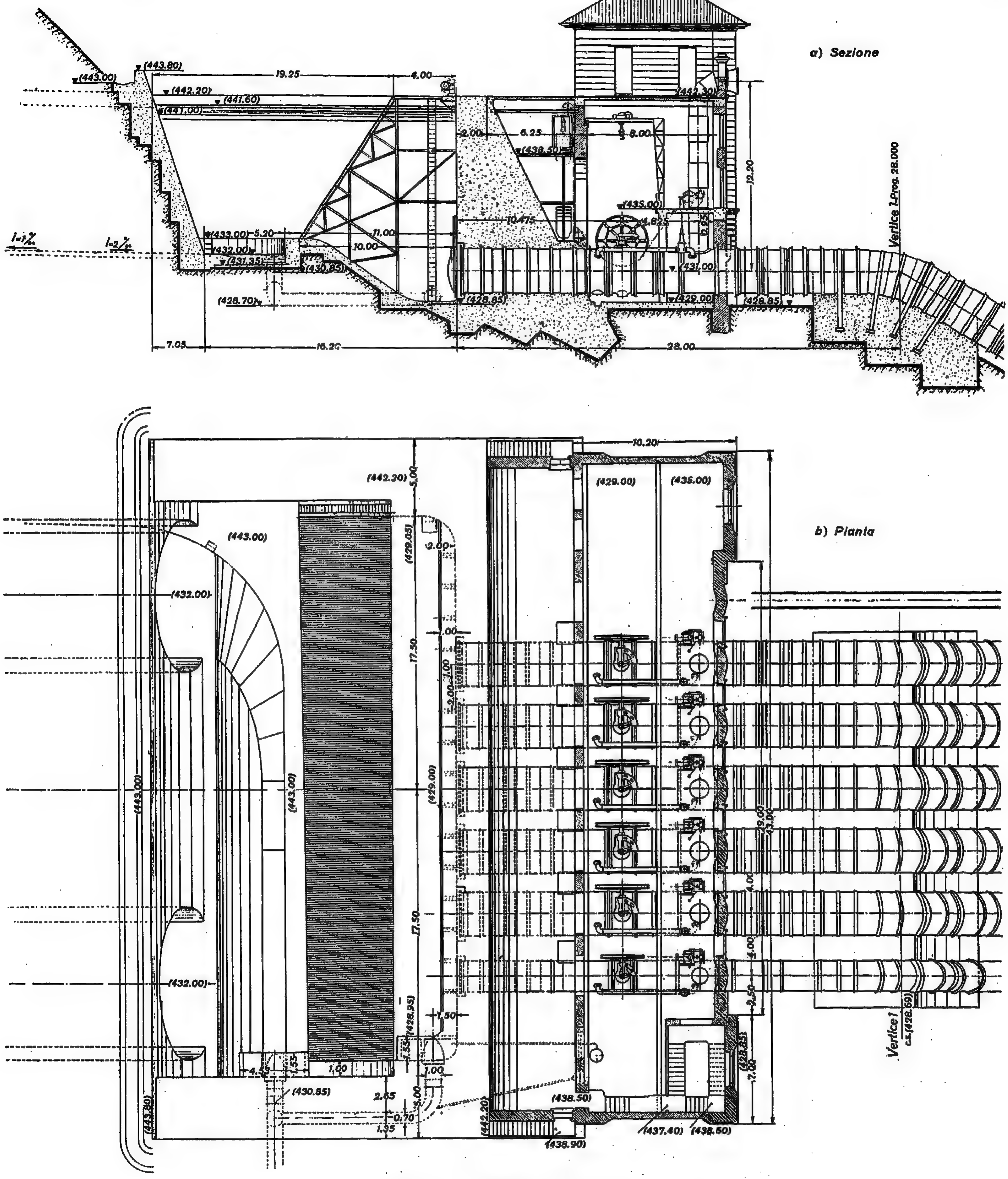


Fig. 38. - Camera di carico.

In considerazione che ad una sufficiente ritenuta d'acqua si è provveduto mediante la costruzione della galleria di accumulazione, le dimensioni della camera di carico furono tenute relativamente modeste.

Essa è sistemata sulla mezza costa in un'incisione di profondità portata fino a mettere a vivo la formazione rocciosa compatta.

Verso valle la vasca è chiusa da una diga in calcestruzzo alta m 13, raccordata a due fiancate, pure in calcestruzzo, e immorsate nella roccia (v. figg. 38 *a*) e *b*)).

Sul fianco destro (a valle riferito al corso dell'Isarco) sono installati due scaricatori di fondo di 1 metro di diametro, uno dopo la griglia, destinato alla pulizia periodica della camera di carico, e l'altro, in sussidio del primo, per il lavaggio della galleria.

Un apposito canale, parte in galleria e parte all'aperto, con-

giungendo i due scarichi, porta l'acqua di scarico all'Isarco, immediatamente a valle della Centrale.

Il ciglio della camera di carico è a quota 442,20 con un franco di m 1,20 sulla quota normale di sfioro di 441,00.

La griglia, inclinata di 30°, si sviluppa per tutta la larghezza della camera di carico che è di m 35 tra le quote 433 e 442,20. A causa della sua eccezionale altezza, si sono divisi gli elementi in due parti di uguale larghezza, sovrapposte l'una sull'altra. Ogni elemento è costituito da un telaio di ferro piatto di 60 × 6 mmq, di m 5,55 di lunghezza e m 0,60 di larghezza, con luce libera di 34 mm.

Tutti gli elementi della griglia appoggiano su apposita intelaiatura metallica, incastrata in basso sulla soglia della camera di carico e collegata all'estremità superiore al ciglio della diga frontale, formando nel contempo una passerella di manovra per la pulizia.

Attraverso la griglia si hanno le seguenti velocità d'acqua:

col livello massimo, a quota 441,00, 0,33 m/sec;

col livello minimo, a quota 436,00, ca. 1,00 m/sec.

I tubi di presa delle singole tubazioni forzate vennero murati durante la costruzione della diga. All'inizio di ogni condotta è applicata una paratoia a lente circolare in acciaio fuso, manovrabile a mano ed a mezzo di motore elettrico.

Ogni paratoia è munita di una piccola portella di 300 × 300 mmq per il riempimento lento della tubazione. Questa portella ha inoltre il compito (nel riempimento della tubazione) di equilibrare le pressioni sulla lente della paratoia, ciò che si ottiene appunto col riempimento, attraverso la portella, del tratto di tubazione compreso tra la paratoia e la valvola automatica menzionata più innanzi. Di conseguenza la lente viene manovrata normalmente a pressioni equilibrate. I meccanismi, indipendenti per ogni paratoia, sono disposti in modo da impedire qualsiasi altro modo di manovra.

Nel fabbricato addossato alla diga sono installate le farfalle automatiche ed i relativi meccanismi. Esse sono costruite col corpo in lamiera di acciaio saldato e colla lente in acciaio fuso. Sono del solito tipo ad asse verticale a contropeso collegato all'organo di manovra, a mezzo fune metallica. Quando la velocità dell'acqua nella tubazione avesse a superare il limite stabilito, la spinta idrodinamica esercitata dall'acqua su di un apposito tegolo applicato all'interno della tubazione stessa (fig. 39) e collegato coll'argano, libererebbe l'arresto del contropeso provocandone la discesa e la conseguente chiusura della valvola. Un apposito freno agente sull'argano regola la chiusura in circa 60''.

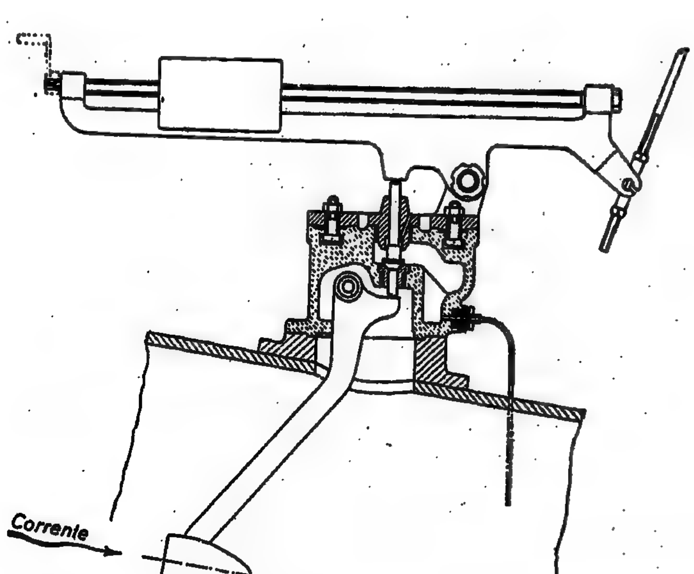


Fig. 39. - Tegolo di comando per le farfalle automatiche.

Ogni farfalla è munita di by-pass del diametro di 250 mm per il riempimento della tubazione. I meccanismi per la manovra sia della valvola come del by-pass, sono riuniti in un comune piano di manovra (fig. 40).

L'apertura e la chiusura del by-pass vengono eseguite esclusivamente a mano. L'apertura della valvola la si effettua tanto a mano che a mezzo di motore elettrico, la chiusura avviene a mano provocando lo sganciamento del contropeso, oppure a mezzo di comando a distanza dal quadro generale in Centrale, mediante chiusura di un apposito interruttore installato nel pannello del rispettivo gruppo.

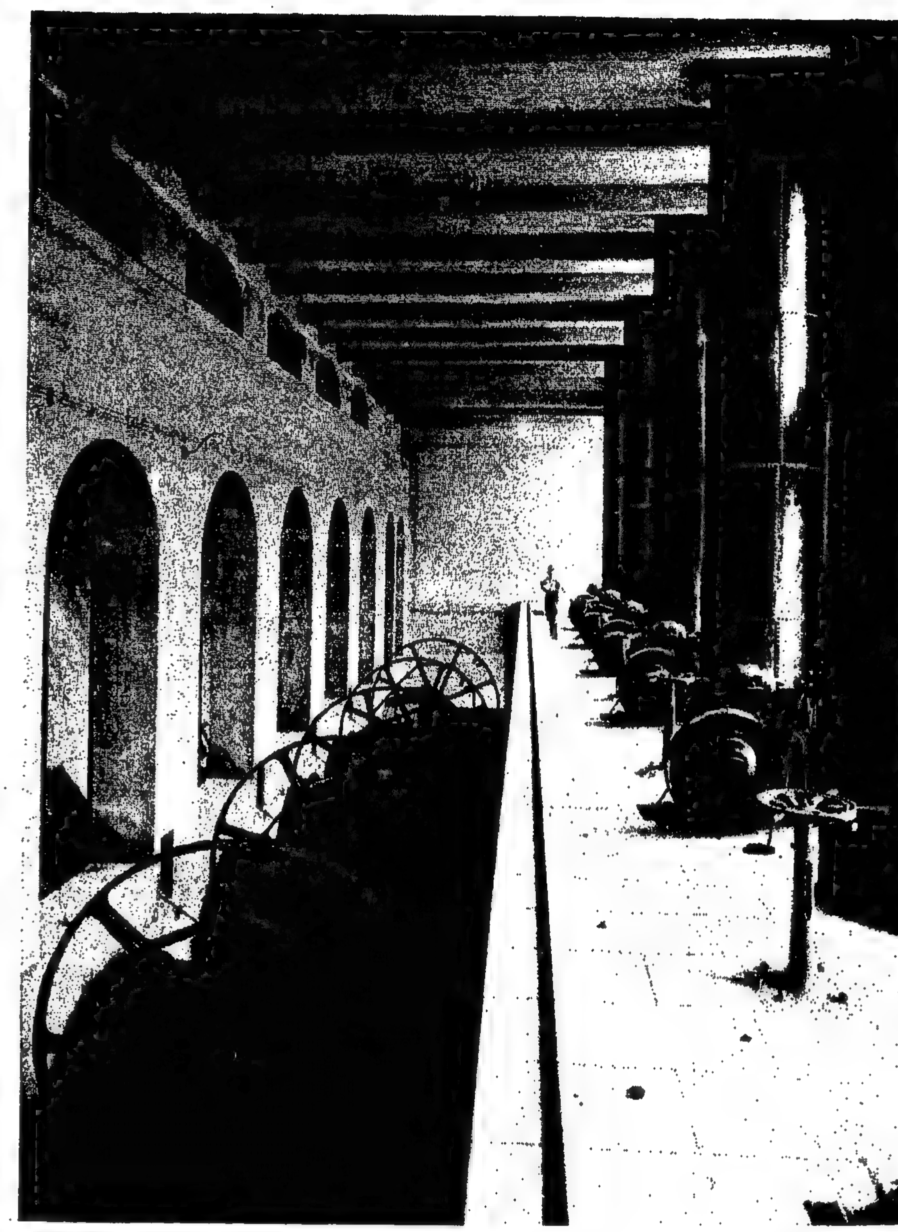


Fig. 40. - Piano di manovra delle valvole alla camera di carico.

D) Condotta forzata.

La condotta forzata è costituita da:

5 grandi tubazioni (fig. 41) denominate 1, 2, 3, 4 e 5, indipendenti, ognuna della lunghezza media di ca. m 330 e del diametro interno variabile da 2800 a 2500 a 1900 mm e carico statico alla base di m 160.

Ciascuna tubazione alimenta un gruppo di HP 45 000.

1 tubazione, denominata 6, pure della lunghezza di ca. m 330, con diametro interno costante di 2 000 mm e carico statico alla base di m 158. Nell'ultimo tratto orizzontale si dipartono le derivazioni per le tre unità a 16 2/3 periodi.

Le prime 5 tubazioni sono costituite per un primo tratto, a monte del vertice II (v. fig. 43), da tubi in lamiera di acciaio dolce, chiodata, del diametro di mm 2800, per il rimanente tratto a valle da tubi saldati del diametro di mm 2500 e blindati con anelli fucinati di un sol pezzo.

Vi è da ritenere che questi tubi siano i più grandi di diametro sinora costruiti col sistema blindato. L'unione dei singoli tubi saldati e blindati è eseguita con coprigiunto chiodato.

Prima dell'entrata delle tubazioni nel fabbricato della Centrale è inserito su ognuna l'ugello del venturimetro e la tubazione prosegue poi col diametro di mm 1900 (fig. 42).

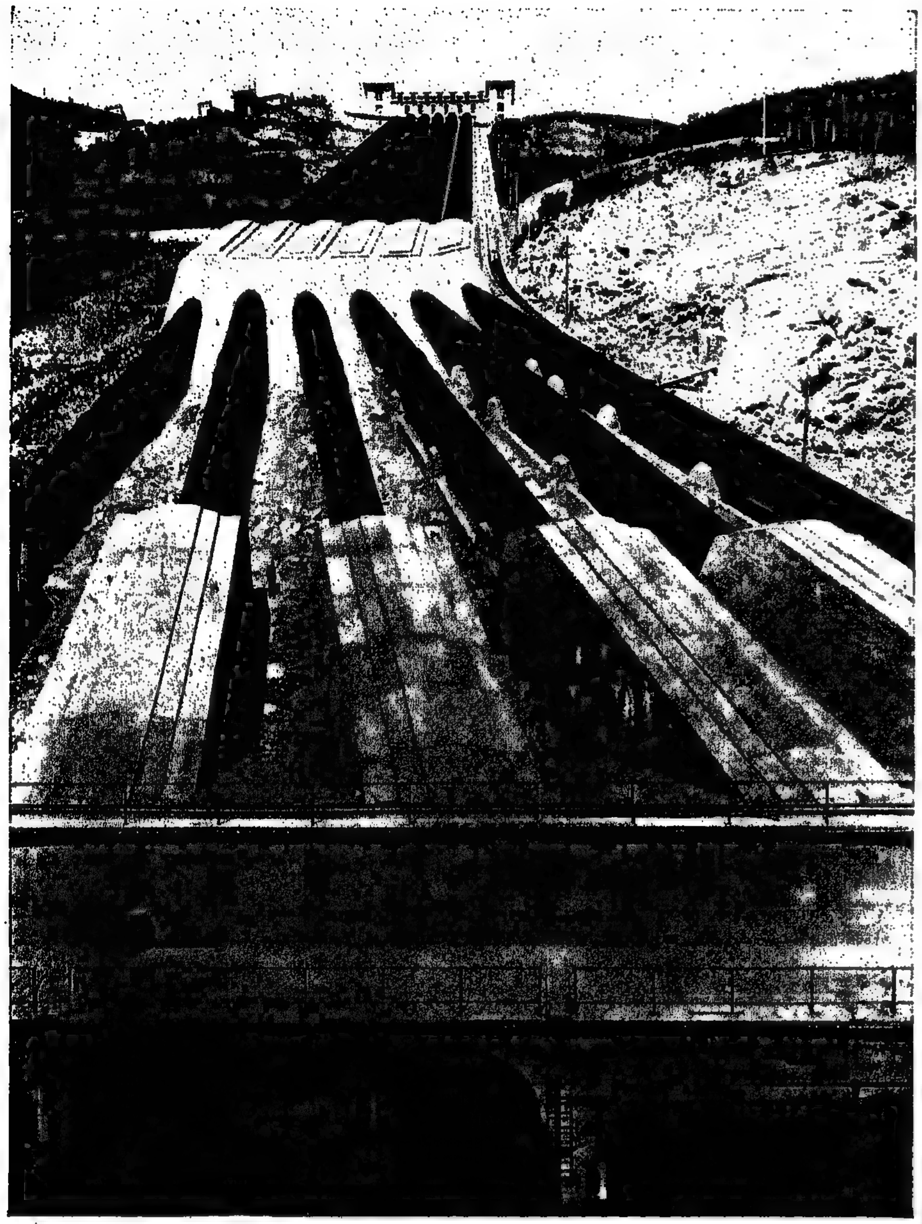


Fig. 41. Veduta delle tubazioni forzate.

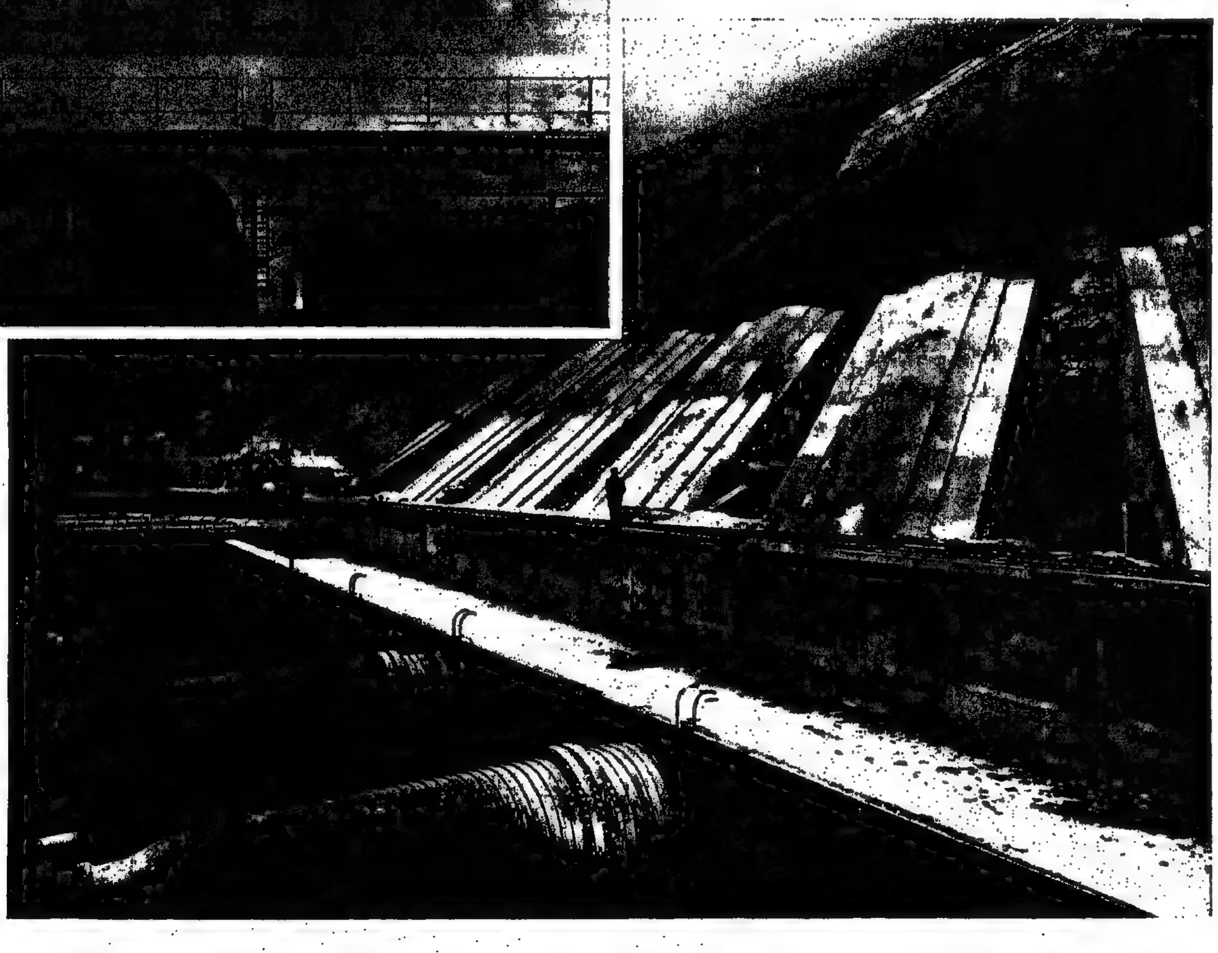


Fig. 42. - Entrata delle condotte nella Centrale: ugelli per i venturimetri, scarichi di fondo, collettore e derivazioni per i gruppi di trazione.

La tubazione di diametro di mm 2000 è invece interamente chiodata. Gli ugelli dei venturimetri sono inseriti sulle derivazioni alle singole turbine Pelton; i diametri delle tubazioni prima del venturimetro sono di mm 1500 e dopo si riducono a mm 1003.

Il raccordo con la turbina avviene mediante un raccordo tronco conico. I due gruppi per i servizi ausiliari sono alimentati da derivazioni dalle tubazioni 5 e 6. Tre saracinesche di intercettazione, opportunamente inserite sulle tubazioni, permettono di alimentare i due gruppi dall'una o dall'altra tubazione, oppure un gruppo dalla tubazione 5 e l'altro dalla 6.

Le sellette di appoggio, tutte fondate su roccia, sono disposte alla distanza media di m 9,00. I tubi chiodati sono muniti di pieducci che appoggiano su una rotaia murata nella selletta (fig. 44 *a*). I tubi blindati invece appoggiano direttamente su una lamiera curva murata con zanche nella selletta (fig. 44 *b*).

Dalla camera di carico fino al vertice II le tubazioni corrono parallele con un interasse di m 4.00; dal vertice II le tubazioni 1, 2, 3, 4 e 5 si aprono a ventaglio raggiungendo il vertice III con un interasse di m 10,00, distanza uguale all'interasse dei gruppi del servizio industriale, mentre la tubazione 6 prosegue in linea retta sino al vertice III, piega quindi in direzione obliqua verso la Centrale.

A valle dei vertici I e II ogni condotta è munita di giunti di dilatazione, mentre tra il vertice III e la camera a spirale della turbina le tubazioni sono fisse e rigidamente murate nel vertice III stesso e nella fondazione del fabbricato della Centrale.

L'ultimo tronco, quello collegato colla turbina, è munito di un forte anello che appoggia contro le fondazioni di cui sopra. Ogni tubazione è infine munita di scarico di fondo di diametro uguale a mm 250 per le tubazioni 1, 2, 3, 4 e 5 e di mm 200 per la tubazione 6.

Nelle tubazioni per i 5 gruppi a 42-50 periodi la velocità media dell'acqua, al regime normale di 22,5 mc/sec, è di 4 m/sec; in quella per i gruppi a 16 2/3 periodi, al regime massimo previsto di 18 mc/sec, è di 5,7 m/sec.

Gli spessori delle lamiere sono stati calcolati in conformità alle Norme Italiane sulle Condotte Forzate (Riunione dell' Associazione italiana-Anno 1922) e che qui sotto riportiamo:

1) per tubi chiodati a sovrapposizione lungo la linea della chiodatura 9,5 kg/mmq;
2) per tubi chiodati a doppio coprigiunto come sopra 10,5 kg/mmq;
3) per tubi saldati blindati riferiti alla somma delle sezioni della lamiera e degli anelli di blindatura 8,5 kg/mmq;
4) per getti di acciaio fuso 7,0 kg/mmq;
5) per ferri d'ancoraggio e di rinforzo 8,0 kg/mmq;
6) I carichi di sicurezza sopra indicati sono riferiti alla pressione statica che ogni elemento assume in opera aumentati del 12%.

Tutti i pezzi a valle dell'elemento formante il venturimetro, questo compreso per le condotte dell'impianto industriale, nonchè la curva in acciaio fuso del vertice III, e quelli a valle del vertice III per la condotta e la derivazione dell'impianto di trazione sono calcolati con coefficienti ridotti del 15% rispetto a quelli sopracitati.

Le caratteristiche dei materiali vennero prescritte come segue:

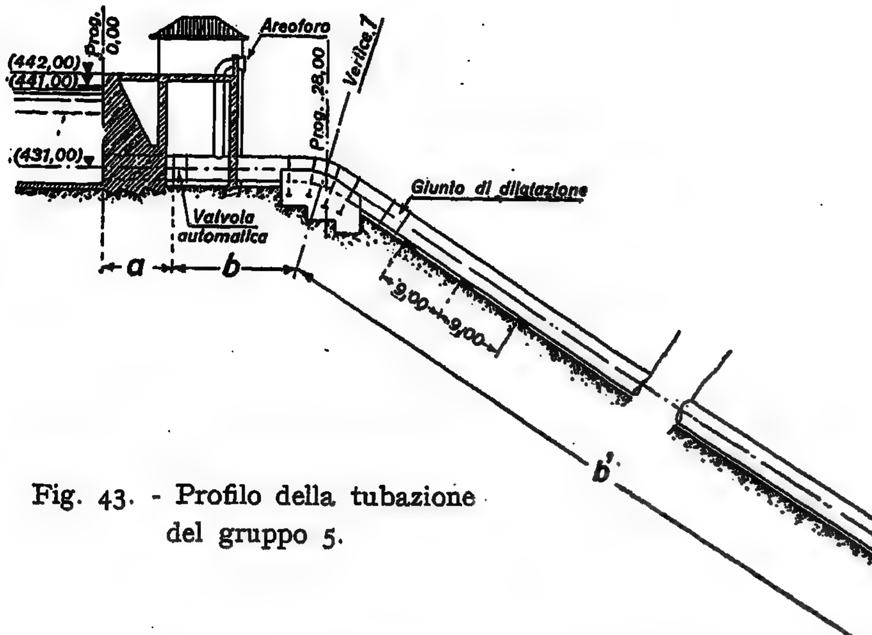
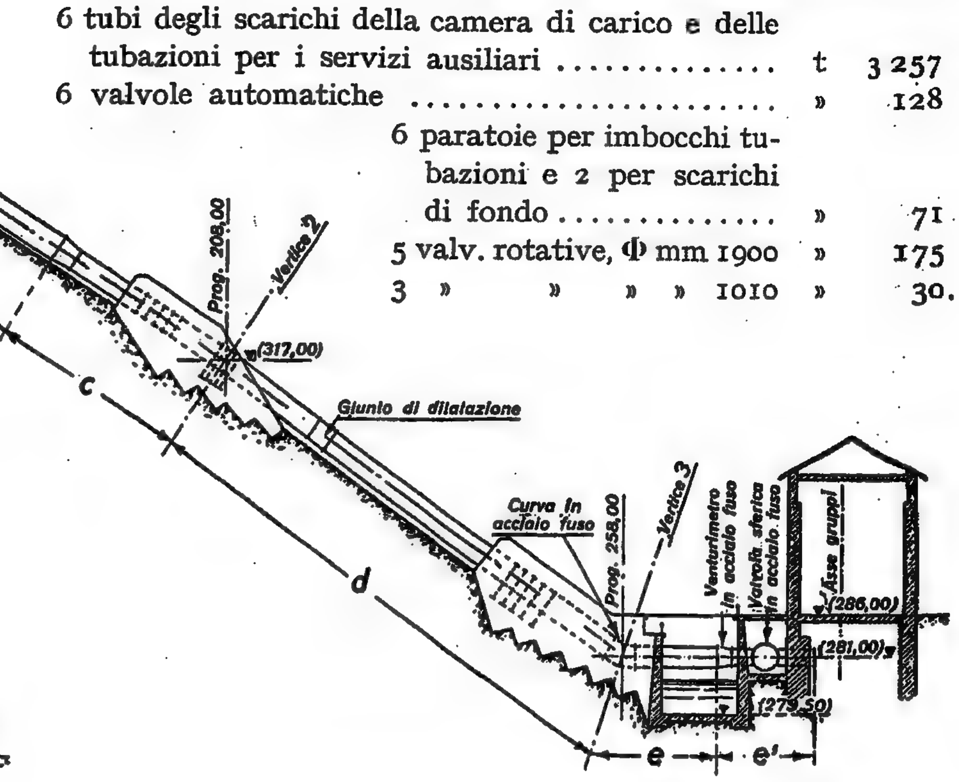



Fig. 43. - Profilo della tubazione del gruppo 5.

1) scartamento binario .... m 1,00
2) portata argano a tiro diretto .... t 8 000
» eccezionale .... » 9 000
3) velocità per grandi portate .... m/sec 0,43
» » trasporti fino a 3500 kg ...... » 0,92

Il massimo peso trasportato è stato di t 15.

I seguenti materiali hanno i pesi complessivi qui specificati:

6 tubi degli scarichi della camera di carico e delle tubazioni per i servizi ausiliari	t	3 257
6 valvole automatiche	»	128
6 paratoie per imbocchi tubazioni e 2 per scarichi di fondo	»	71
5 valv. rotative, Φ mm 1900	»	175
3 » » » » 1010	»	30.

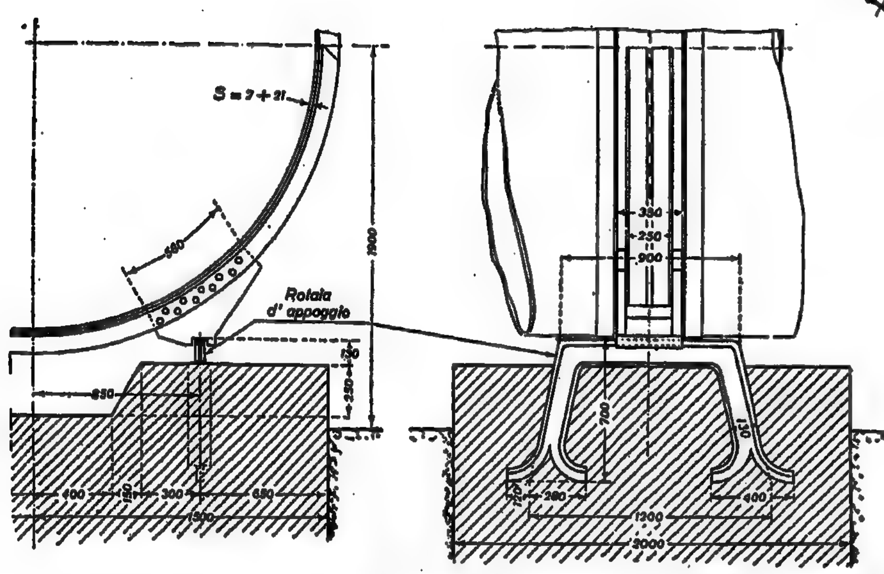


Fig. 44 *a*) - Particolare delle sellette di appoggio per tubi chiodati.

Lamiere per tubi	Rotture in kg/mm²	Allung. min. in %
Lamiere per tubi chiodati ..	36 ÷ 42	22
» » » saldati ..	34 ÷ 41	24
Ferri di ancoraggio e rinforzi	36 ÷ 42	22

Tutti gli elementi saldati-blindati ed i pezzi in acciaio fuso furono provati nelle Officine del fornitore a 1,8 volte la pressione statica di competenza.

Si nota che i rinforzi angolari applicati alle tubazioni chiodate nei tronchi del diametro di mm 2800 hanno lo scopo di irrigidamento, per evitare possibili deformazioni durante il trasporto ed il montaggio, come pure nel riempimento delle condotte.

A fianco della sede di posa delle tubazioni è stato costruito un piano inclinato che ha servito in particolar modo al trasporto dei tubi e dei materiali per la formazione della sede delle condotte, nonchè per quelli destinati alla camera di carico.

Le sue caratteristiche sono:

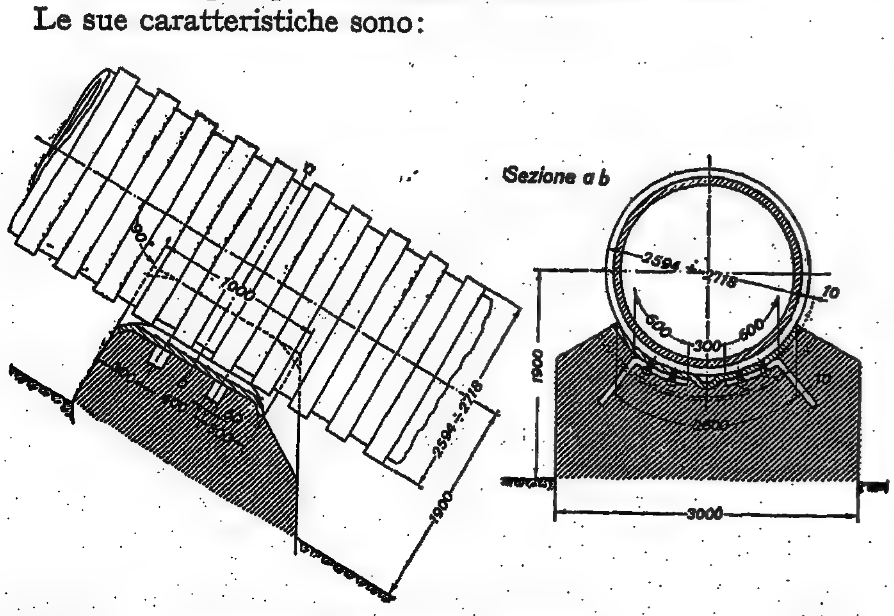


Fig. 44 *b*) - Dettaglio di sellette di appoggio per tubi blindati.

Le valvole di intercettazione delle turbine Francis sono collegate alle tubazioni mediante un giunto speciale di smontaggio (fig. 45). Sulle tre derivazioni delle turbine per la trazione il giunto è invece montato a valle della valvola.

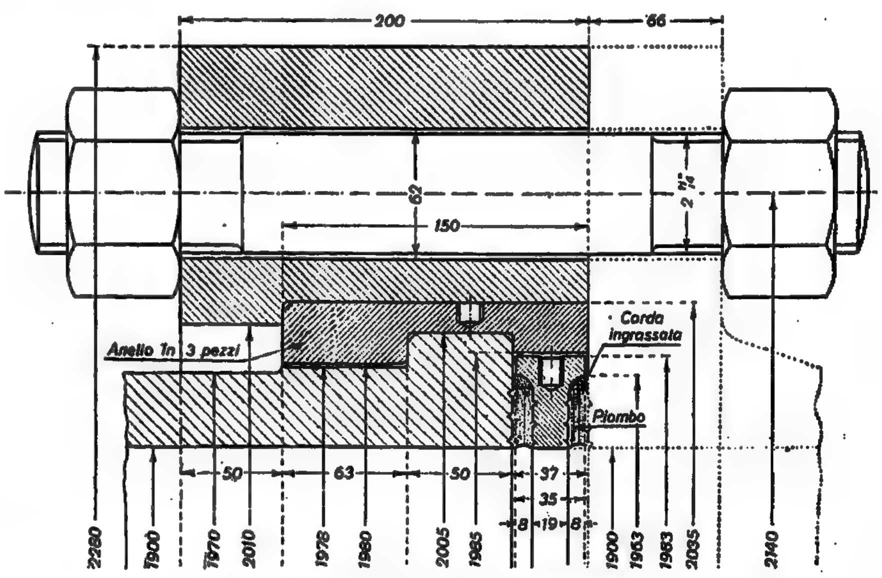


Fig. 45. - Giunto di montaggio.

Le valvole, del tipo rotativo sferico, sono installate in un locale sotterraneo parallelo al fabbricato della Centrale (fig. 46). Esse sono del diametro interno di mm 1900 per le tubazioni 1, 2, 3, 4 e 5 del servizio industriale, e di mm 1010 per le derivazioni dei gruppi per la trazione.

La valvola rotativa è composta di un cassone di forma sferica entro il quale è montato girevole sopra perni, il cosidetto « corpo rotativo » che consta di un tronco di tubo, coassiale colla tubazione in posizione « aperta » (fig. 46 *b* e 46 *c*). Nella posizione « chiusa » della valvola il corpo rotativo è girato di 90° e disposto perpendicolarmente all'asse della tubazione, mentre un disco, che viene trascinato dal corpo rotativo nei suoi movimenti, viene a trovarsi di fronte al tronco di tubo d'uscita della valvola rotativa. Tale disco non è fissato rigidamente al corpo rotativo, ma è posto libero in una speciale camera dello stesso. L'acqua della condotta penetrando nella detta camera preme sul disco facendolo appoggiare con l'anello di tenuta di bronzo, sopra un controanello disposto nel cassone sferico della

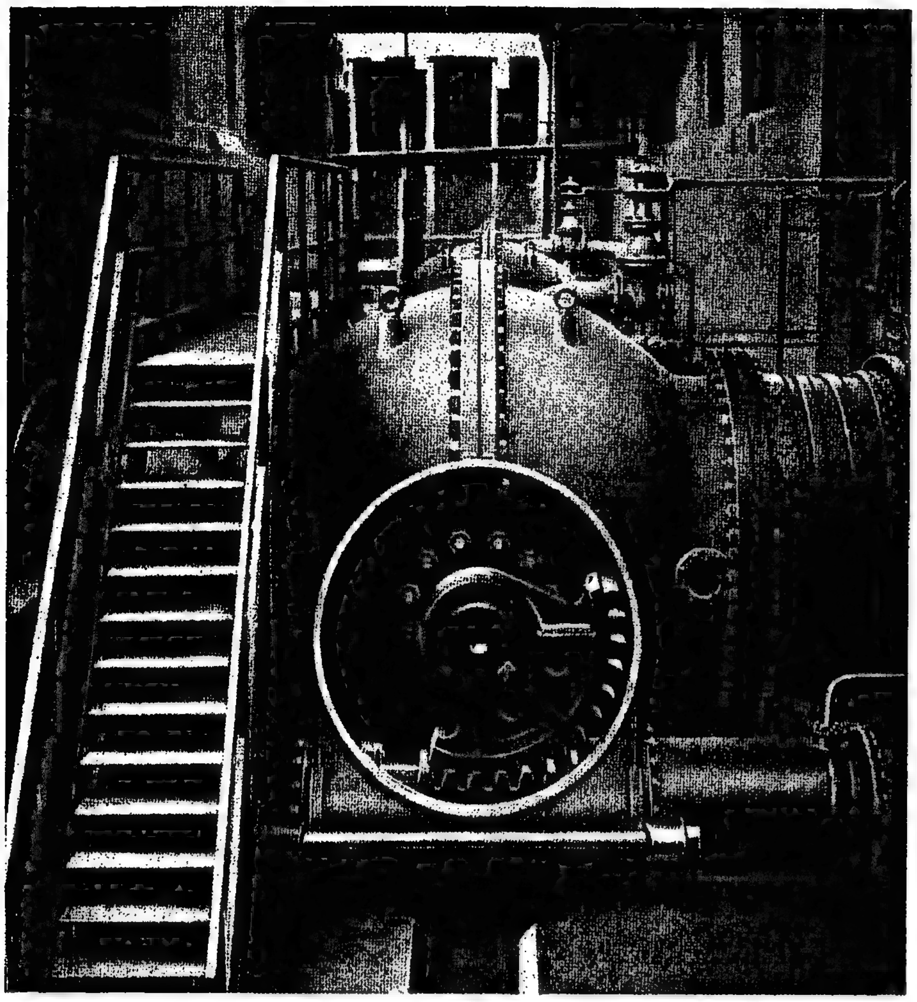


Fig. 46 *a*) - Valvole sferiche del diametro di mm 1900.

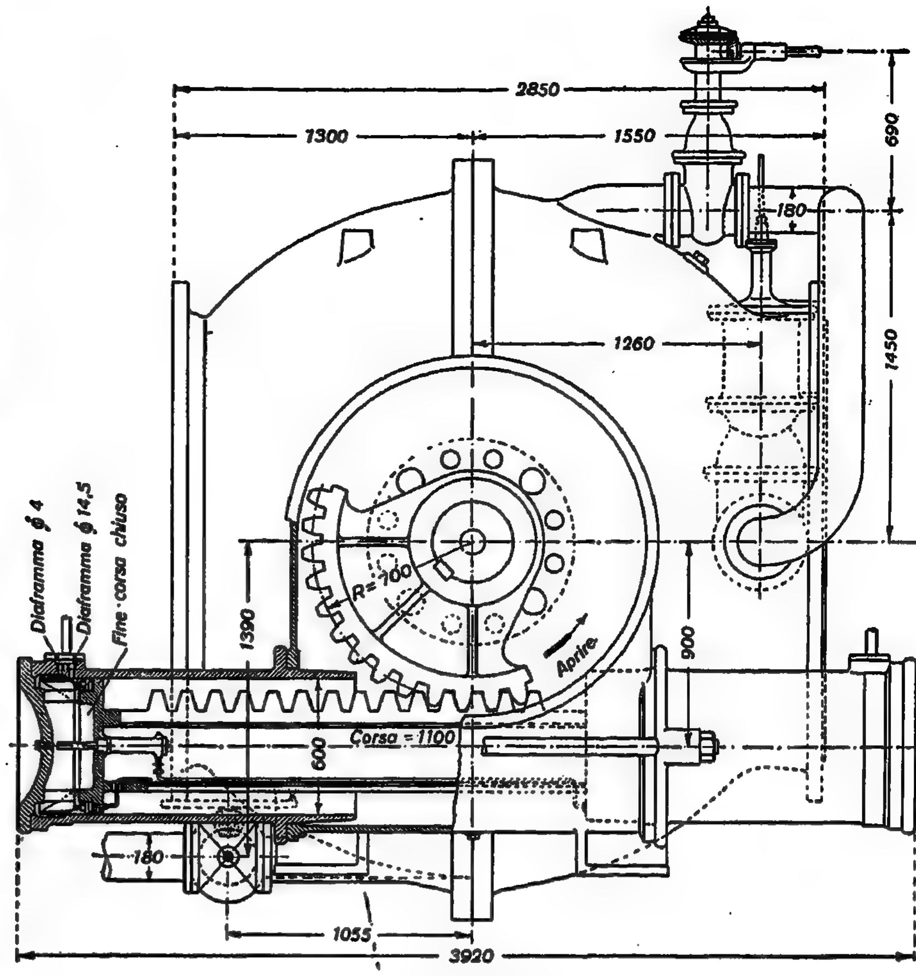


Fig. 46 *b*).

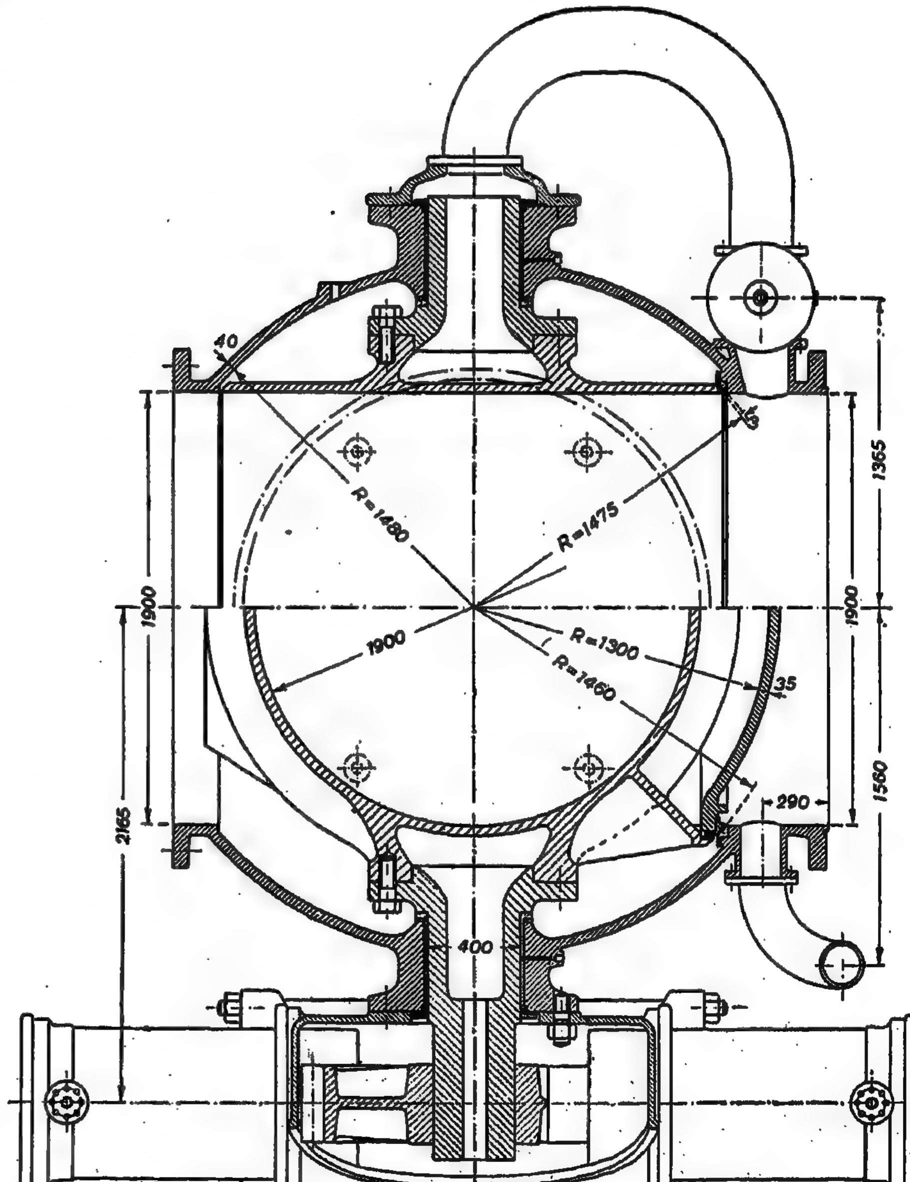


Fig. 46 *c*) - Sezione di valvola rotativa con diametro di mm 1900.

valvola rotativa, e provvede in tal modo ad una tenuta perfetta. Per la manovra di apertura della valvola si deve scaricare la pressione nella camera dietro al disco, attraverso il perno cavo del corpo rotativo ed un'apposita saracinesca, detta di « scarico pressione », dopo di che non essendo più premuto il disco contro il cassone, il corpo rotativo può venir fatto girate con facilità.

Questo movimento rotatorio viene provocato a mezzo di un servomotore azionato dall'acqua in pressione presa dalla condotta forzata stessa. Il servomotore viene comandato da un cassetto di distribuzione manovrabile a mano, oppure dal quadro mediante un motorino elettrico.

Caratteristiche particolari di queste valvole sono il minimo ingombro, la perfetta guida dell'acqua che scorre in un tubo diritto e senza discontinuità quando la valvola è « aperta », la perfetta tenuta conseguita colla pressione stessa dell'acqua quando la valvola è « chiusa », la mancanza di usura degli anelli di tenuta, dovuta al libero gioco del disco di tenuta sopra descritto, che durante il movimento del corpo rotativo si stacca dal cassone sferico; possibilità di chiudere la valvola anche col distributore della turbina aperto.

E) Canale di restituzione ed impianto di misurazione dell'acqua.

Il canale di restituzione corre tra la falda montana e la Centrale; è aperto nel tratto prospicente il fascio delle tubazioni che provengono dalla camera di carico, nel rimanente tratto è invece in galleria e la figura 47 rappresenta la sezione. La sua lunghezza è di m 600, la pendenza di 0.75 ‰ come per la galleria adduttrice.

Al termine della galleria, e cioè allo sbocco dell'Isarco, sono installate due paratoie, con comando elettrico ed a mano, di intercettazione tra l'Isarco e la galleria, ad una stazione di pompe centrifughe comprendente tre unità della portata complessiva di 600 l/sec. Quando occorresse effettuare una revisione ed eseguire dei lavori agli scarichi delle turbine, oppure al canale di resa, questo viene tenuto sgombro d'acqua mediante l'impianto di pompe.

È prevista l'utilizzazione dell'acqua di scarico dell'impianto di Cardano in un salto a valle. In tale eventualità le paratoie avranno l'ufficio di separare il canale di resa dell'Officina di Cardano dall'Isarco, onde l'acqua di scarico possa immettersi nel nuovo canale adduttore in continuazione diretta dell'attuale canale di restituzione.

L'installazione di due paratoie di m 5 di luce, anzichè di una sola di m 10, si è resa necessaria in seguito alla decisione presa

di installare a monte di esse l'impianto di misurazione dell'acqua per le prove delle turbine.

Durante le misure, la parte destra del canale era completamente sbarrata dalla propria paratoia e dalla tura mobile di panconcelli ancora in posto, di guisa da assicurare in via assoluta tutto il deflusso dell'acqua proveniente dalle turbine dal canale di sinistra.

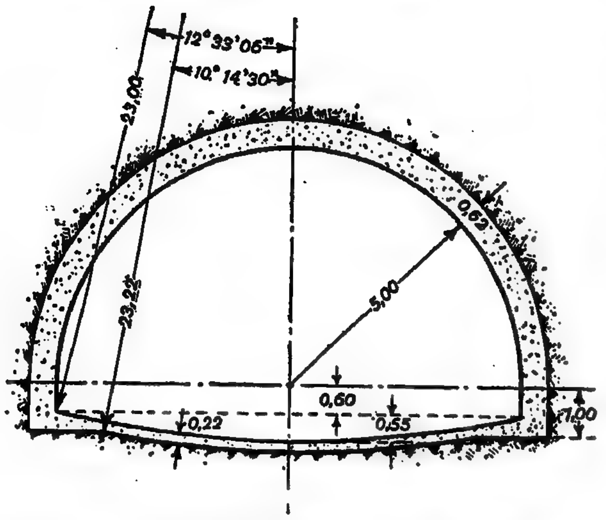


Fig. 47. - Sezione del canale di restituzione.

In questa parte di sinistra del canale fu invece installato l'impianto di misura (fig. 48). I volumi di acqua da misurare erano fissati tra 7 e 25 mc/sec e per mantenere la velocità di deflusso in limiti sempre favorevoli al funzionamento dei mulinelli, si stabilì una sezione fissa data dalla larghezza di m 4.725 e da un'altezza di m 3.258, ossia di mq 15,4. La velocità media dell'acqua col minimo volume di mc 7 risultava perciò di ca. 0.45 m/sec e quella col massimo volume di mc 25, di ca. 1.62 m/sec.

La sezione fissa si è ottenuta con l'introduzione nel canale di un cassone metallico, un « cassero » (v. fig. 48) chiuso su cinque faccie e aperto su quella a valle. Sulla faccia superiore (coperchio), che servì da ponte di lavoro, è stata applicata una portella

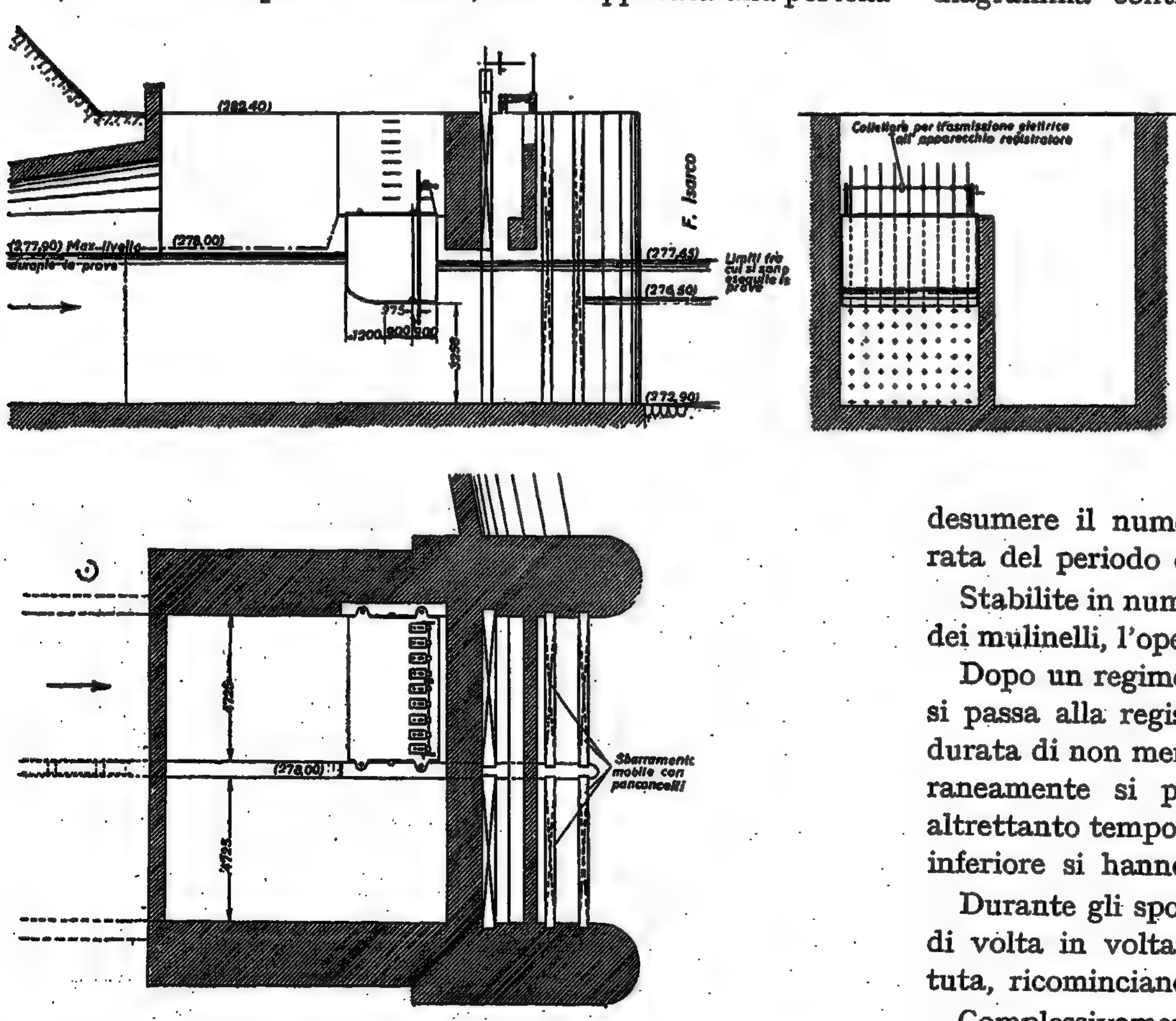


Fig. 48. - Impianto di misurazione dell'acqua.

per scendere nell'interno del cassero. Questo appoggia solidamente su muratura ed è fissato con bulloni, mentre sui due fianchi furono applicate delle guide in ferro a T, la quali, oltre a facilitare la posa del cassero, hanno il compito di agire come labirinto per contenere anche le poche perdite d'acqua di franco, qualora le misure si fossero effettuate con il livello massimo previsto, ossia con quota di 277,90 a monte.

La non indifferente sezione di passaggio d'acqua consigliò di servirsi di nove mulinelli funzionanti contemporaneamente e piazzati su una stessa linea orizzontale. Un meccanismo montato sul coperchio del cassero consentiva il contemporaneo rapido spostamento dei nove mulinelli in senso verticale.

Il relativo meccanismo consiste in un albero trasversale munito di nove tamburi sui quali si svolge una funicella per l'abbassamento e l'innalzamento delle aste cave portanti i mulinelli. Al centro di ogni funicella corre un conduttore elettrico ben isolato che, attraverso un collettore ad anelli con spazzole striscianti, collega ogni mulinello con la penna di un registratore.

Alla parete inferiore del cassero si diede un invito speciale e tale da assicurare la completa aderenza dei filetti d'acqua per il tratto orizzontale della lunghezza di m 1.80. A metà di tale percorso trovasi la linea dei mulinelli. Le aste di appoggio dei mulinelli sono guidate nel coperchio e nel fondo del cassero.

Attraverso il primo sono praticati fori fissi e sul secondo sono applicate delle piastre mobili le quali formano durante la misura corpo unico col fondo del cassero, in modo da evitare qualsiasi contrazione che possa alterare la sezione fissa stabilita.

Le piastre mobili sono guidate da tiranti verticali in modo da permettere di montare, smontare e verificare i singoli molinelli dall'interno del cassero portandoli fuori acqua.

Le aste di guida delle piastre inferiori non sorpassano la linea del fondo del cassero e quelli portanti i mulinelli hanno forma ad ogiva, onde ridurre al minimo la contrazione dovuta alla velocità dell'acqua. L'elica dei mulinelli si trova alla distanza di cm 27,5 a monte delle aste.

L'apparecchio registratore consta di un tamburo, mosso da un movimento di orologeria, sul quale si svolge la carta da diagramma continuo, e di dieci penne azionate ognuna da un piccolo magnete. Una delle penne è comandata da un cronografo e segna il diagramma del tempo in forma di una greca, le altre nove ricevono gli impulsi dal contatto elettrico del rispettivo mulinello, contatto che si apre e si chiude ad ogni ciclo di 10 giri compiuto. Come si vede la misura avviene automaticamente senza l'intervento di operatori e sono quindi eliminate inesattezze di letture. Occorre soltanto chiudere il circuito elettrico al principio dell'esperimento ed aprirlo alla fine. Dal diagramma ottenuto si possono facilmente desumere il numero di giri fatti dai singoli mulinelli e la durata del periodo di osservazione.

Stabilite in numero di sette gli spostamenti nel senso verticale dei mulinelli, l'operazione si è svolta per ogni prova come segue.

Dopo un regime costante di durata non inferiore ai 10 primi si passa alla registrazione della prima linea superiore, per la durata di non meno di 60 secondi, indi abbassandoli contemporaneamente si portano i mulinelli sulla seconda linea per altrettanto tempo e così di seguito, di modo che giunti alla linea inferiore si hanno registrati 63 punti.

Durante gli spostamenti dei mulinelli la registrazione viene di volta in volta interrotta. L'operazione è subito dopo ripetuta, ricominciando dall'alto come prima.

Complessivamente vengono impiegati circa 20 minuti primi per ottenere 126 punti misurati. Se dallo svolgimento dei calcoli risulta che la velocità media desunta dalle prime 63 letture differisce più del 3 % dalla media di 63 letture della seconda esperienza, la misura viene scartata e conseguentemente ripetuta. Si tiene conto soltanto delle misure per le quali, durante l'esperimento, si è avuta la sicurezza di un regime di acqua molto costante. Per ogni prova dei gruppi da 36 000 kVA si sono controllati non meno di quattro punti, suddivisi tra circa 7 mc/sec e 25 mc/sec (volume quest'ultimo corrispondente al sovraccarico del 10 %).

ING. HANS GUSTAVO LUTZ.

ING. PROF. CELESTINO LAMPIS
DEL R. POLITECNICO DI MILANO

Metodo grafico applicato al calcolo delle correnti di corto circuito di una rete ad anello chiuso alimentata in più punti

(*Continuazione e fine, vedi Fasc. X, Vol. VIII, Ottobre 1931, pag. 855*)

IV. – SOLUZIONE DEL PROBLEMA CON ALTRI METODI APPROSSIMATI.

1) *Trattazione dei vettori come grandezze scalari.*

Ci si può rivolgere la domanda se non sia sufficente la soluzione algebrica trattando le varie grandezze come scalari. Per quel che riguarda il caso in esame rispondiamo subito risolvendo il sistema delle 5 equazioni, che in tale ipotesi è assai facile da trattare.

Sono note le seguenti grandezze (fig. 29):

$$x_a = 56{,}4\ \Omega$$
$$x_b = 44\ \text{»}$$
$$z = \sqrt{19{,}9^2 + 26{,}7^2} = \sqrt{396 + 713} = 33{,}3\ \Omega$$
$$z_1 = \sqrt{29{,}9^2 + 21{,}4^2} = \sqrt{894 + 458} = 36{,}8\ \text{»}$$
$$z_2 = \sqrt{39{,}9^2 + 28{,}4^2} = \sqrt{1592 + 807} = 49\ \text{»}$$
$$V = 22\,000\ \text{V}$$

introducendo le quali abbiamo:

1) $I_1 = I_a + I$

2) $I_2 = I_b - I$

3) $56{,}4\, I_a + 36{,}8\, I_1 = 22\,000$ V

4) $44{,}0\, I_b + 49{,}0\, I_2 = 22\,000$ V

5) $44{,}0\, I_b + 33{,}3\, I + 36{,}8\, I_1 = 22\,000$ V

dove nell'ipotesi fatta sono incognite le 5 correnti.

Ricavando I_a dalla 1) ed I_b dalla 2) e sostituendone i valori nelle equazioni seguenti abbiamo:

3a) $56{,}4\, I_1 - 56{,}4\, I + 36{,}8\, I_1 = 22\,000$ V

4a) $44{,}0\, I_2 + 44{,}0\, I + 49{,}0\, I_2 = 22\,000$ V

5a) $44{,}0\, I_2 + 44{,}0\, I + 33{,}3\, I + 36{,}8\, I_1 = 22\,000$ V.

Ricavando I_1 dalla 3a) ed I_2 dalla 4a)

$$I_1 = \frac{22\,000\,\text{V} + 56{,}4\, I}{93{,}2}; \quad I_2 = \frac{22\,000\ \text{V} - 44\, I}{93}$$

valori che introdotti in 5a) ci permettono di ricavare I.

$$44\frac{22\,000\,\text{V} - 44\, I}{93} + 77{,}3\, I + 36{,}8\frac{22\,000\,\text{V} + 56{,}4\, I}{93{,}2} = 22\,000\,\text{V}$$

$$10\,405\ \text{V} - 208\, I + 77{,}3\, I + 8\,700\ \text{V} + 223\, I = 22\,000\ \text{V}$$

$$19\,105\,\text{V} + 92{,}3\, I = 22\,000\ \text{V};\ 92{,}3\, I = 2985\,\text{V};\ I = \frac{2895}{92{,}3}\,\text{A} = 31{,}35\ \text{A}.$$

Sostituendo questo valore nella 3a) e nella 4a) si ricavano i valori di I_1 e di I_2:

$$I_1 = \frac{22\,000 + 56{,}4 \cdot 31{,}35}{93{,}2}\,\text{A} = \frac{22\,000 + 1\,768}{93{,}2}\,\text{A} = \frac{23\,768}{93{,}2}\,\text{A} = 255\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{22\,000 - 44 \cdot 31{,}35}{93}\,\text{A} = \frac{22\,000 - 1379}{93}\,\text{A} = \frac{20\,621}{93}\,\text{A} = 221{,}7\ \text{A}$$

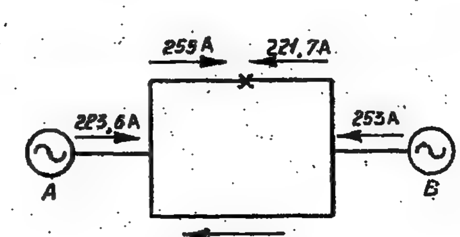


Fig. 71.

Dalla 1) e 2) si ricavano poi I_a ed I_b:

$$I_a = I_1 - I = 255\,\text{A} - 31{,}35\,\text{A} = 223{,}65\ \text{A}$$
$$I_b = I_2 + I = 221{,}7\,\text{A} + 31{,}3\,\text{A} = 253\ \text{A}$$

Confrontando questi valori con quelli ricavati per via grafica, che supponiamo esatti, possiamo osservare come si compiano degli errori notevoli e sempre in difetto.

	I_a	I_b	I	I_1	I_2
a) graficamente	251,4	285,7	48,4	295,4	242,7
b) algebricamente (trattando i vettori quali grandezze scalari)	223,6	253	31,35	255	221,7
Errore assoluto (*a*) — *b*))..	27,8	32,7	17	40,4	21
Errore in % $\left(100 \frac{a)-b)}{b)}\right)$	12,4	12,9	54	15,9	9,5

Differenze maggiori si avrebbero esaminando un caso in cui si avessero spostamenti più ampi tra le correnti nei vari tratti del circuito, in cui cioè la resistenza ohmica fosse più predominante rispetto a quella induttiva. A parità di ogni altra condizione quindi una soluzione che tratti i vettori come grandezze scalari sarà tanto più accettabile quanto più elevata è la tensione della rete, e viceversa per reti a tensioni basse l'applicazione del metodo grafico sarà sempre più indispensabile.

2) *Uso del principio della sovrapposizione degli effetti.*

Si risolve spesso il problema applicando il principio della sovrapposizione degli effetti. Si suppone collegata alla rete una centrale alla volta, riducendo così il circuito ripetutamente al

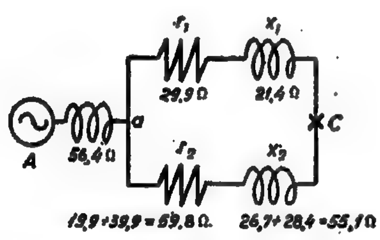


Fig. 72.

caso di un anello alimentato in un solo punto e risolvibile quindi facilmente. Si compongono infine i risultati parziali.

Applichiamo questo procedimento al caso già trattato per

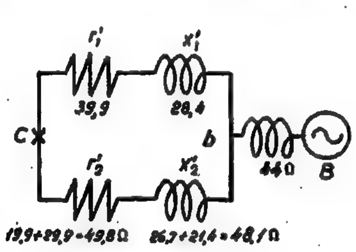


Fig. 73.

vedere se i valori che così si ottengono concordano o meno con i precedenti.

Lo schema rappresentato dalla fig. 29, si riduce alla fig. 72

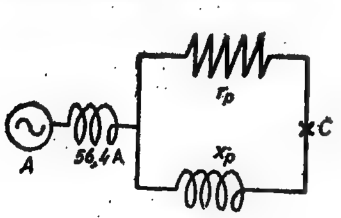


Fig. 74.

se trascuriamo la centrale *B* ed alla fig. 73 se trascuriamo *A* Questi due schemi si trasformano mediante le formule già ap-

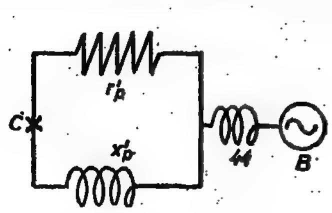


Fig. 75.

plicate nel paragrafo III, Cap. 2. Sviluppando successivamente i due casi abbiamo:

$$r_p = \frac{(29,9^2 + 21,4^2)\ (59,8^2 + 55,1^2)}{59,8\,(29,9^2 + 21,4^2) + 29,9\,(59,8^2 + 55,1^2)} =$$

$$= \frac{1352 \times 6612}{59,8 \times 1352 + 29,9 \times 6612} = \frac{8935 = 10^3}{278\,450} = 32,1\ \Omega$$

$$x_p = \frac{8934 \times 10^3}{55,1 \times 1352 + 21,4 \times 6612} = \frac{8935 \times 10^3}{216\,000} = 41,38\ \Omega$$

$$z_p = \frac{32,1 \times 41,4}{\sqrt{32,1^2 + 41,4^2}} = \frac{1329}{\sqrt{1030 + 1714}} = \frac{1329}{\sqrt{2744}} = 25,37\ \Omega$$

$$r_s = \frac{25,37^2}{32,1} = 20,04\ \Omega \qquad x_s = \frac{25,37^2}{41,4} = 15,54\ \Omega$$

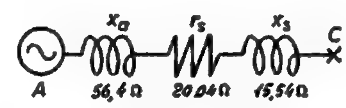


Fig. 76.

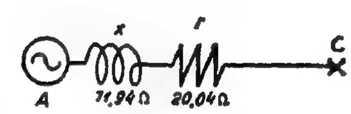


Fig. 78.

$$r'_p = \frac{(39,9^2 + 28,4^2)\ (49,8^2 + 48,1^2)}{49,8\ (39,9^2 + 28,4^2) + 39,9(49,8^2 + 48,1^2)} =$$

$$= \frac{2398,6 \times 4793,6}{49,8 \times 2398,6 + 39,9 \times 4793,6} = \frac{1151 \times 10^4}{3108 \times 10^2} = 37,05\ \Omega$$

$$x'_p = \frac{1151 \times 10^4}{48,1 \times 2398,6 + 28,4 \times 4793,6} = \frac{1151 \times 10^4}{251\,400} = 45,8\ \Omega$$

$$z'_p = \frac{37,05 \times 45,8}{\sqrt{37,05^2 + 45,8^2}} = \frac{1697}{\sqrt{1373 + 2098}} = \frac{1697}{3471} = \frac{1697}{58,9} = 28,81\ \Omega$$

$$r'_s = \frac{28,81^2}{37,05} = 22,4\ \Omega \qquad x_s' = \frac{28,81^2}{45,8} = 18,13\ \Omega$$

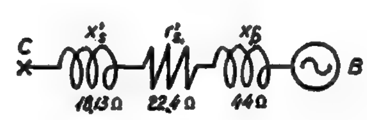


Fig. 77.

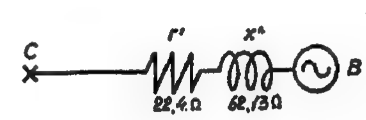


Fig. 79.

$$z = \sqrt{71,94^2 + 20,04^2} = \sqrt{5180 + 401} = \sqrt{5581} = 74,7\ \Omega$$

$$z' = \sqrt{62,13^2 + 22,4^2} = \sqrt{3860 + 502} = \sqrt{4362} = 66,1\ \Omega$$

ed avuto riguardo all'ipotesi da tutti ammessa e già menzionata che la caduta di tensione delle singole centrali fino al punto in cui avviene il corto circuito sia pari alla tensione della rete:

$$I_a = \frac{22\,000\ \text{V}}{74,7\ \Omega} = 294,5\ \text{A}; \qquad I_b = \frac{22\,000\ \text{V}}{66,1\ \Omega} = 332,8\ \text{A}$$

Risaliamo adesso a ritroso per avere le correnti nei singoli lati, e poichè vogliamo poi comporre i valori relativi ai due casi e quindi dobbiamo tener conto delle direzioni vettoriali, aiutiamoci col disegno della fig. 80.

Tracciato un semicerchio con diametro *OE* uguale alla tensione della rete, 22 000 V, inscriviamovi due angoli retti con i cateti secondo le figg. 78, 79. Le OP_1, OP_2 possiamo prenderle come direzioni delle correnti erogate dalle centrali *A* e *B*. In valore numerico risulta poi:

$OP_1 = rI_a = 20{,}04 \times 294{,}5 = 5\,900$ V;
$P_1E = xI_a = 71{,}94 \times 294{,}5 = 21\,190$ V;

$OP_2 = r'I_b = 22{,}4 \quad \times 332{,}8 = 7\,340$ V;
$P_2E = x'I_b = 6\,213 \times 332{,}8 = 20\,700$ V

Con riferimento alle figg. 76, 77 segnamo sui lati P_1E e P_2E i punti M ed N tali che

$ME = 56{,}4 \,.\, 294{,}5 = 16\,610$ V ; $NE = 44 \,.\, 332{,}8 = 14\,660$ V

$P_1M = 15{,}54 \,.\, 294{,}5 = \dfrac{4\,580 \text{ »}}{21\,190 \text{ V}}$; $P_2N = 18{,}13 \,.\, 332{,}8 = \dfrac{6\,040 \text{ »}}{20\,700 \text{ V}}$

I segmenti **OM** ed **ON** rappresentano in valore e posizione le tensioni applicate tra i punti *a-C* (fig. 72) e *b-C* (fig. 73).

Per il caso in cui si trascuri la centrale A.

Tracciamo un semicerchio con diametro ON ed inscriviamovi due angoli retti aventi per cateti le cadute che si hanno rispettivamente lungo $r'_1 - x'_1$ ed $r'_2 - x'_2$. Il diametro ON è di 9 600 V, $r'_1 = 39{,}9\ \Omega$ ed $x'_1 = 28{,}4\ \Omega$. Detta I'_1 la corrente che percorre x'_1 ed r'_1 abbiamo:

$$9\,600 \text{ V} = \sqrt{28{,}4^2 + 39{,}9^2} \,.\, I'_1 = \sqrt{2398{,}6} = I'_1 = 49 \times I'_1$$

e quindi

$$I'_1 = \frac{9\,600}{49} \text{ A} = 196 \text{ A}$$

ed i due cateti risultano $r'_1I'_1 = 7\,820$ V, $x_1I'_1 = 5\,565$ V e l'angolo retto è così facilmente tracciabile, ed è nota la direzione di $\mathbf{I'_1}$ che si dispone secondo $\mathbf{N_1N}$.

Analogamente per la corrente $\mathbf{I'_2}$ che percorre $r'_2 = 49{,}8\ \Omega$ ed $x'_2 = 48{,}1\ \Omega$.

$$9\,600 \text{ V} = \sqrt{49{,}8^2 + 48{,}1^2} \,.\, I'_2 = \sqrt{4\,793\,6} \times 1'_2 = 69{,}2 = I'_2$$

$$I'_2 = 138{,}7 \text{ A}$$

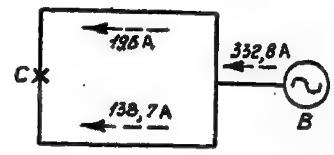


Fig. 81.

$$r'_2I'_2 = (49{,}8 \times 138{,}7) \text{ V} = 6\,908 \text{ V}$$
$$x'_2I'_2 = (48{,}1 \times 138{,}7) \text{ V} = 6\,675 \text{ V}$$

La $\mathbf{I'_2}$ si dispone secondo $\mathbf{N_2N}$.

Nel caso che si trascuri la centrale B.

Analogamente:

$$OM = \sqrt{5\,900^2 + 4\,580^2} =$$
$$= \sqrt{3\,481 \,.\, 10^4 + 209\,764 \,.\, 10^2} = 7470 \text{ V}$$

$$r_1 = 29{,}9\ \Omega, \quad x_1 = 21{,}4\ \Omega$$

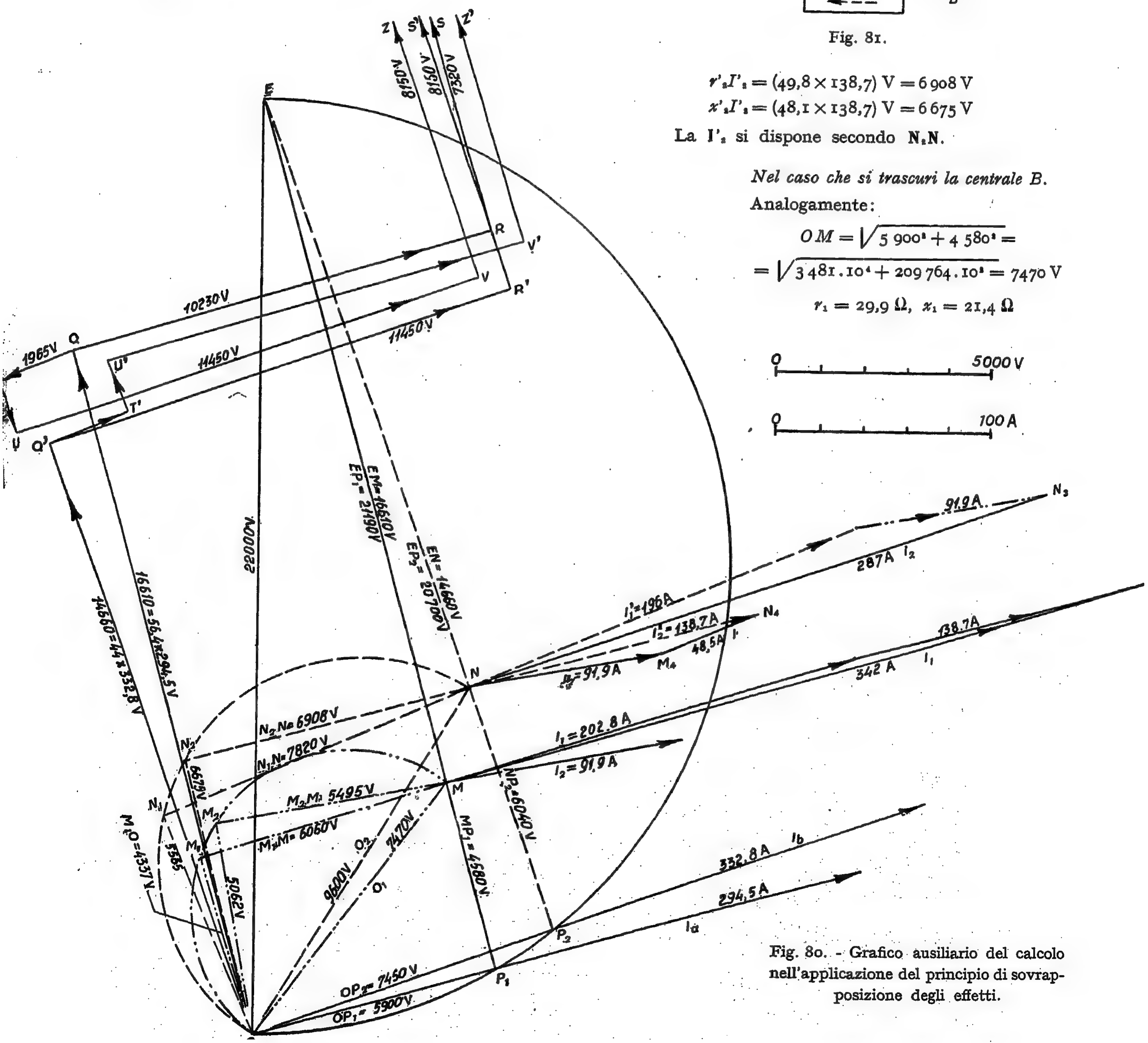


Fig. 80. - Grafico ausiliario del calcolo nell'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti.

$$7\,470\ V = \sqrt{29{,}9^2 + 21{,}4^2}\,.\,I_1 = \sqrt{1\,352}\,.\,I_1 = 36{,}75\ I_1$$

$$I_1 = 202{,}8\ A$$

$$r_1 I_1 = (29{,}9 \times 202{,}8)\ V = 6\,060\ V$$

$$x_1 I_1 = (21{,}4 \times 202{,}8)\ V = 4\,337\ V$$

M_1M è la direzione di I_1 che percorre r_1 ed x_1 (fig. 72).

Lungo il ramo costituito da r_2 ed x_2 e percorso da I_2:

$$r_2 = 59{,}8\ \Omega,\ x_2 = 55{,}1\ \Omega$$

$$7\,470\ V = \sqrt{59{,}8^2 + 55{,}1^2} \times I_2 = \sqrt{6\,612} \times I_2 = 81{,}3 \times I_2$$

$$I_2 = \frac{7\,470}{81{,}3}\ V = 91{,}9\ A$$

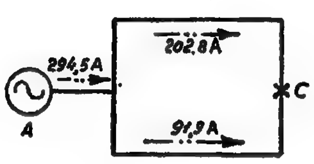


Fig. 82.

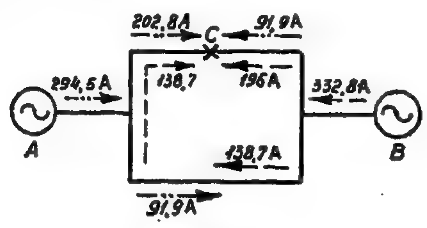


Fig. 83.

$$r_2 I_2 = (59{,}8 \times 91{,}9)\ V = 5\,495\ V$$
$$x_2 I_2 = (55{,}1 \times 91{,}9)\ V = 5\,062\ V$$

La direzione di I_2 è quella presa da M_2M.

Le correnti nei vari rami dell'anello nel caso che si trascuri la centrale *A* o quella *B* risultano in valore numerico nelle figg. 81 ed 82, riunite nella fig. 83. Le singole direzioni sono segnate nel disegno della fig. 80, con origine in *O*, *M* ed *N*.

Applichiamo ora il principio della sovrapposizione degli effetti, ammettendo che le correnti effettive nel caso di corto circuito in *C* e con entrambi le centrali *A* e *B* in funzione siano la somma dei due casi parziali ora risolti. La composizione delle correnti, fatta ancora nella fig. 80 porta alle risultanti i cui valori numerici sono segnati nella figura 84.

Questi valori sono assai differenti da quelli trovati con metodo grafico e riassunti nella fig. 48, che per le tante ragioni precedentemente esposte riteniamo praticamente esatti.

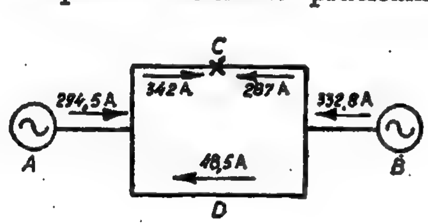


Fig. 84.

Ora avendo risolto i due casi della mancanza di *A* o di *B* con metodo ineccepibile resta dimostrato che non è qui applicabile il principio della sovrapposizione degli effetti.

A questo risultato abbiamo preferito arrivare attraverso l'esercizio preso a modello per seguire la via generalmente usata in pratica e perchè a noi occorrono i valori numerici per un confronto dei vari metodi. È manifesto per altro che ciò non toglie niente alla generalità delle conclusioni cui siamo pervenuti. Una dimostrazione con i simboli sarebbe del resto oltremodo facile; basterebbe scrivere i due sistemi di tre equazioni inerenti alle fig. 72 e 73 per vedere che il loro complesso non equivale il sistema già visto delle cinque equazioni generali del problema.

Che i risultati ottenuti e riassunti nella fig. 84 non siano accettabili possiamo verificarlo risalendo in base alla distribuzione delle correnti ed alle resistenze dei singoli tratti del circuito alla tensione risultante, che dovrebbe essere in tutti i casi la stessa **OE**.

Risulta invece (fig. 85 ed 80):

Percorso diretto A a C:

$O\,Q = 56{,}4 \times 294{,}5 = 16\,610$ V parallela a $E\,P_1$
$Q\,R = 29{,}9 \times 342 = 10\,230$ » » » $M\,M_1$
$R\,S = 21{,}4 \times 342 = 7\,320$ » normale » $M\,M_1$

Percorso A D b C:

$O\,Q = 56{,}4 \times 294{,}5 = 16\,610$ V
$Q\,T = 19{,}9 \times 48{,}5 = 1\,965$ » parallela a M_4N_4
$T\,U = 26{,}7 \times 48{,}5 = 1\,284$ » normale » M_4N_4
$U\,V = 39{,}9 \times 287 = 11\,450$ » parallela » $N\,N_2$
$V\,Z = 28{,}4 \times 287 = 8\,150$ » normale » $N\,N_2$

Percorso diretto BC

$O\,Q' = 44 \times 332{,}8 = 14\,660$ V parallela a $E\,P_2$
$Q'R' = 39{,}9 \times 287 = 11\,450$ » » » $N\,N_2$
$R'S' = 28{,}5 \times 287 = 8\,150$ » normale » $N\,N_2$

Percorso BD a C:

$O\,Q' = 44 \times 32{,}8 = 14\,660$ V
$Q'T' = 19{,}9 \times 48{,}5 = 1\,965$ » parallela ad N_4M_4
$T'U' = 26{,}7 \times 48{,}5 = 1\,284$ » normale » N_4M_4
$U'V' = 29{,}9 \times 342 = 10\,230$ » parallela » $M\,M_1$
$V'Z' = 21{,}4 \times 342 = 7\,320$ » normale » $M\,M_1$

Nella figura 80, dove queste cadute sono state riportate nelle dovute direzioni, i quattro punti *S*, *Z*, *S'*, *Z'*, oltre a non coincidere tra di loro sono lontani da *E* dove avrebbero dovuto convergere.

Ad un risultato ben più lusinghiero ci porterà il confronto analitico del nostro metodo grafico che faremo al Cap. VI,

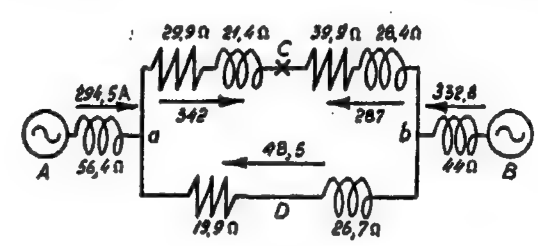


Fig. 85.

par. 2, commentando le precedenti figg. 69 e 70. Risalendo come adesso si è fatto ci troveremo allora davanti ai punti *H''*, *K''* assai vicini tra di loro ed il cui punto intermedio *E''* sarà perciò lecito assumere come estremo del vettore **V**.

Diremo anche incidentalmente che se i due casi semplificati della fig. 72 e 73 li avessimo trattati col nostro metodo la soluzione sarebbe stata più rapida.

3) *Media di valori limiti.*

Nel genere di calcoli che stiamo trattando si ricorre spesso anche a semplificazioni ed ipotesi particolari, appropriate di volta in volta al caso in esame.

Così per l'esercizio scelto in questo lavoro come riferimento si può ottenere un valore di 1ª approssimazione delle correnti che richiama il corto circuito nel punto *C* per via analitica, abbastanza rapidamente, supponendo la linea di collegamento diretto *a D b* in un primo tempo di impedenza *Z* infinita, ed in un secondo tempo di impedenza *Z* nulla ed assumendo la media dei valori che si ottengono nei due casi.

È chiaro infatti che il caso reale sarà compreso tra questi due estremi, rappresentati nella fattispecie dalle figg. 86 e 90 e risolvibili facilmente. Sviluppiamo i calcoli anche con questo metodo.

a) per $Z = \infty$

il circuito assume la forma delle figg. 86 ed 87, dalle quali si ricava:

$z_a = \sqrt{77{,}8^2 + 29{,}9^2} = 83{,}3\ \Omega \qquad z_b = \sqrt{72{,}4^2 + 39{,}9^2} = 82{,}7\ \Omega$

$$I'_a = \frac{22\,000}{83{,}3} = 264 \text{ A} \qquad I'_b = \frac{22\,000}{82{,}7} = 266 \text{ A}$$

Le direzioni di queste due correnti risultano nella fig. 89 rappresentate $\mathbf{I'_a}$ da $\mathbf{ON_1}$ ed $\mathbf{I'_b}$ da $\mathbf{ON_2}$. La figura stessa è costruita

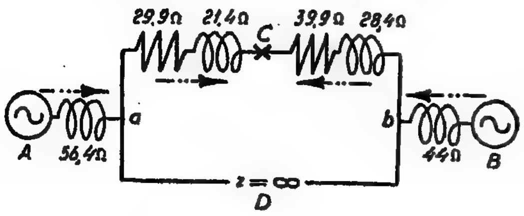


Fig. 86.

analogamente a quella n. 80 essendo $O\,P_1\,E$ ed $O\,P_2\,E$ i triangoli delle tensioni nei tratti $A\,a\,C$ e $B\,b\,C$ (fig. 86), costituiti dai seguenti valori:

$$22\,000 \text{ V} = O\,E$$

$$29{,}9\ \Omega . 264 \text{ A} = 7\,894 \text{ V} = O\,P_1; \quad 39{,}9 . 266 = 10\,610 \text{ V} = O\,P_2$$

$$77{,}8\ \Omega . 264 \text{ A} = 20\,550 \text{ V} = P_1 E; \quad 74{,}4 . 266 = 19\,260 \text{ V} = P_2 E$$

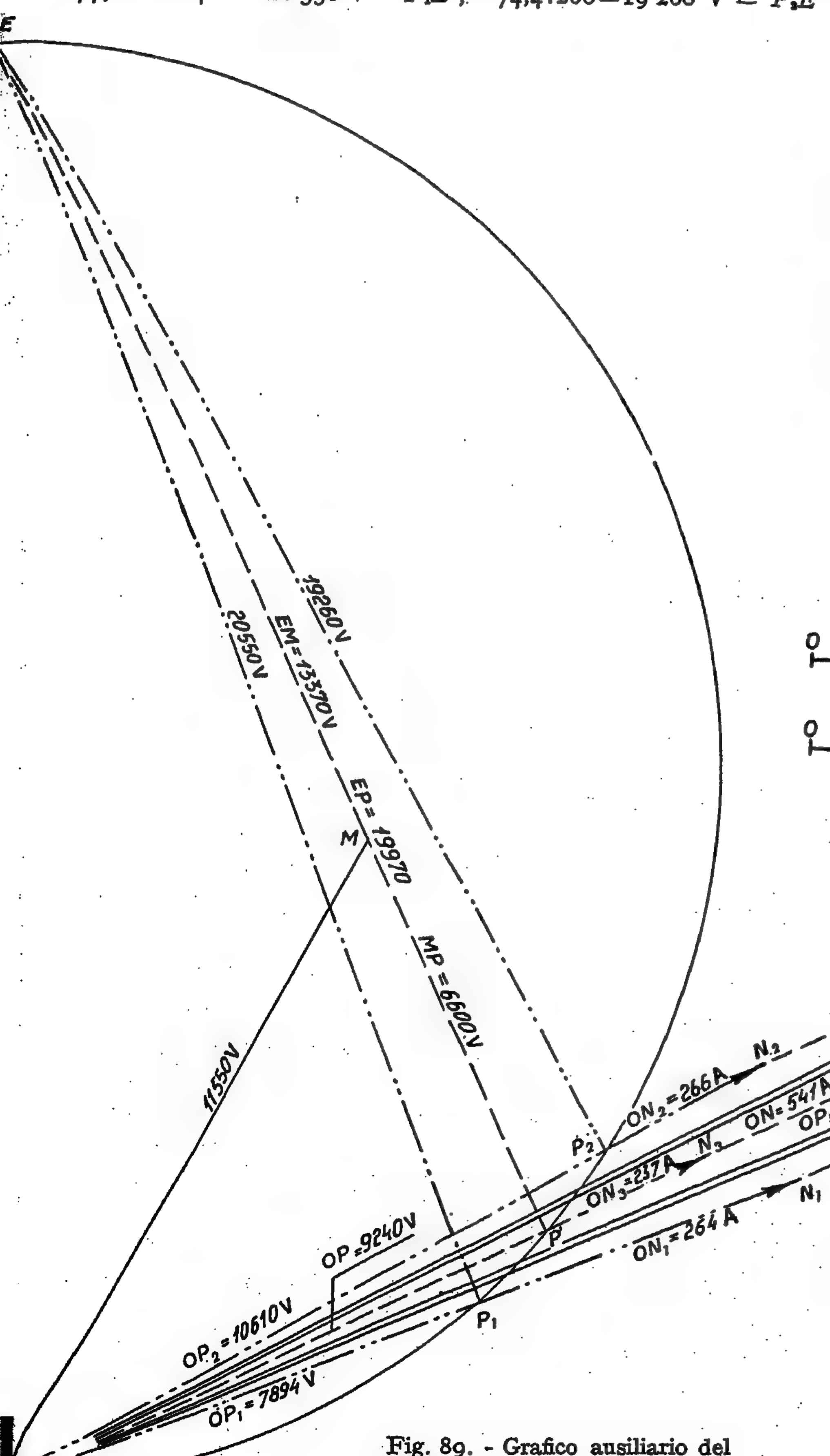
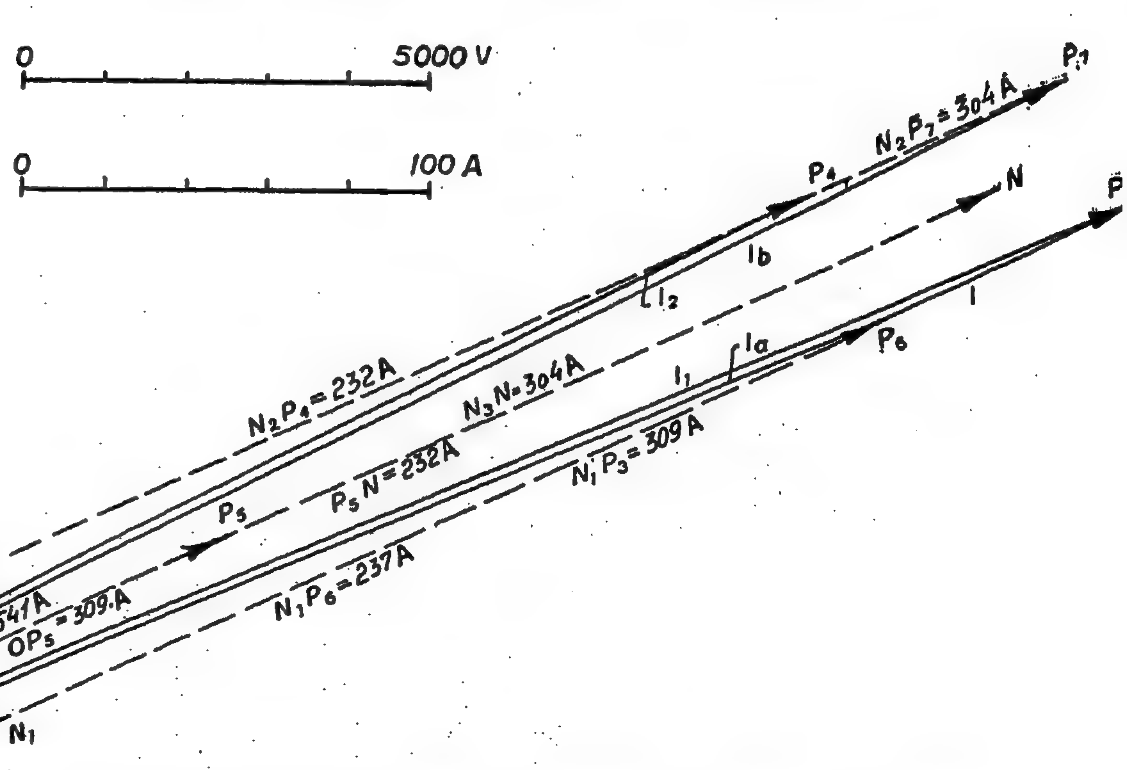



Fig. 89. - Grafico ausiliario del calcolo come media di valori limiti.

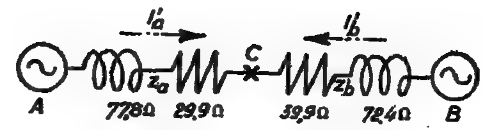


Fig. 87.

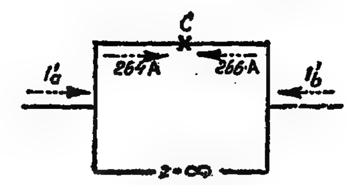


Fig. 88.

b) per $Z = 0$:

con le solite formule, passiamo anzitutto dalla fig. 90 alla 91,

$$r_p = \frac{(29{,}9^2 + 21{,}4^2)\ (39{,}9^2 + 28{,}4^2)}{39{,}9\,(29{,}9^2 + 21{,}4^2) + 29{,}9\,(39{,}9^2 + 28{,}4^2)} =$$

$$= \frac{324 . 10^6}{53\,900 + 71\,700} = 25{,}8\ \Omega$$

$$x_p = \frac{324 . 10^6}{38\,400 + 51\,300} = 36{,}1\ \Omega$$

$$z_p = \frac{25{,}8 . 36{,}1}{\sqrt{25{,}8^2 + 36{,}1^2}} = 21\ \Omega$$

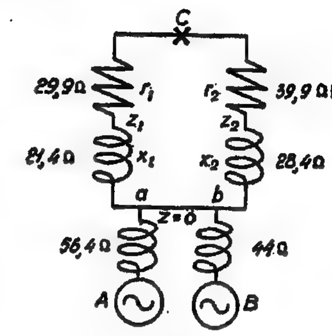


Fig. 90.

da cui si ricava ancora: (fig. 92)

$$r_r = \frac{21^2}{25{,}8} = 17{,}05\ \Omega \ ;$$

$$x_r = \frac{21^2}{36{,}1} = 12{,}18\ \Omega$$

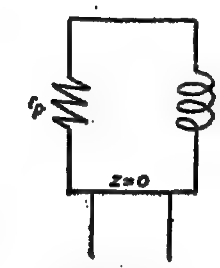


Fig. 91.

A questi valori nella fattispecie saremmo per altro potuti pervenire molto più rapidamente osservando che i due tronchi *a-C* e *b-C* come parti della stessa linea (fig. 26) sono simili, hanno cioè le resistenze nello stesso rapporto delle reattanze. Il calcolo di r_r e di x_r si può quindi condurre come in un circuito a corrente continua:

$$r_r = \frac{r_1 \ . \ r_2}{r_1 + r_2} = \frac{29{,}9 \ . \ 39{,}9}{29{,}9 + 39{,}9} = 17{,}05\,\Omega$$

$$x_r = \frac{x_1 \ . \ x_2}{x_1 + x_2} = \frac{21{,}4 \ . \ 28{,}4}{21{,}4 + 28{,}4} = 12{,}18\,\Omega$$

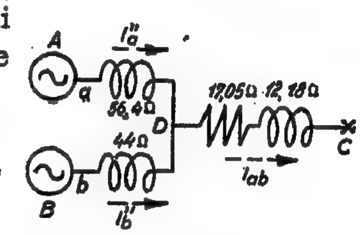


Fig. 92.

ed invocando ancora l'ipotesi iniziale per la quale A e B si possono ritenere coincidenti:

$$x_{ab} = \frac{56{,}4 \cdot 44}{100{,}4} = 24{,}7\ \Omega, \text{ ed infine (fig. 93)}$$

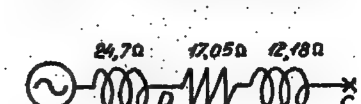


Fig. 93.

$z = \sqrt{(24,7+12,18)^2 + 17,05^2} = 40,6\ \Omega$; $I_{ab} = \dfrac{22\,000}{40,6} = 541$ A

essendo

$I''_a = \dfrac{541}{56,4+44}\,44 = 237$ A il contributo della centrale *A*

$I'' = \dfrac{541}{56,4+44}\,56,4 = 304$ » » » » *B*,

il contributo totale è: 541 A.

Risaliamo ora come nel parag. precedente (fig. 80) per avere le intensità nei due rami dell'arco (fig. 90). Nel caso particolare trattato il problema si semplifica essendo le correnti tra di loro in fase (e quindi in fase con la somma 541 *A*) per la similitudine sopra menzionata tra i due rami stessi.

Tracciato perciò nella fig. 89 il triangolo OPE delle tensioni che si hanno moltiplicando i valori della fig. 93 per 541 A, essendo:

$OP = 541 . 17,05 = 9\,240$V $\quad PE = 541 . (24,7 + 12,18) = 19\,970$V

$PM = 541 . 12,18 = 6\,600$V $\quad OM = \sqrt{9\,240^2 + 6\,600^2} = 11\,350$V

la **OP** risulta la direzione comune delle correnti. Secondo questa direzione prendiamo per intanto

$I_{ab} = 541\text{ A} = ON$; $\quad I''_a = 237\text{ A} = ON_1$; $\quad I''_b = 304\text{ A} = N_1N$

Per avere le intensità nei tronchi di linea *a-C* e *b-C* basta dividere la tensione *OM* per le impedenze z_1 e z_2. Otteniamo:

lungo *a-C* $\quad I'_1 = \dfrac{11\,350\text{ V}}{36,8} = 309$ A in figura OP_2

» *c-C* $\quad I'_2 = \dfrac{11\,350\text{ V}}{49} = 232$ A » » P_2N

Abbiamo così ricavato numericamente tutti i valori relativi alla fig. 90 che riassumiamo nella fig. 94.

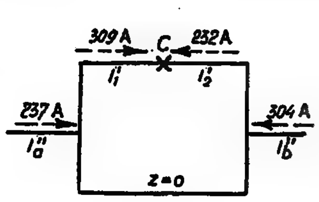


Fig. 94.

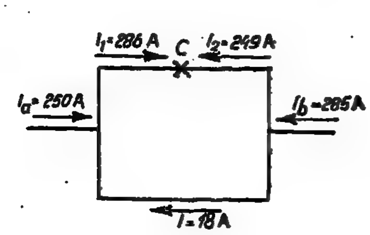


Fig. 95.

c) Media dei valori dei due casi limiti.

Sempre nella fig. 89 sommiamo ora le correnti i cui valori compaiono nelle figg. 88 e 94 e prendiamo le semisomme. Ricaviamo cioè:

$$\mathbf{I_a} = \frac{\mathbf{I'_a} + \mathbf{I''_a}}{2} = \frac{\mathbf{ON_1} + \mathbf{ON_1}}{2} = \frac{\mathbf{OP_6}}{2}$$

$$\mathbf{I_1} = \frac{\mathbf{I'_a} + \mathbf{I'_1}}{2} = \frac{\mathbf{ON_1} + \mathbf{OP_2}}{2} = \frac{\mathbf{ON_1} + \mathbf{N_1P_3}}{2} = \frac{\mathbf{OP_3}}{2}$$

$$\mathbf{I_b} = \frac{\mathbf{I'_b} + \mathbf{I''_b}}{2} = \frac{\mathbf{ON_2} + \mathbf{N_1N}}{2} = \frac{\mathbf{OP_7}}{2}$$

$$\mathbf{I_2} = \frac{\mathbf{I'_b} + \mathbf{I'_2}}{2} = \frac{\mathbf{ON_2} + \mathbf{P_2N}}{2} = \frac{\mathbf{ON_2} + \mathbf{N_2P_4}}{2} = \frac{\mathbf{OP_4}}{2}$$

Numericamente queste correnti misurate nel disegno della fig. 89 risultano (fig. 95):

$I_a = 250$ A; $I_b = 285$ A; $I_1 = 286$ A; $I_2 = 249$ A.

Sul disegno poi per differenza vettoriale tra $\mathbf{I_1}$ ed $\mathbf{I_a}$ ricaviamo

anche $\mathbf{I} = \dfrac{\mathbf{OP_3} - \mathbf{OP_6}}{2} = \dfrac{\mathbf{P_6P_3}}{2}$; $\quad I = 18$ A.

Quattro di questi valori sono poco discosti da quelli trovati col metodo grafico, il quinto però è completamente errato. Questo è il punto debole della via ora seguita che porta a valori troppo lontani dal vero per la corrente nella linea sulla quale si opera la semplificazione. D'altra parte anche il successo parziale ottenuto è d'attribuire al caso particolare trattato in cui la linea *D* contribuisce ben poco ad alimentare il corto circuito in *C* rendendo la semplificazione introdotta estremamente appropriata.

Aggiungiamo che senza la similitudine tra i due rami *a-C* e *b-C* sarebbe stata necessaria una maggior copia di calcoli ed una costruzione per risalire alle correnti parziali in valore e fase e per verificarne poi l'attendibilità come quella fatta per la fig. 80.

In generale il procedimento ora seguito fornisce solo valori di prima approssimazione pur richiedendo un notevole complesso di calcoli e disegni.

V. – Soluzione rigorosa del problema.

1) *Calcolo analitico diretto.*

Infine a controllo e confronto sia del metodo grafico che è stato lo scopo primo di questo studio, sia degli altri metodi approssimati esposti procediamo alla soluzione analitica rigorosa del problema.

Si tratta di risolvere il sistema delle cinque equazioni già viste. Impieghiamo i numeri complessi, prendendo come asse degli immaginari la direzione del vettore **V**, che essendo già noto in valore numerico possiamo ritenere completamente determinato ed indicare con $j\,V$.

Incognite restano solo le cinque correnti di forma complessa, per la determinazione delle quali sono sufficienti le cinque equazioni pure complesse.

Noti sono invece i seguenti valori (in Ohm le x e le z ed in Volt la V):

$\mathbf{x_a} = j\,56,4$
$\mathbf{x_b} = j\,44$
$\mathbf{z} = 19,9 + j\,26,7$
$\mathbf{z_1} = 29,9 + j\,21,4$
$\mathbf{z_2} = 39,9 + j\,28,4$
$\mathbf{V} = j\,22\,000.$

Prima di abbandonare le equazioni vettoriali riduciamo alla forma più semplice:

1) $\mathbf{I_1} = \mathbf{I_a} + \mathbf{I}$
2) $\mathbf{I_2} = \mathbf{I_b} - \mathbf{I}$
3) $\mathbf{x_a I_a} + \mathbf{z_1 I_1} = \mathbf{V}$
4) $\mathbf{x_b I_b} + \mathbf{z_2 I_2} = \mathbf{V}$
5) $\mathbf{x_b I_b} + \mathbf{zI} + \mathbf{z_1 I_1} = \mathbf{V}$

Introducendo nella 3), 4) e 5) i valori di $\mathbf{I_a}$ ed $\mathbf{I_b}$ ottenuti dalla 1) e 2):

3') $\mathbf{I_1} = \dfrac{\mathbf{V} + \mathbf{x_a I}}{\mathbf{x_a} + \mathbf{z_1}}$

4') $\mathbf{I_2} = \dfrac{\mathbf{V} - \mathbf{x_b I}}{\mathbf{x_b} + \mathbf{z_2}}$

5') $\mathbf{x_b I_2} + \mathbf{x_b I} + \mathbf{z\,I} + \mathbf{z_1 I_1} = \mathbf{V}$

e sostituendo $\mathbf{I_1}$ ed $\mathbf{I_2}$ ricavati dalla 3') e 4') nella 5')

6) $\mathbf{x_b}\,\dfrac{\mathbf{V} - \mathbf{x_b I}}{\mathbf{x_b} + \mathbf{z_2}} + \mathbf{x_b I} + \mathbf{zI} + \mathbf{z_1}\,\dfrac{\mathbf{V} + \mathbf{x_a I}}{\mathbf{x_a} + \mathbf{z_1}} = \mathbf{V}$

ed eliminando i denominatori e poi sviluppando:

$$x_b\ (V - x_b I)\ (x_a + z_1) + (x_b + z_2)\ (x_a + z_1)\ (x_b + z)\ I + z_1\ (V + x_a I)\ (x_b + z_2) = (x_b + z_2)\ (x_a + z_1)\ V.$$

$$x_a x_b V + x_b z_1 V - x^2_b x_a I - x^2_b z_1 I + x^2_b x_a I + x^2_b z_1 I + x_a x_b z_2 I + x_b z_1 z_2 I + x_a x_b z I + x_b z z_1 I + x_a z z_2 I + z z_1 z_2 I + x_b z_1 V + z_1 z_2 V + x_a x_b z_1 I + x_a z_1 z_2 I = x_a x_b V + x_b z_1 V + x_a z_2 V + z_1 z_2 V.$$

equazione con 20 termini che si può ridurre alla

$$6')\quad x_b z_1 V + x_a x_b z_2 I + x_b z_1 z_2 I + x_a x_b z I + x_b z z_1 I + x_a z z_2 I + z z_1 z_2 I + x_a x_b z_1 I + x_a z_1 z_2 I = x_a z_2\ V.$$

che contiene 10 termini ed è irriducibile.

Scriviamo la 6') nella forma seguente dove abbiamo cercato di far comparire le impedenze il più possibilmente sotto forma di somma, ciò che agevola il calcolo con gl'immaginari.

$$6'')\quad x_b z_1 V + x_a x_b\ (z + z_1 + z_2)\ I + x_b z_1\ (z + z_2)\ I + x_a z_2\ (z + z_1)\ I + z z_1 z_2 I = x_a z_2\ V.$$

Introducendo a questo punto i valori noti:

$$j\,44\ (29{,}9 + j\,21{,}4)\ j\,22\,000 + j\,56{,}4 \cdot j\,44\ (19{,}9 + j\,26{,}7 + 29{,}9 + j\,21{,}4 + 39{,}9 + j\,28{,}4)\ I + j\,44 \cdot (29{,}9 + j\,21{,}4)\ (19{,}9 + j\,26{,}7 + 39{,}9 + j\,28{,}4)\ I + j\,56{,}4\ (39{,}9 + j\,28{,}4)\ (19{,}9 + j\,26{,}7 + 29{,}9 + j\,21{,}4)\ I + (19{,}9 + j\,26{,}7)\ (29{,}9 + j\,21{,}4)\ (39{,}9 + j\,28{,}4\ I = j\,56{,}4\ (39{,}9 + j\,28{,}4)\ j\,22\,000.$$

e sviluppando

$$- 28\,940 . 10^3 - j\,20\,710 . 10^3 - 222{,}5\ 10^3\ I - j\ 189{,}8 . 10^3\ I + j\ 78{,}7 . 10^3\ I - 72{,}5 . 10^3\ I - 56{,}3 . 10^3\ I - j\ 51{,}9 . 10^3\ I + j\ 112{,}1 . 10^3\ I - 108{,}2 . 10^3\ I - 79{,}7 . 10^3\ I - j\,77 . 10^3\ I + 23{,}75 . 10^3\ I + j\ 16{,}9\ I + j\ 17 . 10^3\ I - 12{,}1 . 10^3\ I + j\,31{,}85\ I - 22{,}68 . 10^3\ I - 22{,}78 . 10^3\ I - j\ .16{,}22 . 10^3\ I = - 49\,500 . 10^3 - j\ 35\,250 . 10^3$$

e riordinando, raccogliendo, dividendo per 10^3 e cambiando di segno:

$$(222{,}5 + 72{,}5 + 56{,}3 + 108{,}2 + 79{,}7 - 23{,}75 + 12{,}1 + 22{,}68 + 22{,}78)\ I + j\ (189{,}8 - 78{,}7 + 51{,}9 - 112{,}1 + 77 - 16{,}9 - 17 - 31{,}85 + 16{,}22)\ .\ I = 49\,500 - 28\,940 + j\ (35\,250 - 20\,710)$$

da cui infine

$$(573{,}6 + j\ 78{,}37)\ I = 20\,560 + j\ 14\,540$$

$$I = \frac{20\,560 + j\ 14\,450}{573{,}6 + j\,78{,}37} = \frac{(20\,560 + j\ 14\,540)\ (573{,}6 - j\,78{,}37)}{573{,}6^2 + 78{,}37^2} = \frac{12\,920 + j\ 6\,725}{335\,045}\ 10^3 = 38{,}6 + j\,20{,}1$$

ed in valore numerico

$$I = \sqrt{38{,}6^2 + 20{,}1^2} = \sqrt{1\,490 + 404} = \sqrt{1\,894} = 43{,}6\ \text{A}.$$

Introducendo il valore complesso di I nella 3'):

$$I_1 = \frac{j\,22\,000 + j\,56{,}4\ (38{,}6 + j\,20{,}1)}{j\,56{,}4 + 29{,}9 + j\,21{,}4} = \frac{-1\,134 + j\,24\,178}{29{,}9 + j\,77{,}8} = \frac{(-1\,134 + j\,24\,178)\ (29{,}9 - j\,77{,}8)}{29{,}9^2 + 77{,}8^2} = \frac{1\,842 + j\,809{,}7}{6\,947}\ 10^3 = 265{,}2 + j\,116{,}6$$

$$I_1 = \sqrt{265{,}2^2 + 116{,}6^2} = \sqrt{83\,950} = 290\ \text{A}.$$

Sostituendo analogamente il valore di I nella 4'):

$$I_2 = \frac{j\,22\,000 - j\,44\ (38{,}6 + j\,20{,}1)}{j\,44 + 39{,}9 + j\,28{,}4} = \frac{885 + j\,20\,302}{39{,}9 + j\,72{,}4} = \frac{(885 + j\,20\,302)\ (39{,}9 - j\,72{,}4)}{39{,}9^2 + 72{,}4^2} = \frac{1\,505{,}3 + j\,745{,}9}{68\,34}\ 10^3 = 220{,}4 + j\ 109{,}2$$

$$I_2 = \sqrt{220{,}4^2 + 109{,}2^2} = \sqrt{60\,530} + 246\ \text{A}$$

Ed infine dalle equazioni 1) e 2):

$$I_a = I_1 - I = (265{,}2 + j\ 116{,}6) - (38{,}6 + j\ 20{,}1) = 226{,}6 + j\ 96{,}5$$

$$I_a = \sqrt{226{,}6^2 + 96{,}5^2} = \sqrt{60\,710} = 247\ \text{A}$$

$$I_b = I_2 + I = 220{,}4 + j\ 109{,}2 + 38{,}6 + j\ 20{,}1 = 259 + j\ 129{,}3$$

$$I_b = \sqrt{259^2 + 129{,}3^2} = \sqrt{83\,791} = 289{,}5\ \text{A}$$

Siamo così arrivati alla determinazione in valore numerico e fase delle cinque correnti incognite. La soluzione è stata assai laboriosa. Vediamo se è possibile arrivare più facilmente agli stessi risultati seguendo il sistema precedentemente adottato delle trasformazioni successive del circuito.

2) *Trasformazione del circuito.*

Il circuito oggetto dei nostri calcoli può essere rappresentato come nella fig. 96.

Uno dei modi per semplificare il problema è quello di trasformare il triangolo nella stella equivalente.

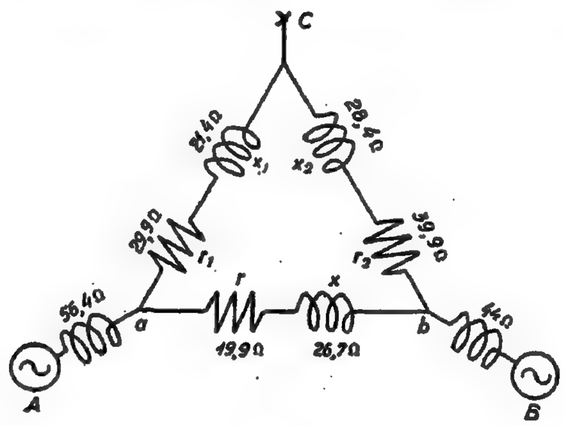


Fig. 96.

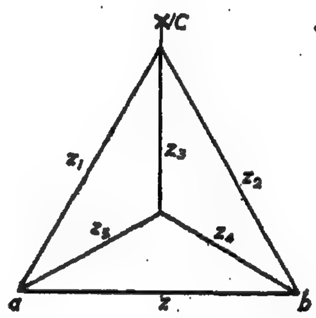


Fig. 97.

Sono note le formule all'uopo necessarie che permettono conoscendo z, z_1 e z_2 di ricavare z_3, z_4, z_5 (fig. 97):

$$z_3 = \frac{z_1\ .\ z_2}{z + z_1 + z_2};\quad z_4 = \frac{z_2\ .\ z}{z + z_1 + z_2};\quad z_5 = \frac{z\ .\ z_1}{z + z_1 + z_2}$$

Applicando queste formule al caso nostro, dove sono note

$$z = 19{,}9 + j\,26{,}7;\quad z_1 = 29{,}9 + j\,21{,}4;\quad z_2 = 39{,}9 + j\,28{,}4$$

abbiamo:

$$z_3 = \frac{(29{,}9 + j\,21{,}4)\ (39{,}9 + j\,28{,}4)}{19{,}9 + j\,26{,}7 + 29{,}9 + j\,21{,}4 + 39{,}9 + j\,28{,}4} = \frac{585 + j\,1\,703}{89{,}7 + j\,76{,}5} = \frac{(585 + j\,1\,703)\ (89{,}7 - j\,76{,}5)}{89{,}7^2 + 76{,}5^2} = 13{,}15 + j\,7{,}775 \quad \begin{cases} r_3 = 13{,}15 \\ x_3 = 7{,}775 \end{cases}$$

$$z_4 = \frac{z\ .\ z_2}{z + z_1 + z_2} = \frac{(19{,}9 + j\,26{,}7)\ (39{,}9 + j\,28{,}4)}{89{,}7 + j\,76{,}5} = \frac{36 + j\,1\,634}{89{,}7 + j\,76{,}5} = \frac{(36 + j\,1\,634)\ (89{,}7 - j\,76{,}5)}{89{,}7^2 + 76{,}5^2} = 9{,}17 + j\ 10{,}34 \quad \begin{cases} r_4 = 9{,}17 \\ x_4 = 10{,}34 \end{cases}$$

$$z_s = \frac{z \cdot z_1}{z + z_1 + z_2} = \frac{(19,9+j\,26,7)\,(29,9+j\,21,4)}{89,7+j\,76,5} = \frac{23,5+j\,1\,224}{89,7+j\,76,5} =$$

$$= \frac{(23,5+j\,1\,224)\,(89,7-j\,76,5)}{89,7^2+76,5^2} = 6,89 + j\,7,77 \quad \begin{cases} r_s = 6,89 \\ x_s = 7,77 \end{cases}$$

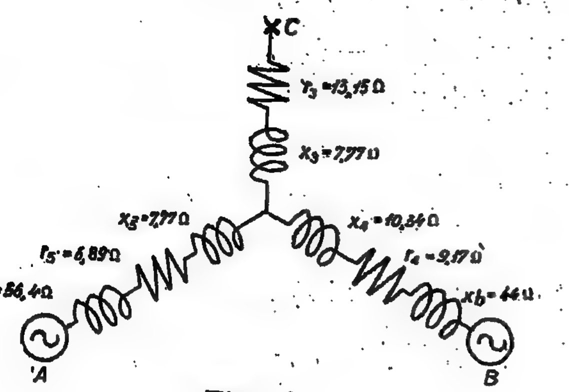


Fig. 98.

Abbiamo così trasformato la fig. 96 in quella 98.

Sommando alle x_4 ed x_5 rispettivamente x_b ed x_a perveniamo allo schema della fig. 99:

$$x_4 + x_b = 10,34 + 44 = 54,34\ \Omega\ ;\ x_5 + x_a = 7,77 + 56,4 = 64,17\ \Omega$$

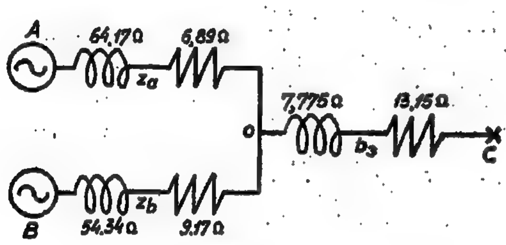


Fig. 99.

Ricordiamo adesso, ancora una volta, che in base alle premesse fatte è da ritenersi che tra il punto *C* (tensione nulla) ed i punti *A* - *B* sussista la stessa differenza di potenziale **V**. In altre parole possiamo pensare coincidenti *A* con *B*, ciò che permette di trattare le impedenze z_a e z_b come rami di un arco doppio, trasformabile con le solite formule nel modo seguente:

$$r_{ab} = \frac{(6,89^2 + 64,17^2)\ (9,17^2 + 54,34^2)}{9,17\,(6,89^2 + 64,17^2) + 6,89\,(9,17^2 + 54,34^2)} =$$

$$= \frac{4\,162,5 \cdot 3\,036}{38\,600 + 20\,920} = \frac{1\,263 \cdot 10^4}{5\,952} = 212,2\ \Omega$$

$$x_{ab} = \frac{(6,89^2 + 64,17^2)\ (9,17^2 + 54,34^2)}{54,34\,(6,89^2 + 64,17^2) + 64,17\,(9,17^2 + 54,34^2)} =$$

$$= \frac{1\,263 \cdot 10^4}{(2\,262 + 1\,948)\,10^2} = \frac{1\,263 \cdot 10^2}{421} = 30\ \Omega$$

$$z_{ab} = \frac{212,2 \cdot 30}{\sqrt{212,2^2 + 30^2}} = \frac{6\,370}{214} = 29,75\ \Omega$$

$$r'_{ab} = \frac{29,75^2}{212,2} = \frac{885}{212,2} = 4,17\ \Omega$$

$$x'_{ab} = \frac{885}{30} = 29,5\ \Omega$$

Il circuito è ridotto alla fig. 100 ed a quella 101 che ne consegue:

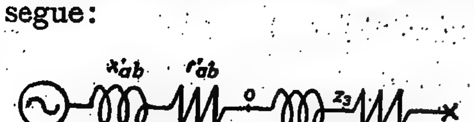


Fig. 100.



Fig. 101.

L'impedenza relativa alla fig. 101 è:

$$z = \sqrt{37,27^2 + 17,32^2} = \sqrt{1\,688} = 41,1\ \Omega$$

ed il valore numerico della corrente totale richiamata dal c. c. in *C* risulta in fine:

$$I_c = \frac{22\,00\ \text{V}}{41,1\ \Omega} = 535\ \text{A}$$

che coincide, come era naturale, col valore numerico della somma $\mathbf{I}_1 + \mathbf{I}_2$ dianzi trovato.

Avuta la I_c totale possiamo ora col sistema già visto (confr. per es. la fig. 80) risalire alle correnti singole prima nei tre rami della stella, poi nei tre lati del triangolo.

All'uopo, in base alla fig. 101, fatto **OE** pari alla **V** in valore e direzione prendiamo (fig. 102) sul semicerchio di diametro *OE*

$$PE = 37,27 \times 535 = 19\,930\ \text{V}$$
$$OP = 17,32 \times 535 = 9\,260\ \text{V}$$

La **OP** diventa la direzione della $\mathbf{I}_c$ e della $\mathbf{I}_s$.

Fissato su

PE il punto *M* tale che $PM = x'_{ab} \cdot I_c = 29,5 \times 535 = 15\,780$ V

e su

OP il punto *N* tale che $NP = r'_{ab} \cdot I_c = 4,17 \times 535 = 2\,230$ V

risulta **MN** la tensione alle estremità dell'arco doppio ossia tra (*A* - *B*) ed *O* (fig. 99), essendo

$$MN = \sqrt{NP^2 + MP^2} = \sqrt{15\,780^2 + 2\,230^2} =$$
$$= \sqrt{249,2 \cdot 10^6 + 497,5 \cdot 10^4} = \sqrt{25\,417 \cdot 10^4} = 15\,940\ \text{V}$$

Nel semicerchio con diametro $MN = 15\,940$ V inscriviamo le cadute nei due rami *A O* e *B O* (fig. 99). Le correnti relative sono

$$I_a = \frac{15\,940}{z_a} = \frac{15\,940}{\sqrt{64,17^2 + 6,89^2}} = \frac{15\,940}{\sqrt{4\,162,5}} = \frac{15\,940}{64,5} = 247\ \text{A}$$

$$I_b = \frac{15\,940}{z_b} = \frac{15\,940}{\sqrt{54,34^2 + 9,17^2}} = \frac{15\,940}{\sqrt{3\,034}} = \frac{15\,940}{55,1} = 289,5\ \text{A}$$

e quindi le cadute stesse nei due rami *A O* e *B O* risultano rispettivamente:

ohmica	induttiva
1 700 V (in fig. 102 NP_1);	15 850 V (in fig. 102 P_1M);
2 655 V (» » » NP_2);	15 740 V (» » » P_2M).

Abbiamo così in $\mathbf{NP_1}$ la direzione di $\mathbf{I}_a$ ed in $\mathbf{NP_2}$ la direzione $\mathbf{I}_b$.

Adesso in base alla fig. 98 separiamo le cadute lungo x_a ed x_b dalle rimanenti prendendo nel disegno:

$MM_1 = x_a I_a = 56,4 \cdot 247 = 13\,930$ V per cui resta
$P_1M_1 = x_5 I_a = x_5 I_5 = 1\,920$ V

$MM_2 = x_b I_b = 44 \cdot 289,5 = 12\,740$ V per cui resta
$P_2M_2 = x_4 I_b = x_4 I_4 = 3\,000$ V

cosicchè:

$\mathbf{NM_1}$ ed $\mathbf{NM_2}$ risultano le cadute lungo z_5 e z_4 (composte rispettivamente di $\mathbf{NP_1}+\mathbf{P_1M_1}$ e di $\mathbf{NP_2}+\mathbf{P_2M_2}$) mentre **OE'** (composto di $\mathbf{ON}+\mathbf{NE'}$, essendo $\mathbf{NE'} = \mathbf{ME}$) è la caduta lungo z_3.

In possesso di queste tre cadute nei rami della stella (fig. 97) possiamo facilmente trovare le cadute nei lati del triangolo, e

poichè questi tre lati $\mathbf{z}$, $\mathbf{z}_1$ e $\mathbf{z}_2$ li conosciamo avremo le tre correnti relative:
essendo

$$NE' = ME = x_3 I_3 = 4\,150 \text{ V}$$

viene:

$$z_3 I_3 = OE' = \sqrt{7\,040^2 + 4\,150^2} = 8\,170 \text{ V}$$

e d'altra parte:

$$z_4 z_4 = NM_2 = E'M_4 = \sqrt{2\,655^2 + 3\,000^2} = 4\,000 \text{ V}$$

$$z_5 I_5 = NM_1 = E'M_3 = \sqrt{1\,700^2 + 1\,920^2} = 2\,563 \text{ V}$$

ed ancora (figg. 97 e 100)

$$\mathbf{z}_3 \mathbf{I}_3 + \mathbf{z}_5 \mathbf{I}_5 = \mathbf{z}_1 \mathbf{I}_1; \qquad \mathbf{OE}' + \mathbf{E}'\mathbf{M}_3 = \mathbf{OM}_3 = 10\,670 \text{ V}$$

e poichè $z_1 = 36{,}8\ \Omega$

$$\text{risulta } I_1 = \frac{10\,670}{36{,}8} = 290 \text{ A}$$

$$\mathbf{z}_3 \mathbf{I}_3 + \mathbf{z}_4 \mathbf{I}_4 = \mathbf{z}_2 \mathbf{I}_2; \qquad \mathbf{OE}' + \mathbf{E}'\mathbf{M}_4 = \mathbf{OM}_4 \text{ pari a } 12\,050 \text{ V}$$

e poichè $z_2 = 49\ \Omega$

risulta

$$I_2 = \frac{12\,050}{49} = 246 \text{ A}$$

$$\mathbf{z}_2 \mathbf{I}_2 - \mathbf{z}_1 \mathbf{I}_1 = \mathbf{zI}; \qquad \mathbf{zI} = \mathbf{M}_3\mathbf{M}_4 \text{ pari a } 1\,450 \text{ V}$$

e poichè $z = 33{,}3\ \Omega$

$$I = \frac{1\,450}{33{,}3} = 43{,}6 \text{ A}$$

Note così I, I_1 ed I_2 in valore possiamo precisarne la direzione in base alle componenti delle impedenze $\mathbf{z}$, $\mathbf{z}_1$ e $\mathbf{z}_2$ relative, come si vede fatto nella fig. 102 seguendo il metodo già visto.

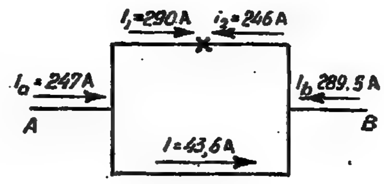


Fig. 103.

Questa soluzione per trasformazioni successive del circuito è così finita ed i risultati sono ancora gli stessi in quanto di pari passo col disegno abbiamo controllato le singole grandezze col calcolo. Il tempo impiegato è stato un po' minore di quello necessario col calcolo analitico diretto.

I valori numerici ottenuti con la soluzione esatta sono raccolti nella fig. 103.

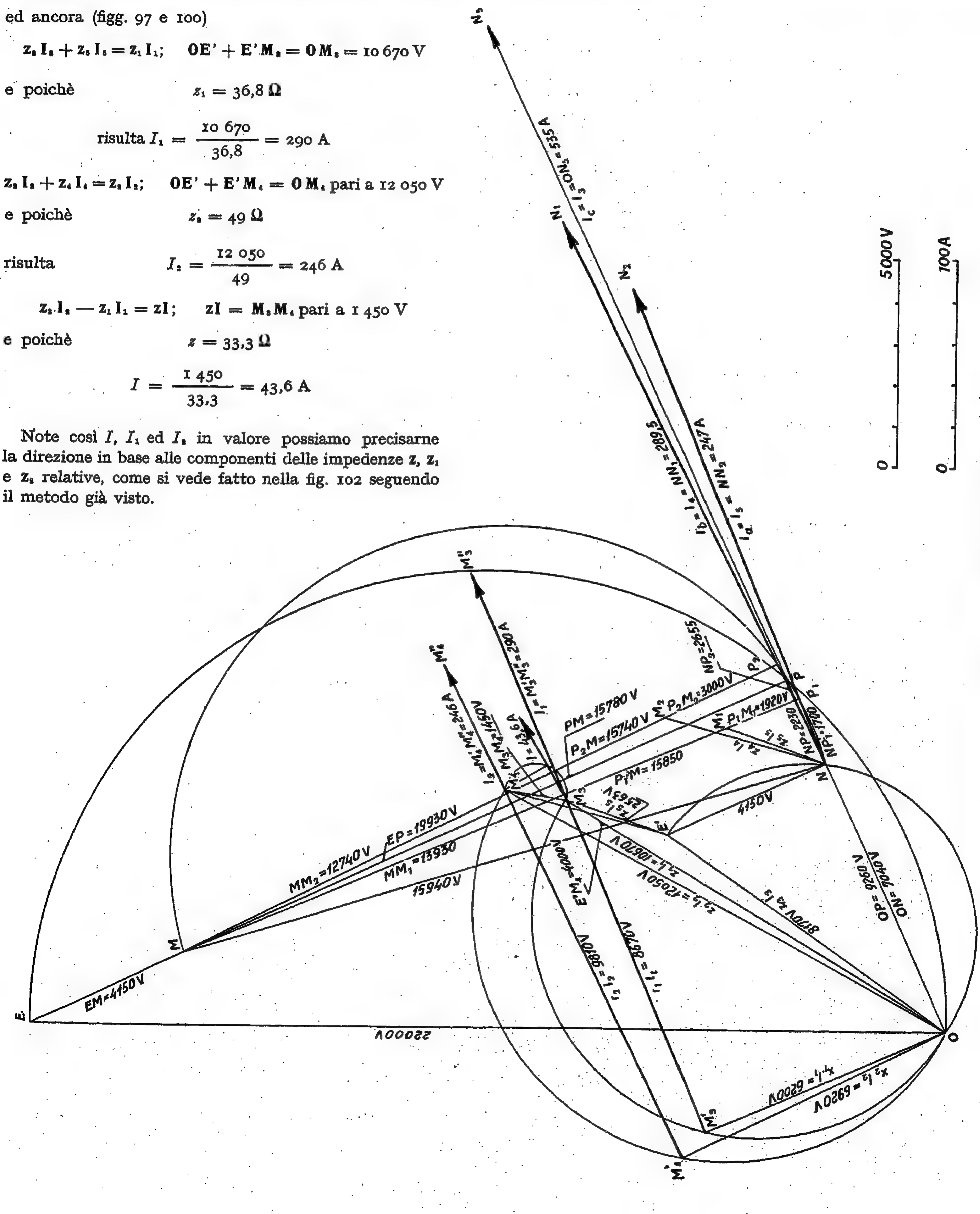


Fig. 102. - Grafico ausiliario del calcolo analitico previa trasformazione del circuito.

VI. – Confronto tra i diversi metodi.

1) *Esattezza e rapidità dei metodi approssimati.*

Di volta in volta fu già fatto un primo confronto tra i risultati ottenuti con i diversi procedimenti.

In possesso ora dei valori precisi delle varie grandezze è possibile ed opportuno ribadire ed estendere in forma conclusiva le considerazioni precedenti. Anzitutto è qui d'uopo ricordare che necessitano non i soli valori numerici ma quelli vettoriali. Non va infatti dimenticato che le correnti di corto circuito interessano oltre il dimensionamento degli interruttori riduttori ed apparecchiature in genere sopratutto il funzionamento dei sistemi protettivi. Ed è di primaria importanza a questo riguardo la conoscenza della fase delle correnti rispetto alle tensioni nei singoli tronchi della rete, principalmente se s'impiegano relais wattmetrici. Basta infatti pensare che durante un corto circuito restano inserite solo le reattanze degli alternatori e dei trasformatori, le impedenze delle linee di trasmissione e le eventuali reattanze delle bobine limitatrici predisposte, per capire che gli sfasamenti sono in questi casi sempre fortissimi (serva d'esempio l'esercizio sviluppato) e le cattive condizioni in cui vengono allora a trovarsi i riduttori (per di più con nuclei a forte induzione per limitare le sovraccorrenti secondarie) al servizio di questi relais e la necessità di averne riguardo.

Orbene oltre che nei valori numerici (per i quali si confrontino le figg. 48, 68, 71, 84, 95 con la 103) appunto (e più ancora) per la fase il metodo da noi applicato supera in esattezza le altre soluzioni approssimate. Basta per convincersene confrontare le direzioni dei singoli vettori come compaiono nelle figure 69-70, 80, 89 e 102, avuto riguardo che quest'ultime sono rigorosamente esatte. Questo è tanto più vero in quanto la *media dei valori limiti* è una soluzione appropriata all'esercizio numerico sviluppato ma che in altri casi potrebbe fallire completamente (non è quindi un *metodo* ma un procedimento che può adattarsi in casi particolari) e la *trattazione dei vettori come grandezze scalari* ammette senz'altro tutte le correnti in fase tra di loro ed a 90° con la tensione **V**. Della fig. 69 poi per rendere preciso il confronto bisognerebbe rettificare (di tanto poco che si può farlo a sentimento) la direzione delle correnti per avere trasportato *H''* e *K''* in *E''*, ciò che per la fig. 70 non è neppure il caso di fare tanto *H''* e *K''* sono vicini tra di loro.

A confronto avvenuto possiamo quindi confermare che le soluzioni esposte al Cap. IV danno luogo ad errori notevoli mentre il nostro metodo grafico risulta praticamente esatto.

Riteniamo perciò dimostrata la superiorità del nostro rispetto agli altri procedimenti approssimati per quel che riguarda l'esattezza.

Per quel che riguarda la rapidità osserviamo che fra i metodi trattati nello stesso Cap. IV sarebbe preferibile il 1° che però pecca eccessivamente di inesattezza. Gli altri due richiedono dei disegni che se non sono complicati come quelli del nostro metodo poco ci manca e per di più danno luogo a sviluppi analitici lunghi e faticosi. D'altra parte tutti e tre non risolvono niente di sicuro in quanto non offrono gli elementi per giudicare della loro approssimazione, ciò che invece è caratteristico del nostro procedimento che ne dà la sensazione precisa attraverso la vicinanza dei punti come *H'' - K''*, e dalla differenza fra le successive V_c ed I_c. È pur vero che per le altre soluzioni approssimate si potrà fare una verifica risalendo in base ai risultati ottenuti alla tensione **V** com'è stato fatto per la fig. 80. Ma una verifica a soluzione finita può voler dire soltanto che bisogna ricominciare da capo o procedere diversamente.

2) *Corrispondenza del metodo grafico oggetto del presente studio con la soluzione rigorosa dal problema.*

Resta il confronto del nostro metodo con la soluzione rigorosa data al Cap. V.

A proposito già nel Cap. II avevamo messo in rilievo la corrispondenza tra il metodo grafico oggetto del presente studio e la soluzione analitica esatta (che all'uopo avevamo pure tradotto in disegno) e fatto vedere che per circuiti alimentati da una sola centrale le due soluzioni diventano coincidenti (V. fig. 6).

Tutto ciò è stato poi convalidato dal 1° esempio numerico nel quale il calcolo analitico e quello grafico hanno portato alle stesse correnti di c. c. tanto in valore quanto in fase (V. fig. 23).

Una tale dimostrazione, di principio, non era possibile darla preventivamente per il caso di circuiti alimentati da più centrali. Ma a questo punto possiamo senz'altro estendere la dimostrazione stessa.

Basta infatti osservare che l'ultimo tentativo grafico delle figure 31 e 53 non è che la traduzione in disegno del sistema delle 5 equazioni che riflettono il problema, (a parte un fattore numerico f_c che noi abbiamo chiamato *fattore di conversione*).

Per controllare meglio questo asserto riferiamoci a quella parte della fig. 31 che riflette il 3° tentativo fatto e che abbiamo riportata per chiarezza nella fig. 69. Esaminando questa si vede che (ammesso *H''* e *K''* coincidenti in *E''*):

il triangolo	$O\,C_1\,Q$	rappr. l'equaz.	1) $\mathbf{I}_1 = \mathbf{I}_a + \mathbf{I}$
»	$O\,D_2'\,D_1'$	» »	2) $\mathbf{I}_2 = \mathbf{I}_b - \mathbf{I}$
la spezzata	$ON\,M_3\,H''$	» »	3) $x_a\mathbf{I}_a + z_1\mathbf{I}_1 = \mathbf{V}$
»	$ON'_2\,N_2'\,K''$	» »	4) $x_b\mathbf{I}_b + z_2\mathbf{I}_2 = \mathbf{V}$
»	$ON'_2N_1'\,N\,M_3H''$	» »	5) $x_b\mathbf{I}_b + z\mathbf{I} + z_1\mathbf{I}_1 = \mathbf{V}$

Per le tre ultime equazioni le *z* compaiono nel disegno scomposte nelle *r* e nelle *x* corrispondenti.

I valori numerici trovati per le correnti elementari sono quelli riassunti nella fig. 47 e che moltiplicati per le relative resistenze e reattanze forniscono le seguenti tensioni, già viste:

tensione		*valore*	vettore (fig. 69)
$x_a I_a$		112,8 V	ON
$z_1 I_1$	$x_1 I_1$	50,3 »	$M_3\,H''$
	$r_1 I_1$	70,2 »	$N\,M_3$
$x_b I_b$		100 »	$O\,N'_2$
$z_2 I_2$	$x_2 I_2$	54,8 »	$N'_2 K''$
	$r_2 I_2$	77 »	$N'_2 N'_2$
$z\,I$	$x\,I$	10,28 »	$N'_1 N_2'$
	$r\,I$	7,66 »	$N\,N'_1$

Questi valori conducono a due punti *H''* e *K''* distinti: è quanto dire che il disegno non risolve esattamente il sistema delle 5 equazioni, ossia che le correnti che ivi compaiono non sono del tutto esatte in valore e direzione in quanto non si perviene ad un unico vettore **V**. Si tratta cioè, come fu detto, di una soluzione approssimata, per altro poco discosta da quella esatta, alla quale più ancora ci si avvicina prendendo *E''*, punto medio di *H'' K''*, come estremo del vettore $V_{cc} = \dfrac{V}{f_c}$.

Se lo stesso ragionamento si applica alla fig. 70 si vede che si è ancora più prossimi al vero.

Comunque risalta ora la correttezza del metodo il quale appare come una soluzione per approssimazioni successive del sistema delle equazioni già viste. Partendo da una direzione ed un valore elementare fisso (2 A) per la corrente erogata da una delle centrali, la soluzione grafica non fa che avvicinarsi ad ogni tentativo di più verso la giusta posizione di **V**, raggiunta la quale anche le cinque correnti restano precisate in valore e fase.

A questo punto si può anche dire che non poteva essere diversamente, che cioè una soluzione grafica corretta non poteva non racchiudere l'immagine della soluzione analitica. Mentre questa però è lunga e faticosa ed ha pure bisogno del corredo di un disegno per mettere in rilievo la posizione reciproca dei singoli vettori, dopo qualche tentativo lo stesso risultato viene raggiunto con minor tempo e maggiore facilità

dal nostro metodo, che ha inoltre il pregio di presentare direttamente la soluzione nella forma vettoriale, la più adatta alle deduzioni ed in genere all'uso che se ne deve fare.

Il metodo grafico è poi di per sè stesso più intuitivo, di esecuzione facile e poichè le varie operazioni si controllano a vicenda arrivando alla fine si può essere sicuri di non aver commesso errori.

Una costruzione come la fig. 31 è solo apparentemente complicata perchè se bene si osserva essa corrisponde a ripetere tre volte (e non completamente) una figura semplice come la n. 69. In questo lavoro per necessità di dimostrazione nelle figg. 31 e 53 sono state tracciate molte linee che altrimenti sarebbero state superflue. La successione dei valori delle correnti risultanti dai vari tentativi, alternativamente maggiori o minori di quelli finali, l'alternarsi della direzione di $\mathbf{I}_c$ e $\mathbf{V}_c$ e della posizione di $\mathbf{V}_{co}$ costituiscono altrettanti elementi di controllo che agevolano la giusta esecuzione del calcolo grzfico.

Dopo quanto precede si può affermare che il metodo da noi studiato, che chiameremo *metodo grafico di compensazione*, è pur esso rigoroso nel principio informativo in quanto la sua soluzione limite coincide con quella teorica: è approssimato invece il procedimento essendo affidato al disegno e ad un diverso numero di tentativi.

In effetto poi dopo non più di tre di questi si arriva a risultati che differiscono dal vero di pochi per cento (come nell'esercizio sviluppato) e che per ogni applicazione si possono perciò ritenere più che esatti.

Questo sia detto sopratutto a distinzione dai metodi esposti al Cap. IV., nei quali è effettivamente approssimata l'origine. perchè a base di ipotesi semplificative, mentre è rigoroso lo sviluppo (a parte anche qui l'eventuale disegno) col risultato di arrivare tuttavia a valori errati in misura notevole e spesso intollerabile.

VII. – Estensione dell'uso del " metodo grafico di compensazione „

Per necessità di dimostrazione, per potere cioè meglio commentare e chiarire il procedimento, abbiamo limitato l'applicazione del metodo studiato al caso di corto circuito in un *anello alimentato da un solo o da due punti*. Ma è ovvio che nessuna limitazione esiste da questo lato. Aggiungiamo anzi che con la complicazione della rete il metodo diventa man mano più vantaggioso in quanto rispetto ai procedimenti a base d'ipotesi semplificative conserva le ragioni di preferenza già esposte e rispetto al metodo analitico rigoroso guadagna rapidamente in tempo e sopratutto in semplicità senza scapitare in esattezza.

Basta osservare a questo proposito che anche in un caso come quello trattato, se le centrali *A* e *B* anzichè direttamente

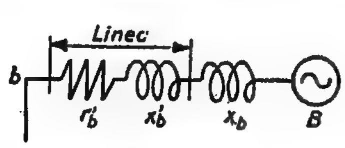


Fig. 104.

fossero collegate all'anello attraverso una linea, per cui per es. al posto di $\mathbf{x}_b$ si dovesse considerare una impedenza (fig. 104).

$$\mathbf{z}_b = \mathbf{r'}_b + j\,(\mathbf{x}_b + \mathbf{x'}_b)$$

ed al posto di x_a una $\mathbf{z}_a$, l'equazione 6'') del Cap. precedente che è raccolta in 6 termini diventerebbe di 13 termini, duplicando i già troppo lunghi sviluppi successivi.

La soluzione grafica invece si svolgerebbe identicamente e solo nel calcolare di volta in volta il contributo della centrale *B* (supposto d'aver sezionato *A*) anzi che fare $\mathbf{I}_b = \dfrac{\mathbf{V}_b}{\mathbf{x}_b}$ e prendere $\mathbf{I}_b$ normale a $\mathbf{V}_b$ si dovrebbe fare $\mathbf{I}_b = \dfrac{\mathbf{V}_b}{\mathbf{z}_b}$ e per avere la direzione della corrente basterebbe tracciare con diametro $\mathbf{V}_b$ un arco di cerchio ed inscrivervi $(\mathbf{x}_b + \mathbf{x'}_b)\ \mathbf{I}_b$ ed $\mathbf{r'}_b\mathbf{I}_b$ in modo d'avere la direzione stessa secondo quest'ultima componente: un'operazione di pochi minuti e di nessuna difficoltà.

Se poi passiamo ad un *anello alimentato in tre punti* (e ben inteso col corto circuito non in un punto d'alimentazione) mentre il nostro metodo si svolge con il meccanismo già visto ed aumentando di poco le difficoltà del disegno, analiticamente si arriva ad un sistema di 7 equazioni vettoriali ch'è arduo

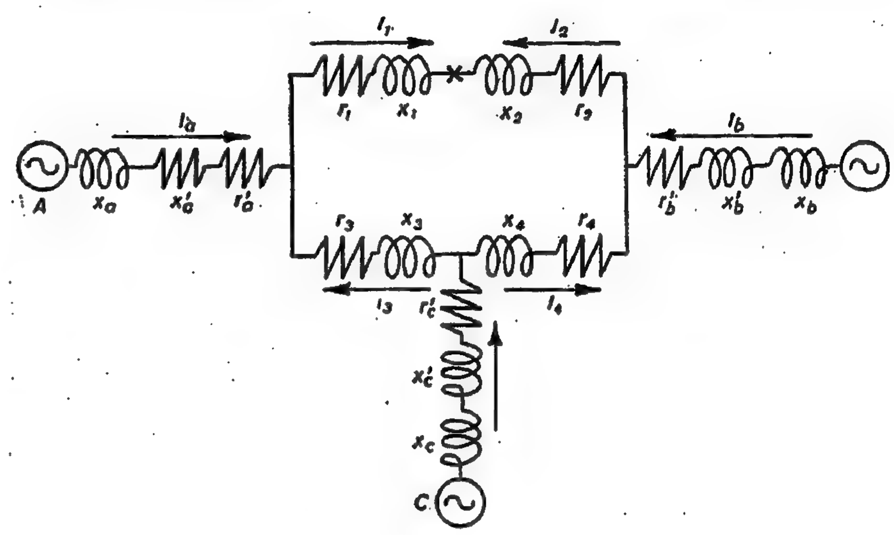


Fig. 105.

risolvere, tanto più se come prima si diceva, le centrali sono collegate all'anello attraverso linee di resistenza non trascurabile (fig. 105).

In caso simile abbiamo infatti:

1) $\mathbf{I}_1 = \mathbf{I}_a + \mathbf{I}_3$
2) $\mathbf{I}_2 = \mathbf{I}_b + \mathbf{I}_4$
3) $\mathbf{I}_c = \mathbf{I}_3 + \mathbf{I}_4$
4) $\mathbf{z}_a\mathbf{I}_a + \mathbf{z}_1\mathbf{I}_1 = \mathbf{V}$
5) $\mathbf{z}_b\mathbf{I}_b + \mathbf{z}_2\mathbf{I}_2 = \mathbf{V}$
6) $\mathbf{z}_c\mathbf{I}_c + \mathbf{z}_3\mathbf{I}_3 + \mathbf{z}_1\mathbf{I}_1 = \mathbf{V}$
7) $\mathbf{z}_c\mathbf{I}_c + \mathbf{z}_4\mathbf{I}_4 + \mathbf{z}_2\mathbf{I}_2 = \mathbf{V}$

Per la soluzione di questo sistema lineare serve la regola di Cramer. Ma se l'impiego dei determinanti semplifica le notazioni e precisa la via più rapida da seguire, dovendo arrivare a risultati numerici non ci si può sottrarre dallo sviluppo completo ed in fine dall'introdurre i valori in forma complessa. Si perviene ad espressioni interminabili e quindi praticamente da bandire.

Gli altri metodi trattati accentuano le deficienze già messe in rilievo.

Per *reti chiuse alimentate da quattro o più centrali* si può estendere quanto precede con più forte ragione. Naturalmente in tal caso anche il disegno si complica ma in proporzione esso aumenta il vantaggio. D'altra parte la sua complicazione sarà semplicemente grafica e quindi non difficoltà vera ma questione sopratutto di spazio, e non è detto che si debba sempre disegnare nei limiti di una pagina (cm 22×28) come abbiamo voluto fare per l'originale della fig. 53.

Si può accennare a questo punto che complicandosi la rete vengono in ausilio i *modelli*. Questi hanno parecchie analogie col nostro metodo: i concetti delle *correnti elementari*, ed il *fattore di conversione* sono comuni. Il loro allestimento è però opera tutt'altro che semplice e spesso niente affatto conveniente per i mezzi che richiede: resistenze tarate e regolabili, strumenti di misura, batterie d'alimentazione ecc. L'uso dei modelli d'altronde corrisponde alla soluzione passata in rassegna del *trattamento dei vettori come grandezze scalari* della quale abbiamo

messo in rilievo i punti deboli. Ripeteremo che questa soluzione, come l'impiego dei modelli, è consigliabile solo quando nella rete in esame le resistenze siano trascurabili rispetto alle reattanze (o viceversa) ciò che è più facile che si avveri per tensioni molto elevate (o molto basse, a parte le correnti continue). A proposito abbiamo esaminato casi pratici fino a 50 kV riscontrando ancora opportuno per l'esattezza l'uso del nostro procedimento grafico.

Il quale del resto è naturalmente applicabile anche se resistenze e reattanze si suppongono in fase (o si trascurano le une o le altre), in altre parole se si ritiene scalare il sistema delle equazioni inerente al problema. In questo caso la soluzione algebrica ed i modelli sono d'uso naturale ma il *metodo di compensazione* si semplifica pure enormemente riducendosi ad una successione di somme e sottrazioni di segmenti su due assi (oltre qualche operazione da fare a parte come negli esercizi precedenti), con una rapidità che riteniamo lo renda ancora preferibile.

Tornano in mente a questo proposito degli apparecchi meccanici ideati e costruiti per la soluzione di sistemi di equazioni lineari (1) e ci pare che l'applicazione del nostro metodo possa costituire la base per l'impiego di uno di questi apparecchi (sempre per il caso di reti chiuse ossia con la condizione analitica che la colonna dei termini noti del sistema corrispondente di equazioni ridotto in forma canonica abbia un unico valore non nullo: quello della V) dalla forma più semplice: due assi di riferimento graduati e muniti di una scala unica e di diversi cursori. Ragioni di praticità potranno consigliare di rendere i cursori liberi l'uno rispetto all'altro e di disporre nel contempo di qualche spina trasportabile: noi non intendiamo a questo punto costruire l'apparecchio, ci basta di averne espressa l'idea.

Semplificazioni notevoli si hanno pure nel disegno, pur tenendo distinte le r dalle x, nel caso, frequente in pratica, in cui i vari tratti di linea siano simili ossia che tutto l'anello sia costituito con lo stesso conduttore egualmente disposto.

Per quel che riguarda i modelli osserviamo d'altra parte che essi appartengono, in certo qual modo ed indirettamente, al campo sperimentale e quindi ad un gruppo di metodi laterali a quelli fra i quali abbiamo ritenuto di poter inserire con successo il nostro, che consiste in un puro e semplice sistema di calcolo che ha da essere nel suo sviluppo fiancheggiato dal controllo fisico del problema.

Nel *campo sperimentale* sono stati escogitati (di recente anche in Italia) diversi metodi dei quali ci limiteremo ad un richiamo bibliografico non esistendo per un raffronto diretto una base precisa, ciò che d'altra parte ci trasporterebbe lontano dai limiti che, almeno per ora, ci siamo imposti.

Le possibilità d'impiego del *metodo grafico di compensazione* appaiono dunque generali per le reti chiuse potendo queste essere alimentate in un numero arbitrario di punti ed avere qualunque valore nel rapporto $\frac{x}{r}$, compreso quindi il caso limite delle correnti continue.

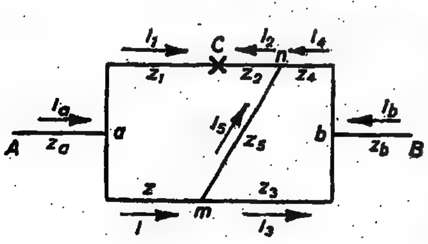


Fig. 106.

Ci si può chiedere cosa succede se *l'anello presenta delle diagonali*; caso che fin'ora abbiamo tenuto lontano.

Rispondiamo che il metodo è ancora applicabile, naturalmente con qualche variante. Nel caso per es. schematizzato nella fig. 106, converrebbe sezionare la centrale A e partire non con 2 ma con 4 ampère, seguendo i percorsi:

$A\,a\,C$ con 2 A
$A\,a\,m\,n\,C$ con 2 A fino in m e con 1 A nel tratto $m\,n\,C$
$A\,a\,m\,b\,n\,C$ con 2 A fino in m e con 1 A nel tratto $m\,b\,n\,C$

Operando come dianzi si arriverebbe dopo un primo tentativo ad una certa distribuzione di correnti e nelle tensioni a tre punti H-L-K (seguire per analogia la fig. 31) non coincidenti e fra i quali avremmo da considerare le differenze HL ed LK che provocherebbero nei due circuiti chiusi $C\,a\,m\,n\,C$ e $C\,n\,m\,b\,n\,C$ rispettivamente le correnti di circolazione I'_c ed I''_c. In un secondo tentativo queste andrebbero composte con le precedenti (ciascuna nella maglia che le compete) e ripetendo il percorso le diverse cadute ci porterebbero a tre punti H'-L'-K' già avvicinati e che in un terzo tentativo potrebbero coincidere o quasi. Tutto questo con il meccanismo noto ed operando di pari passo nelle due maglie.

Non vogliamo entrare in maggiori dettagli.

Prescindendo per il momento dalla complicazione che può nascere nel disegno e dagli accorgimenti che di volta in volta possono essere opportuni, questo cenno ci consente di ritenere il nostro sistema di calcolo applicabile qualunque sia il numero delle maglie.

Per il genere di problemi che abbiamo trattato il metodo quindi non soffre eccezioni, servendo per ogni forma di rete, purchè chiusa.

Questo si poteva del resto intuire: una volta dimostrato che il tentativo grafico limite coincide con la soluzione analitica si poteva cioè pensare che là dove questa è sufficiente anche il *metodo di compensazione* non fallisce.

Brevemente possiamo perciò concludere dicendo che per l'applicabilità del procedimento da noi studiato una sola condizione è necessaria: che il sistema di equazioni corrispondente al caso in esame sia determinato, cioè che sia determinato il problema.

Chiudiamo questo studio rimandando ai principi informativi enunciati all'inizio e che nel corso del lavoro crediamo di avere precisato e chiarito. Ci pare di non dover aggiungere altro perchè l'esposizione del meccanismo del metodo ne lascia prevedere facilmente gli adattamenti e gli sviluppi possibili anche per le estensioni fatte. Così appare manifesto che dalla centrale che si seziona è opportuno ma non indispensabile inviare la corrente di un Ampère, mentre si potrebbe inviarla qualunque purchè uguale dalle due parti. Nel caso poi che esistano diagonali occorre applicare costantemente il criterio della successiva suddivisione delle correnti in parti uguali ad ogni nodo e questo fatto, avuto riguardo al numero delle diagonali per parte, può suggerire la corrente elementare con cui partire più appropriata per la semplicità delle operazioni numeriche.

È invece indispensabile sezionare in una *centrale* ed in *parti uguali*: se si seziona lungo un tronco di linea il grafico non si chiude se non per puro caso e la ragione è palese in quanto il sistema analitico corrispondente diventa allora indeterminato.

Confermiamo l'avviso che il metodo si possa usare per risolvere diversi problemi ed indichiamo come campo d'impiego più addatto, oltre il caso preso in esame, il calcolo delle correnti di corto circuito istantanee e delle *correnti di c. c. verso terra* sempre, ben inteso, in reti ad anello con o senza diagonali.

Siamo convinti che in questi ed in altri casi, con opportuni adattamenti il *metodo grafico di compensazione* sia preferibile ai metodi semplificati per la maggior esattezza e con minore semplicità e preferibile ancora al metodo analitico sia diretto sia a base di trasformazioni successive del circuito per la maggiore speditezza e più che sufficiente approssimazione.

ING. CELESTINO LAMPIS
ISTITUZIONE ELETTROTECNICA « C. ERBA »
DEL R. POLITECNICO DI MILANO.

Milano, novembre 1930-IX.

(1) REVESSI: *L'Elettrotecnica*, 1925, pag. 550.

VIII. – Bibliografia.

L'argomento trattato è così intimamente connesso a tanti altri che una bibliografia completa riuscirebbe oltremodo lunga.

Chi vuole penetrarvi per disteso si affidi sopratutto ai lavori del Rüdenberg, del Biermanns e del Roth che vi hanno dedicato molta della loro attività e che per appartenere alle più grandi Case costruttrici europee (rispettivamente Siemens, A.E.G., B. B. ed ora Delle) hanno avuto eccellenti mezzi di ricerca e molte occasioni applicative.

Elenchiamo alcune pubblicazioni di carattere fondamentale ed al completo quelle che sono più vicine al nostro studio, che si riferiscono cioè particolarmente al calcolo delle correnti di corto circuito tra le fasi nelle reti (non verso terra e non nel macchinario preso a sè).

Gross J. W.: « Theoretical investigation of electric transmission systems under short circuit conditions ». *P.A.I.E.E.*, 1915, pag. 26.

Merrick: « Approximate solution of short-circuit problems ». *Gen. El. Rev.*, 1915, pag. 470.

Wilson: « An Approximate method of calculating short-circuit current in an alternating-current system ». *G. E. R.*, 1916, pag. 475.

Gormann: « Ueber die Berechnung des Kurzschlussstromes in Leitungsnetzen ». *T.E.Z.*, 1918, pag. 444.

Biermanns J.: « Ueber den Schutz elektrischer Verteilungsanlagen gegen Ueberströme ». *T.E.Z.*, 1919, pagg. 593, 612, 633, 648.

Dalla Verde A.: « Le correnti di c. c. nei grandi impianti » *L'Elettrotecnica*, 1920, pag. 414.

Lewis W. W.: « Short-circuit Calculating Table ». *G.E.R.*, 1920, pag. 669.

Roth « Berechnung der Kurzschlussströme in Wechselstromnetzen und ihrer Wirkungen, sovie einige Angaben über Kurzsclussschutz ». Rivista *B.B.C.*, 1920, sett.-ott.

Gooding: « Calculating Substation Short-Circuits ». *E. World*, 1920, II, pag. 949.

Zipp H.: « Wesen und Wirkung des Kurzschlussstromes ». *Mit. Ver. Elektrizitätswerke*. Febbr. 1921.

Warrelmann: Die Beherrschung des Ueberstromes und die Abwehr seiner schädlichen Wirkungen ». *Mit. Ver. Elektrizitätswerke*, febbraio 1921.

Panzerbieter Th.: Kurzschlussströme in Drehstromnetzen und ihr Einfluss auf das Schatbild, die Apparate un Leitungen ». *Siemens Z.*, 1922, pagg. 436 e 592.

Schuring O. R.: « Experimental determination of short-circuit currents in electric power networks ». *J. A. J. E. E.*, 1923, pag. 605.

Doherty R. E.: « A simplified method of analizing short-circuit problems ». *J.A.J.E.E.*, 1923, pag. 1021.

Bucherot e Lavanchy: « Méthodes actuelles de détermination des courants de court-circuit sur les réseaux à courant alternatif ». *R. G. E.*, 1923, II, pag. 1048.

Koetzhold B.: « Strom und Spannungsverhältnisse in vermaschten Drehstromnetzen beim Dauerkurzschluss ». *E. T. Z.*, 1924, pag. 740.

Sartori G.: « Il principio di reciprocità applicato alle reti comunque complesse ». *L'Elettrotecnica*, 1925, pag. 537.

Ollendorff F.: Berechnung des, ein-, zwei-, und dreipoligen Dauerkurzschlussströmes in Kraftwerken und Netzen ». *E. T. Z.*, 1925, pag. 761.

Sadatoschi Bekku: « Calculation of Short-circuit Ground Currents on Three-phase Power Networks, Using the Method of Symmetrical Co-ordinates ». *G. E. R.*, 1925, pag. 472.

Lewis W. W.: « Single-phase Short-circuit Calculation », *G.E.R.*, 1925, pag. 479.

Ruedenberg R.: « Kurzschlussströme beim Betrieb von Grosskraftwerken ». *Springer*, 1925.

Fallou J.: « Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés ». *Bull. S. fr. d. El.*, 1926, pag. 969.

Foerster: « Der Einfluss der Einsättigung auf den Kurzschlussstrom von Syncronmaschinen ». *E. T. Z.*, 1926, pag. 1104.

Biermanns: « Ueberstrome in Hochspannungsanlagen ». *Springer*, 1926.

Ruschowy A.: « Ueber dei Bestimmung von Kurzschlusström in Wechselstromnetzen ». *Siemens Zeitschrift*, 1927, pagg. 550 e 595.

Genkin V.: « Contribution à l'étude des reseaux maillés ». *R.G.E.*, 1928, II, pag. 659.

Van Staveren J. C.: « Détermination des courants de court-circuit dans un réseaux à l'aide d'un modèle életrique ». *Bull. Soc. belge El.*, 1928, pag. 173; *Bull. Soc. f. El.*, 1929, pag. 678, 694.

Schwaiger A.: « Ermittlung der Kurzschlussströme in Netzen ». *E.T.Z.*, 1929, pag. 1145.

Flade W.: « Verfahren zu Ermittlung von Dauerkurzschluss-Stromstärken in Netzen ». *E.T.Z.*, 1929, pag. 1761.

Crivellari G.: « Metodo rapido semi-sperimentale per la determinazione della corrente di corto circuito permanente negli impianti elettrici comunque complessi ». *L'Elettrotecnica*, 1930, pag. 197.

Ollendorff F.: « Praktische Methode zur Berechnung des Dauerkurzschlussstroms einfach gespeister Netze ». *E. T. Z.*, 1930, pag. 194.

Muhleisen O.: « Quick Short-Circuit Calculation ». *E. World*, 1930, I, pag. 192.

Jacottet P. e Ollendorff F.: « Praktische Berechnungsmethodes für den Stosskurzschlusstrom von Drehfeldmaschinen ». *E.T.Z.*, 1930, pag. 926.

Per modelli d'impianti esistenti V. anche in *E. World*:

Corbett, 1922, pag. 985.

Smith, 1924, pag. 308.

Stauffacher, 1915, pag. 223.

N. dell'A. — La fig. 49 e le quattro righe che la richiamano, riportate nella parte precedente (Fascicolo di Ottobre, pag. 866, I[a] colonna), vanno eliminate.

La Riunione Annuale dell'A. E. I. a Perugia

(9-15 Ottobre 1931-IX)

La Riunione Annuale dell'A.E.I., tenutasi quest'anno a Perugia, ha trattato il tema: « Le sottostazioni di trasformazione dell'energia ».

Il numero considerevole delle memorie (52) presentate alla discussione, (solo una delle memorie annunziate non fu potuta compilare in termine utile e perciò non fu presentata alla Riunione), il loro alto valore tecnico e gli svariati argomenti svolti, stanno ad attestare la ingegnosa, assidua e poderosa opera messa in atto dai tecnici italiani per risolvere il problema della trasformazione dell'energia sotto i suoi aspetti molteplici.

Già il Presidente Generale dell'A.E.I. *Prof. Ugo Bordoni*, nel suo smagliante discorso letto alla seduta inaugurale, aveva trattato dal punto di vista più generale l'argomento « Le sottostazioni di trasformazione dell'energia ». Dalla esposizione dello scopo principale della Riunione di Perugia egli aveva tratto partito per sottoporre ad una disamina critica e minuziosa, svolta con acume di fisico, l'essenza di quel fenomeno complicato e oscuro che, regolando il funzionamento di tutte le macchine elettriche, è costituito dal ferromagnetismo.

La relazione inaugurale delle sedute tecniche fu letta invece dall'*Ing. Ferrerio*, che ha trattato della « Funzione delle sottostazioni nelle grandi reti elettriche ». Il rapido svolgersi dell'industria elettrica ha portato con sè una rivoluzione vera e propria non solo nella tecnica e nell'industria in genere, ma anche nella vita giornaliera, favorendo il benessere dell'umanità. Logico sviluppo di questo grandioso progresso è la fittissima rete di linee elettriche che a guisa di maglia ricopre il nostro Paese: i nodi di questa rete sono costituiti da sottostazioni con caratteristiche assai diverse a seconda della tensione, della potenzialità e degli usi ai quali sono destinate. Mentre il problema della ubicazione non esiste per la quasi totalità delle centrali, per la sottostazione la scelta del luogo dove essa deve sorgere dipende da un numero considerevole di fattori, a seconda delle funzioni particolari che la sottostazione deve svolgere.

Così si spiega la varietà dei tipi delle sottostazioni, che è molto maggiore di quella dei tipi di centrale. Il relatore ha messo in evidenza anche la tendenza tipica delle grandi sottostazioni moderne, di concentrare in se stesse tutta la gamma del materiale elettrico, dalle grandi macchine rotanti e dai più potenti trasformatori ai minimi congegni di controllo e protezione. Inverso invece è il cammino che si nota nelle centrali: esse tendono verso una semplificazione sempre maggiore e il loro funzionamento e controllo diviene perciò sempre più agevole.

A rendere più ardua la costruzione e l'esercizio delle grandi sottostazioni concorre anche la imponente quantità di energia che esse devono convogliare e trasformare e che assoggettano i loro organi principali a sollecitazioni di valore assai elevato. Tipico è per esempio il problema della progressiva insufficienza degli interruttori, che può verificarsi in modo particolare proprio nelle sottostazioni, la cui potenza, nel corso successivo del loro sviluppo, può superare di molto quella per cui esse furono inizialmente previste.

Infine vi è da tener conto del progressivo aumento delle tensioni di esercizio che hanno raggiunto anche nel nostro Paese il valore massimo di 220 kV adottato per i più grandi impianti esteri.

Il relatore trova perciò assai appropriato il tema proposto dalla Presidenza Generale dell'A. E. I. per la Riunione di Perugia, anche perchè ormai tutto ci fa sperare di essere giunti ad una svolta nella tecnica del trasporto di energia. Nuove e molteplici possibilità di realizzazione si dischiudono infatti colla costruzione industriale di apparecchi statici che possono convertire corrente continua in alternata di qualsiasi frequenza, mentre altri perfezionamenti nella tecnica permettono di eliminare interamente l'olio dalla costruzione degli interruttori, aumentando di molto la sicurezza del servizio e assicurando l'incolumità del personale.

Il relatore chiude la sua brillante esposizione con un paragone fra la piccola centrale di S. Radegonda, che fu la culla dell'industria elettrica italiana, e il grandioso impianto dell'Isarco.

Alla relazione dell'Ing. Ferrerio segue la memoria dell'*Ing. San Nicolò*: « Cenni storici sullo sviluppo delle sottostazioni » nella quale egli fa la storia di questo sviluppo soffermandosi ad esporne lo svolgimento in ordine cronologico, sia per quello che si è fatto in Italia, sia per quello che è avvenuto all'estero.

Un folto gruppo di memorie è dedicato alla *descrizione e all'esercizio delle sottostazioni.*

L'*Ing. Motti* presenta due memorie. Una su « Le sottostazioni di Frattamaggiore e del Tusciano e la ricostruzione della sottostazione di Poggioreale » che dà una ampia e dettagliata descrizione di queste tre importanti sottostazioni che fanno parte del piano regolatore delle reti primarie della Società Meridionale di Elettricità. Le due prime sono sottostazioni di trasformazione, regolazione e smistamento; l'ultima è adibita al solo servizio di trasformazione.

La seconda memoria tratta di « Alcuni criteri moderni per lo studio e il progetto delle grandi sottostazioni ». Discute la importanza che ha una grande sottostazione nel complesso di un sistema e ne esamina i vari requisiti, sia quelli riguardanti lo schema, i coefficienti di sicurezza e il genere di utilizzazione che quelli riferentisi ai trasformatori, agli interruttori e all'apparecchiatura da installarsi in quella determinata sottostazione. Discute infine i mezzi per risolvere i problemi essenziali affidati ad una grande sottostazione e che sono la regolazione della tensione e talvolta anche la conversione della frequenza.

Nella loro relazione « Considerazioni generali sulle sottostazioni di trasformazione all'aperto del Gruppo S.I.P. - La sottostazione di trasformazione « Alessandro Volta » di Cislago », gli *Ingg. Crivellari* e *Dalla Verde* premettono alcune considerazioni di carattere generico sulle diverse sottostazioni all'aperto del Gruppo S.I.P. e passano quindi alla descrizione particolareggiata di quella di Cislago. Esposte le ragioni che ne consigliarono la costruzione e ne determinarono le caratteristiche, descrivono anzitutto la parte a 200/45 kV che riceve l'energia proveniente dalla centrale di Cardano sull'Isarco e quindi la parte a 130/45 kV alla quale convergono le linee di trasmissione degli impianti di Valtellina e del Brembo.

Gli *Ingg. Amara - Di Giuseppe - Ruggeri* danno una descrizione de « Le nuove sottostazioni della Società Elettricità e Gas di Roma » e precisamente la sottostazione Tiburtina, che costituisce un importante centro di distribuzione della città di Roma, la sottostazione di Acquoria, collegata al gruppo di centrali del Consorzio Idroelettrico Aniene e quella di Civitavecchia che forma il principale centro di distribuzione della Società Volsinia di Elettricità. La caratteristica più spiccata di queste stazioni, comune a tutte tre, è la realizzazione pratica dello schema attuata in modo da assicurare una grande visibilità di tutto l'insieme dell'apparecchiatura e consentire una grande rapidità e sicurezza delle manovre di smistamento.

La memoria dell'*Ing. Brunetti* riferisce sulle « Nuove stazioni di conversione dell'A.E.M. di Torino ». Parla innanzitutto delle caratteristiche generali degli impianti e dei criteri di perfezionamento adottati successivamente nella costruzione delle stazioni e passa quindi alla descrizione, illustrando le caratteristiche delle due nuove stazioni Aurora e Vanchiglia per le quali è previsto il funzionamento automatico con controllo e parziale comando a distanza dalla stazione principale di via Bertola.

In America sta prendendo piede la tendenza ad installare all'aperto anche il macchinario rotante, limitando il fabbricato alla sola parte destinata a contenere il quadro di manovra e di controllo. Interprete di questa tendenza si fa l'*Ing. G. Silva* nel suo rapporto su « Installazioni all'aperto di macchine rotanti » che riporta numerosi e interessanti esempi di esecuzione e di progetto.

Le condizioni locali e climateriche della Sardegna sono, secondo l'*Ing. S. Silva*, particolarmente favorevoli alla costruzione di cabine e di posti di smistamento all'aperto e consigliano di adottarne la struttura in cemento armato, anzichè in ferro.

Nel rapporto su « Cabine e posti di sezionamento all'aperto in cemento armato negli impianti elettrici della Sardegna » egli illustra alcune particolarità di queste cabine.

Assai largo e altamente interessante è il contributo dato dai Tecnici delle FF. SS.

L'*Ing. Alessandri* riassume nella memoria « Le stazioni di trasformazione fisse nel sistema di trazione elettrica trifase » le direttive e l'opera svolta nello sviluppo, nel progetto e costruzione di queste stazioni, destinate ad alimentare la linea di contatto dei tronchi elettrificati a bassa frequenza e a frequenza industriale. Particolare menzione è fatta degli accorgimenti studiati nella disposizione generale dei circuiti, nella costruzione del macchinario, dell'apparecchiatura e dei fabbricati per far fronte alle esigenze e assicurare la continuità del servizio elettrico ferroviario. La memoria termina con una descrizione delle sottostazioni, in corso di completamento, destinate ad alimentare il tronco Spezia-Fornovo.

La relazione dell'*Ing. Santi* descrive invece « Le stazioni ambulanti di trasformazione nel sistema di trazione elettrica trifase », che la nostra Amministrazione Ferroviaria fu tra le prime ad adottare e che resero e stanno rendendo i servigi più preziosi all'esercizio, consentendo di mantenere inalterato il traffico anche nelle più gravi contingenze. Il relatore espone il loro sviluppo e la loro semplificazione successiva e accenna agli accorgimenti adottati per renderle atte a far fronte a tutte le evenienze possibili.

Le « Stazioni di conversione a corrente continua per la trazione ferroviaria » formano oggetto di una estesa e interessante relazione dell'*Ing. Virgili*. Premesse alcune considerazioni d'indole generale, vengono esaminate e discusse le caratteristiche del macchinario di conversione: commutatrici, gruppi motori-dinamo e raddrizzatori, illustrando la esposizione con numerosi esempi tratti dalle stazioni dell'Amministrazione Ferroviaria. Dei raddrizzatori vengono messe in luce le caratteristiche più importanti ed enumerati i vantaggi rispetto al macchinario rotante. Viene rilevata l'importanza che hanno gli interruttori ultrarapidi per il successo dell'elettrificazione ferroviaria con corrente continua ad alta tensione e si descrivono alcuni tipi caratteristici di stazioni di conversione fisse e ambulanti, queste ultime provviste esclusivamente di raddrizzatori a vapori di mercurio.

L'*Ing. Musso* svolge una relazione su « Le stazioni di conversione della frequenza nella trazione elettrica » e accenna al problema dell'alimentazione delle linee di contatto a corrente trifase a bassa frequenza a mezzo delle reti a frequenza industriale delle Società private. Indica il modo migliore di risolvere questo problema a mezzo di gruppi di conversione a rapporto di frequenza variabile ed abbozza il vasto programma di interconnessione che le FF. SS. stanno attuando coll'uso di questi gruppi.

L'ultima relazione dei Tecnici dell'Amministrazione Ferroviaria è costituita dalla memoria dell'*Ing. Abbo* su « Le stazioni di trasformazione per la carica degli accumulatori adibiti ad uso di illuminazione elettrica delle vetture ferroviarie » che descrive i sistemi usati dalle FF. SS. nelle proprie officine per convertire la corrente alternata in continua e adibirla alla carica degli accumulatori per l'illuminazione delle vetture.

Sul « Comando automatico delle sottostazioni con speciale riguardo ai servizi luce e forza » riferisce l'*Ing. F. Fiorentini* trattando delle sottostazioni con raddrizzatori a vapore di mercurio con comando automatico e descrivendo i sistemi a chiusura successiva degli interruttori e la loro applicazione alle grandi reti di distribuzione.

Un interessante « Confronto tecnico-economico di alcune sottostazioni a 150 000 Volt tipo chiuso e all'aperto costruite dalla Società Adriatica di Elettricità » è svolto dall'*Ing. Mainardis*. Il relatore riporta i dati tecnici ed economici delle sottostazioni primarie costituite da questo Gruppo e conclude dichiarando che il tipo di sottostazione all'aperto con struttura in ferro è nettamente superiore sia dal lato economico che da quello tecnico al tipo chiuso in muratura o a quello in cemento armato.

Secondo il rapporto dall'*Ing. Bessi* sul « Progetto, costruzione ed esercizio delle piccole cabine di trasformazione » i tipi più comunemente usati sono quelli in ferro, in muratura e su palo. Il relatore dimostra che il tipo in muratura è da preferirsi per comodità e sicurezza d'esercizio; quello su palo è invece il più economico ma si adatta solo per potenze più modeste e servizi meno gravosi. Descrive poi le cabine in ferro, meno costose di quelle in muratura, e specialmente adatte per le zone rurali. Sono preferibili quelle del tipo aperto con trasformatore per esterno.

De « La manutenzione delle cabine » parla l'*Ing. Selmo*. Egli svolge un'analisi minuziosa e profonda dei criteri che devono servire di guida all'ingegnere d'esercizio per mantenersi al corrente e sorvegliare lo stato di conservazione delle cabine e per dare le disposizioni necessarie al servizio e alla manutenzione, atte ad assicurarne al massimo grado la continuità e a migliorare la qualità del servizio. Seguono una esposizione dei controlli e verifiche periodiche sul trattamento e sorveglianza degli olî, sulla rifusione d'olio, alcune considerazioni pratiche sul raffreddamento dei trasformatori, sul controllo della loro temperatura, sulla taratura e controllo dei relais e sulla formazione di buone terre e sulla loro sorveglianza.

L'*Ing. Carati* presenta invece alcune « Note sull'esercizio delle piccole sottostazioni delle grandi reti urbane », illustrando gli schemi più frequentemente usati ed esponendo i criterî che servono di guida nella determinazione della potenza delle unità trasformatrici. Le cabine vanno provviste di sistemi di protezione relativamente semplici e il loro equipaggiamento va previsto in modo che possa resistere da sè solo alle sollecitazioni dovute alle sovratensioni e alle sovracorrenti. Viene anche accennato all'uso degli interruttori a richiusura automatica.

L'*Ing. Orler* riferisce sulle « Strutture per cabine e posti di sezionamento all'aperto in cemento armato centrifugato » ed espone i loro vantaggi dando dei cenni sulla loro costruzione e messa in opera e descrivendo le principali già costruite.

L'*Ing. F. Bonati* tratta infine de « Le apparecchiature blindate nelle sottostazioni », accenna alla loro grande sicurezza e ai pregi di minimo ingombro che offrono e ne considera l'installazione nelle piccole e grandi sottostazioni aperte e chiuse per le basse, medie ed alte tensioni.

Un secondo importante gruppo di memorie è stato dedicato al *macchinario delle sottostazioni*.

La relazione del *Prof. Morelli* sui « Progressi realizzati nella tecnica costruttiva dei trasformatori » costituisce una estesa e completa monografia su questo argomento. Essa riguarda in modo speciale la costruzione in Italia di trasformatori per grandi potenze, alte tensioni e forti intensità. Premesse alcune considerazioni sulla scelta del tipo di trasformatore e sul genere di raffreddamento passa a riassumere lo studio delle singole parti magnetiche, elettriche e meccaniche esponendo i diversi accorgimenti escogitati e messi in opera dai costruttori per risolvere i differenti problemi e per ridurre il peso, l'ingombro e il costo dei trasformatori, migliorandone sempre la qualità. Passa poi a trattare delle protezioni interne dei trasformatori e quindi del problema della regolazione di tensione.

Conclude affermando che pure, non corrispondendo il progresso ottenuto negli ultimi anni nella costruzione dei trasformatori a grandi novità di principio e di sistemi, si deve convenire che un progresso effettivo tanto tecnico che economico è stato raggiunto e che esso è tanto più notevole in quanto è accompagnato da una maggiore sicurezza di servizio nonostante l'aumento delle tensioni d'esercizio e della potenza unitaria.

L'*Ing. C. Palestrino* presenta un'ampia e dettagliata relazione sui « Trasformatori a più avvolgimenti ». Rileva anzitutto le ragioni che hanno reso necessaria o consigliabile l'adozione di questi trasformatori, discute le funzioni del terziario in quelli a tre avvolgimenti ed esamina la disposizione di questi ultimi rispetto al nucleo. Passa poi a trattare dei diagrammi di questi trasformatori, che sono molto più complessi dei diagrammi di quelli a due soli avvolgimenti, e accenna ai metodi di determinazione delle cadute di tensione nell'esercizio.

Il *Prof. L. Lombardi* e l'*Ing. Asta* dedicano ai « Trasformatori trifasi a tre ed a cinque colonne » uno studio teorico sperimentale, illustrato da numerose figure e oscillogrammi. Esposti i motivi che hanno indotto i costruttori ad adottare per alcuni grandi trasformatori trifasi l'ossatura magnetica a cinque colonne i relatori riportano i risultati di esperienze sistematiche da loro eseguite su un trasformatore a cinque colonne appositamente costruito. Mettono in evidenza le difficoltà di un calcolo preventivo della ripartizione dei flussi magnetici e trovano abbastanza approssimata la predeterminazione delle perdite magnetiche.

Due memorie si occupano in modo speciale del raffreddamento dei trasformatori. L'*Ing. Cerretelli* presenta « Brevi note e considerazioni sul raffreddamento dei trasformatori » e stabilisce un confronto fra trasformatori a raffreddamento naturale e a circolazione forzata d'olio in refrigerante esterno, dal punto di vista del costo e dell'esercizio. Mette in evidenza la tendenza moderna verso l'impiego di trasformatori a raffreddamento naturale e descrive un nuovo tipo di cassa che si adatta in modo particolare al raffreddamento ad aria soffiata. Sviluppa quindi dei procedimenti di calcolo delle finestre di ventilazione per gli impianti di trasformatori a raffreddamento naturale.

La successiva relazione dell'*Ing. Panbianco* su « La refrigerazione dei trasformatori » è più generica. Essa consiste in una rassegna dei diversi procedimenti adottati per il raffreddamento dei trasformatori dei quali espone singolarmente le caratteristiche, i pregi e gli inconvenienti.

La memoria dell'*Ing. Correggiari* sui « Trasformatori per regolazione di tensione », richiamate le diverse applicazioni alle

quali si prestano questi trasformatori, tratta degli schemi di principio, dell'inseritore per accumulatore, dei tipi ad avvolgimento semplice con commutatori e interruttori e con soli interruttori e dei tipi ad avvolgimento doppio.

Esamina gli artifizi per aumentare il numero delle posizioni di lavoro e considera quindi le possibilità di impiego degli schemi di principio degli inseritori negli avvolgimenti dei trasformatori e la convenienza di collocarli in una determinata posizione dell'avvolgimento. Tratta dei trasformatori e degli autotrasformatori e della inserzione indiretta attraverso trasformatori ausiliari e passa poi a discutere gli apparecchi che consentono una regolazione continua della tensione. Infine mette in evidenza dettagli costruttivi, i modi di comando e i dispositivi di segnalazione e protezione.

Gli *Ingg. Manzini* e *Pasi* riferiscono « Intorno ad un sistema di commutazione sotto carico per trasformatori » basato sull'impiego di uno speciale divisore di tensione detto autotrasformatore preventivo e ne mostrano l'applicazione ad un caso particolare. Illustrano infine il medesimo schema applicato ad un autotrasformatore per regolazione sotto carico.

Un apparecchio caratteristico di regolazione è il regolatore ad induzione, che permette una regolazione graduale della tensione. Nella sua memoria sui « Regolatori ad induzione » l'*Ing. Gerli* esamina il campo di applicazione di questi apparecchi in confronto a quello del trasformatore a gradini ed espone in dettaglio differenti perfezionamenti adottati da una Casa costruttrice. Tratta del servizio in parallelo di più regolatori ad induzione semplici e doppi e del loro impiego nell'interconnessione degli impianti, discutendone i differenti modi di comando e le diverse applicazioni.

Nelle sue « Brevi note sull'uso dei trasformatori negli impianti con raddrizzatori a vapori di mercurio » l'*Ing. Lamma* considera la parte importante, se non essenziale, che hanno le caratteristiche, lo schema e la costruzione del trasformatore, scelti con opportuno criterio, per il servizio di un impianto di raddrizzatori.

La relazione tratta dei diversi tipi di collegamenti dei trasformatori e delle differenti disposizioni dei loro avvolgimenti che permettono di alimentare raddrizzatori trifasi, esafasi, dodecafasi, di consentire la marcia in parallelo di più raddrizzatori, anche per il caso in cui siano alimentati da un trasformatore unico e conclude con alcune considerazioni sulla variazione di tensione nei trasformatori stessi.

Un'altra categoria speciale di trasformatori è stata pure illustrata alla Riunione di Perugia, quella dei *trasformatori per impianti di illuminazione*.

L'*Ing. Someda* riferisce sui « Trasformatori per impianti di distribuzione a corrente costante ». Premette alcune considerazioni d'indole generale sulle possibilità di trasformare tensione costante in corrente costante, rilevando che l'apparecchio che finora ha trovato massima diffusione è il trasformatore a bobine mobili a reattanza magnetica variabile. Tratta quindi dettagli di calcolo e di costruzione di questi trasformatori sia in aria che in olio ed esamina in modo particolare il problema della riduzione delle perdite addizionali e della loro determinazione. Chiude con una rapida rassegna di trasformatori serie.

Gli *Ingg. Focaccia* e *Tolomeo* (« Su gli impianti di illuminazione pubblica a corrente costante ») esaminano anzitutto la distribuzione dei flussi d'induzione nei trasformatori autoregolatori a corrente costante e parlano dei risultati di quest'esame, corredati da parecchi rilievi oscillografici, per impostare il calcolo delle perdite separate dovute al flusso longitudinale principale, e quello disperso frontale e longitudinale frontale secondo un metodo da loro proposto. Propongono un semplice metodo di collaudo semi indiretto di questi trasformatori. Nella seconda parte della memoria viene studiata la distribuzione delle grandezze elettriche lungo un circuito alimentato a corrente costante tanto con carico uniformemente ripartito che con carico concentrato in diversi punti (trasformatori serie) e viene esposto un metodo per rilevare le variazioni accidentali del carico in quest'ultimo caso.

L'*Ing. F. Bordoni* riferisce infine sui « Trasformatori speciali per cabine e teatri ».

Il terzo gruppo di memorie è quello riguardante *gli isolatori e il materiale isolante*.

Il *Prof. Pugno-Vanoni* riferisce sugli « Isolatori passanti per alte tensioni ». Prospetta i problemi relativi alla loro costruzione, allo scopo di chiarirne il comportamento in servizio e proporre delle norme per il loro collaudo. Nella prima parte parla del problema elettrostatico; nella seconda tratta dei dielettrici usati per la costruzione dei passanti e delle loro proprietà; nella terza studia la ripartizione in condizioni di servizio della temperatura nella massa del dielettrico e riferisce risultati sperimentali a questo proposito. Passa in rassegna quindi i tipi fondamentali di isolatori passanti in uso, esamina poscia il problema della prova dei passanti in sede di collaudo, e conclude proponendo uno schema di collaudo di tipo e dei singoli elementi di una fornitura di passanti.

Il *Dott. Altmann* svolge quindi un esame critico dei tipi più usati di « Isolatori portanti per sottostazioni all'aperto » e fornisce alcuni dati caratteristici di un nuovo tipo di isolatore cilindrico ad elementi multipli.

Il *Prof. Scarpa* riferisce sugli « Olî per trasformatori ».

Una estesa e completa monografia su « Il trattamento degli olî isolanti nell'esercizio » presenta l'*Ing. C. Banfi*. Il relatore esamina le funzioni e le caratteristiche degli olî isolanti, le loro alterazioni durante l'esercizio e gli inconvenienti e danni che possono causare al macchinario, si occupa del problema delle miscele e del controllo e trattamento in generale degli olî isolanti e passa in rassegna i varî metodi e i singoli apparecchi impiegati. Nella sua conclusione riporta i risultati di una inchiesta fatta presso le principali aziende, ne svolge un esame critico e mette in rilievo la importanza di un continuo razionale e metodico controllo degli olî.

La memoria del *Dott. Azzarello* « Sulle prove della resistenza all'alterazione degli olî per trasformatori. (Idee e proposte) » costituisce un notevole contributo all'esame di questo problema ed espone un programma per un vasto e metodico studio relativo agli olî isolanti.

Un quarto gruppo di relazioni ha per oggetto lo studio dei *fenomeni di sovratensione nei trasformatori e nelle linee e quello delle protezioni contro queste sovratensioni*.

Sull'argomento « Isolamento, sollecitazioni e protezione dei trasformatori » gli *Ingg. Cuzzer* e *Altieri* presentano una estesa e accurata monografia che mette a punto questo importante problema. Essa tratta dell'isolamento dei trasformatori dal punto di vista costruttivo, delle sollecitazioni permanenti e temporanee a cui sono sottoposti e delle protezioni relative. Particolare rilievo dà agli effetti delle onde a fronte ripido e ai fenomeni derivanti dalle sovratensioni di origine atmosferica. Esamina l'azione protettiva delle bobine d'induzione, dei condensatori e dei più recenti tipi di scaricatori.

La memoria del *Prof. F. Neri* « Fenomeni transitori nei trasformatori in relazione all'esercizio delle linee e reti » richiama alcune particolarità relative al funzionamento di un trasformatore a regime relative alla funzione di armoniche di corrente e tensione che possono manifestarsi nell'esercizio pratico. Tratta quindi dei fenomeni transitori di inserzione e delle loro conseguenze e indica gli indirizzi da seguire nello studio dei fenomeni di propagazione lungo gli avvolgimenti dei trasformatori, riferendo i risultati di alcune esperienze al riguardo.

Un interessante tentativo di studio teorico sulla « Efficacia delle bobine di self nella protezione contro le sovratensioni » è presentato dall'*Ing. Caminiti* che, esaminato il meccanismo della propagazione di un'onda a fronte ripido attraverso la bobina, ne determina l'effetto protettivo in funzione delle sue caratteristiche e di quelle dei circuiti a monte e a valle della stessa. Espone poi le direttive per il calcolo pratico delle grandezze che definiscono il comportamento della bobina.

Il *Prof. Revessi* riassume in un'ampia e particolareggiata monografia il tema « La protezione delle sottostazioni ».

Di grande valore pratico è la relazione del *Prof. Rebora* su « Le prese di terra ». Egli precisa anzitutto i fenomeni relativi alle prese di terra, spiega la formazione del gradiente e discute i casi d'infortunio. Espone i valori sperimentali della resistività del terreno, il comportamento elettrico del calcestruzzo, la resistenza presentata dai diversi tipi usuali di elettrodi ed enumera le norme generali di installazione delle terre, le modalità di parallelo e i metodi di misura più raccomandabili. Dà i risultati di due statistiche: una riguardante i valori di resistenza delle prese di terra di oltre un migliaio di cabine e l'altra relativa al numero di prese in ogni cabina. Messa in evidenza l'importanza del problema delle terre, conclude suggerendo precisi schemi e valori opportuni di prese di terra e ne consiglia la revisione periodica e il continuo controllo.

Sulle *protezioni contro le sovracorrenti* riferisce anzitutto il *Prof. Barbagelata* che tratta de « La selezione preordinata nella protezione contro le sovracorrenti ». Richiama il principio del procedimento da lui studiato, esposto già nel 1925 alla Riunione di Napoli e applicato con successo ad una grande sottostazione. Mostra come si possa realizzare l'apparecchio selettore, organo fondamentale del sistema, ed espone alcuni esempi di possibili applicazioni rilevando i vantaggi tecnici ed economici che il sistema può offrire in determinati casi.

L'*Ing. Marin* presenta la memoria di carattere generale « La protezione contro la sovracorrenti », che espone lo stato odierno del problema per quello che riguarda gli impianti italiani.

L'*Ing. Colonna* nella sua relazione su « La protezione selettiva delle reti » mette in evidenza la necessità d'impiego di una protezione veramente selettiva, indispensabile ad assicurare la continuità del servizio, e sottopone ad un esame critico e accurato i vari procedimenti usati successivamente per raggiun-

gere questo scopo, giungendo alla conclusione che con i metodi impiegati finora, non basati sul criterio selettivo della distanza, non si può raggiungere una vera e propria selettività, che può venire invece ottenuta coll'uso del relais a distanza.

Il *Prof. Barbagelata* e l'*Ing. Usigli* studiano il problema delle « Misure nelle sottostazioni » per quello che riguarda in particolar modo i riduttori di misura.

Molteplici ragioni (economia, sicurezza d'esercizio ecc.) militano a favore della riduzione, se non dell'abolizione totale, dei trasformatori di misura, che costituiscono dei punti deboli per l'impianto. I relatori illustrano anzitutto i più recenti tipi di riduttori studiati e costruiti nell'intento di ridurne il costo e aumentarne la sicurezza; passano poi in rassegna gli accorgimenti e dispositivi che consentono di limitarne l'impiego, sia riportando le misure sulla bassa tensione dei trasformatori di potenza, sia utilizzando le correnti di capacità dei passanti.

Gli *Ingg. Cusani - Confalonieri* e *M. Semenza* riferiscono sui « Mezzi di prevenzione, protezione e spegnimento degli incendi negli impianti elettrici », esaminando in dettaglio la disposizione migliore da dare ai fabbricati per meglio garantirli contro gli incendi e facilitarne in caso eventuale lo spegnimento. Dimostrano la grande importanza della protezione razionale e adeguata degli impianti contro i pericoli d'incendio, resi più complessi dalla presenza di forti quantità d'olio e di alte tensioni.

Nel suo rapporto sui « Materiali metallici resistenti alla ruggine » l'*Ing. Dupuis* mette anzitutto in evidenza l'importanza economica della lotta contro la ruggine, rilevando poi che gli effetti della corrosione non sono soltanto superficiali, ma possono avere per conseguenza una degradazione delle caratteristiche del metallo. Passa poi in rassegna i vari mezzi attualmente in uso per la protezione del ferro, e parla delle leghe resistenti alla corrosione, la cui applicazione va sempre più diffondendosi anche nel campo della costruzione delle sottostazioni all'aperto.

Il *Dott. Strambi* tratta invece de « La protezione delle costruzioni in ferro specialmente coll'impiego di vernici » e passa in rassegna i diversi procedimenti usati appartenenti alle tre categorie: Rivestimento con pellicole protettive metalliche, rivestimento con pitture protettive e impiego di speciali qualità di leghe metalliche, più resistenti alla corrosione del ferro stesso.

Non attinenti strettamente al tema generale della Riunione, ma per questo non meno interessanti, sono le memorie presentate dall'*Ing. G. Bianchi* sulla « Unificazione delle locomotive elettriche a corrente continua » e sulle « Temperature di lavoro e materiali isolanti per motori ».

***

Le discussioni sui varî temi furono spesso assai animate.

Pure essendo cosa assai difficile potere sintetizzare in poche parole il risultato delle discussioni, si può rilevare nei nostri tecnici una tendenza spiccata verso la massima semplificazione degli impianti, tanto per quello che riguarda la costruzione, quanto l'esercizio, verso una maggiore accuratezza nel costruirli e nell'irrobustirne le parti, in modo che esse possano da sè sole, senza l'ausilio di dispositivi di protezione di nessun genere, far fronte a tutte le evenienze normali o anormali di esercizio.

In base a questo criterio si tende p. es. ad abolire l'acqua dal raffreddamento dei trasformatori, anche di grande potenza, usando nei casi, dove non è possibile nè economico l'impiego del raffreddamento naturale, l'aria stessa quale refrigerante, rinunziando nello stesso tempo alla circolazione forzata dell'olio.

Per la regolazione della tensione delle reti ad alta tensione, o meglio la ripartizione razionale della potenza reattiva, si trova conveniente l'uso dei trasformatori, o complessi trasformatori a diversi rapporti, impiegando i regolatori ad induzione solo per le reti di distribuzione a media e bassa tensione, adibite principalmente a scopo di illuminazione.

Per gli impianti di illuminazione pubblica si nota la preferenza per il sistema a corrente costante.

Deciso favore fra i nostri tecnici incontrano le stazioni all'aperto, specialmente per tensioni superiori a 50 kV. Sulla convenienza di adottare strutture in ferro o cemento armato i pareri sono invece ancora discordi.

Unanimità di giudizio regna sulla convenienza di abolire qualsiasi tipo di scaricatore, rinforzando per contro in modo opportuno l'isolamento della linea, del macchinario e dell'apparecchiatura e dedicando maggior cura all'esecuzione dell'impianto nei suoi particolari e specialmente a formare delle buone terre, che vanno sorvegliate a intervalli di tempo non troppo lunghi.

È stata rilevata pure la necessità, motivata tanto da ragioni tecniche, che economiche e amministrative, di avere dei riduttori di misura che riuniscano le tre qualità di costo e ingombro moderato, esattezza di misura e assoluta sicurezza di esercizio, in modo da non formare dei punti deboli nel servizio e costituire delle possibili cause d'incendio. I tecnici italiani sperano che le Case costruttrici nazionali vogliano emulare, se non superare, quelle estere nello studiare e costruire dei riduttori che rispondano in modo perfetto a questi tre requisiti.

La questione delle protezioni selettive delle reti contro le sovracorrenti è tutt'ora all'ordine del giorno per i nostri impianti, per i quali, se la soluzione perfetta può non essere sotto certi aspetti indispensabile come sembra esserlo per reti di impianti esteri, non per questo cessa di essere meno desiderata sotto altri aspetti dovuti alla peculiarità del nostro servizio. La notizia che in questi ultimi mesi si stanno facendo anche nei nostri impianti le prime prove con relais selettivi di nuovo tipo, basati su criteri fondamentalmente diversi da quelli in uso, ha sollevato l'interesse di molti dei nostri tecnici.

La soluzione di questo importante problema è però, in modo particolare per le altissime tensioni, vincolata intimamente con quella del problema dei riduttori di misura, a cui è stato accennato.

Si è infine discusso animatamente sugli incendi degli impianti, sul modo di prevenirli, di isolarli e di proteggerli contro le loro conseguenze. Dalla discussione è emerso il desiderio di ridurre al minimo l'impiego dell'olio, che dà esca agli incendi e li alimenta, limitandone l'uso a quegli apparecchi o macchine (trasformatori) dove esso è realmente insostituibile. Tendenza questa che concorda con quella dei tecnici esteri.

Il tema, che la Presidenza Generale dell'A.E.I. pose in discussione alla Riunione Annuale di Perugia, venne, come si vede, esaminato e illuminato sotto gli aspetti più varî e diede luogo a discussioni interessanti ed animate da parte di molti autorevoli Colleghi.

Se una lacuna negli argomenti trattati e discussi si deve lamentare, è forse quella di aver passato troppo sotto silenzio uno dei massimi problemi che specialmente le grandi sottostazioni moderne sono chiamate a risolvere: quello della ripartizione e regolazione della potenza attiva e reattiva delle reti.

Accenni al riguardo vennero bensì fatti in alcune memorie. Essi però furono o troppo generici o si limitarono a descrivere dettagli proprî di macchine e apparecchi (p. es. dei trasformatori a rapporto variabile e dei regolatori ad induzione), oppure a lumeggiare qualche caso particolare, come quello della conversione di frequenza. Essi furono perciò insufficienti tanto a porre in evidenza i lati del complesso problema e ad esporre i modi coi quali esso è stato da noi risolto, quanto a preparare una esauriente discussione al riguardo.

Bisogna d'altro lato convenire che questo problema è di una vastità e complessità tale da richiedere di per se stesso, per una trattazione adeguata alla sua importanza, un contributo altrettanto considerevole quanto quello rappresentato dalle numerose memorie presentate a Perugia.

e' s.

FATTI E TESTIMONIANZE

« MEMENTO »

1. Nel numero di settembre di una rivista milanese poco conosciuta, ma in compenso molto ostile all'industria elettrica, era pubblicata una così detta anonima, la quale aveva il manifesto proposito di mettere in cattiva luce due Ministri e il Presidente del Senato. Eccola qui riportata, ad edificazione dei lettori:

Ho letto nel giornalucolo .... le Vs/ risposte al Gr. Uff. On. Motta, non posso esimermi dal dirvi che con il Vs/ scritto ben meritate della patente a pieni voti di perfetto cretino.

Cosa pretendete, che chi ha arrischiato forti capitali nelle Società dell'Industria Elettrica, faccia compartecipe dei suoi onesti guadagni tutti gli utenti di forza e luce elettrica?

Povero bestione che siete!!

Le loro Eccellenze Bottai, Crollalanza, Federzoni, durante le visite fatte agli impianti elettrici nell'Alta Italia, (se non lo sapete ve lo dico io) hanno approvato pienamente l'opera svolta dal Gr. Uff. On. Motta, a favore dell'Industria elettrica, perchè egli è l'Uomo che per sola sua abilità ha salvato l'Economia Nazionale.

Smettetela perciò una buona volta di sbraitare citando i grassi guadagni delle Società Elettriche, senza menzionare quelle che sono passive, se non volete che vi si ponga al bando, mettendovi nella condizione di non lasciarvi lavorare.

Ricordatevi che la pazienza ha un limite e che troppo amaramente dovrete pentirvene se continuate a scrivere eccitando gli industriali contro le società elettriche.

L'Uomo avvisato è mezzo salvato. *xxx.*

2. Nel numero del 20 ottobre di un quotidiano avente le stesse caratteristiche della rivista di cui sopra, la cosidetta anonima era scrupolosamente riportata con un commento di cui ci pare interessante riportare questo periodo: « Trattandosi di un'anonima non vogliamo fare commenti. « Abbiamo però voluto pubblicare la lettera perchè potrebbe « avere **inaspettati sviluppi** ».

3. Nel numero 22 ottobre di un giornale romano compare **infatti** un articolo quanto mai preconcetto contro le industrie elettriche. L'articolo porta la sigla M. L. Per avere un'idea del rispetto in esso dimostrato per la verità, basterà questa citazione:

« .... senza però che il consumatore potesse arrivare a capire « il perchè dovesse pagare **dieci volte** l'energia rispetto a pri- « ma della guerra ».

4. Ecco invece il confronto fra i prezzi attuali e quelli del 1914 per l'energia elettrica consumata per luce, in alcune delle più importanti città d'Italia.

	1914	1931	Rapporto
Milano	0,40	1,20	3,—
Torino (E. A. I.)	0,50	0,90	1,8
Torino (A. E. M.)	0,40	0,90	2,25
Genova	0,57	1,04	1,86
Venezia	0,50	1,05	2,1
Roma	0,50	1,15	2,3
Napoli	0,70	1,10	1,57
Palermo	0,64	1,65	2,57
Bologna	0,70	1,40	2,—
Firenze	0,70	1,35	1,93

E si noti che i prezzi di cui sopra sono stati tutti diminuiti di 10 centesimi, su proposta della *Unfiel* a partire dal 1° Gennaio 1931.

5. E in armonia all'"*inaspettato sviluppo*", il giorno 27 ottobre un giornale occidentale attacca il « Problema idroelettrico ».

Raccomandiamo ai lettori l'aggettivo, che è un marchio di fabbrica infallibile per accertare la provenienza della merce.

Nell'articolo, non firmato, è contenuto questo brano: « Queste semplici riflessioni servono a giustificare come.... si debba « poter parlare degli idroelettrici (raccomandiamo di nuovo « quel prefisso *idro*) senza con questo destare delle preoccupa- « zioni intorno ai valori delle loro azioni in Borsa **e senza « subire il ricatto morale di una minaccia del genere. Per quanto « l'opinione pubblica possa essere considerata facilmente influenza- « bile, sopratutto quando si critica un uomo, un principio o un si- « stema....** ».

6. Il giorno 28 ottobre un giornale milanese pubblicava uno scritto (per verità molto più garbato e deferente per l'industria elettrica di quelli sopraricordati) nel quale si accennava alla necessità che il prezzo dell'energia per forza motrice non sia regolato esclusivamente sulla base di un criterio economico privato, dal momento che tutta la Nazione come produttrice è interessata in questo prezzo. Non diceva lo scritto, ma si deve supporre che nella mente dell'autore:

a) la Nazione non sia interessata per esempio nel prezzo del grano, del ferro, del cemento, dei pneumatici, del vino, dei cavoli, delle scarpe, delle automobili, come ha creduto invece Lenin, ed è sboccato nel comunismo;

b) le amministrazioni comunali, le quali, per otto decimi forse delle città italiane, *concordano o stabiliscono* il prezzo dell'energia elettrica anche come forza motrice (Torino, Vercelli, Alessandria, Casale, Genova, Milano, Bergamo, Brescia, Verona, Vicenza, Venezia, Parma, Reggio, Modena, Roma, Napoli, Palermo, ecc.) sono fuori della Nazione e si arrogano dei diritti usurpati, interessandosi di *regolare* i prezzi dell'energia, sia col sistema della concessione di vendita, sia con quello della concorrenza che il Capo del Governo ha rimesso di moda, (e giustamente perchè l'unico efficace) col suo famoso telegramma alla Littoranea di Ancona.

7. Nel numero 30 ottobre, il giornale di cui al paragrafo (2) riportando brani degli articoli di cui ai paragrafi (3) e (5) li fa precedere con un cappello dal quale togliamo questo periodo:

« Insomma le nostre idee camminano, e se i fulmini minac- « ciano ancora, il bersaglio (sic) s'allarga, rendendo inefficaci « certi interventi non sempre legittimi ».

Che cosa diamine c'è sotto?

Fulmini che minacciano *ancora*, e *interventi* passati non sempre legittimi! Che qualcuno avesse in precedenza tirato le orecchie al giornale, e che esso sia stato felice di poter sostituire l'azione diretta con l'indiretta? Mistero.

8. Ecco lo specchietto delle variazioni intervenute alla Borsa di Milano nel periodo dal 22 ottobre al 7 novembre e delle falcidie conseguentemente determinatesi

nella valutazione patrimoniale di alcune delle più importanti imprese elettriche.

SOCIETÀ	Capitale in milioni	Valore nominale delle azioni	Prezzo di compenso 22 ottobre	Prezzo di chiusura 7 novembre	Caduta del prezzo	Falcidia nella valutazione del capitale ossia del credito
						milioni
Adriatica	400	100	154	130	24	96
Cieli	315	175	145	139	6	10,80
Bresciana	150	200	164	149	15	11,25
Valdarno	200	100	128	116	12	24
Emiliana	91	350	288	267	21	5,46
Adamello	450	250	128	122,50	5,50	9,90
Sicilia	210	100	55	49,50	5,50	11,55
Edison ord.	1 350	500	514	416	98	259,64
Sip	1 000	125	83	58,50	24,50	196
Ligure Toscana	260	200	228	219	9	11,70
Lombarda	500	500	306	231	75	75
Meridionale	600	250	200	175	25	60
Terni	600	400	308	264	44	66
Unes	300	50	30	25	5	50
	6426	3300	2731	2361.50	369.50	887.30

9. Nel numero 15 novembre di un giornale orientale, un nostro avversario preconcetto, polemizzando con un amico, trova modo di fare questa assennata, ma purtroppo tardiva dichiarazione:

« .... noi scrivemmo che è saggio e legittimo difendere l'in-
« dustria privata dagli attacchi talvolta avventati in quanto si
« va a toccare il credito delle aziende e perciò la fiducia degli
« azionisti, cioè dei risparmiatori ».

Si confronti al paragrafo (5) quanto era stato invece stampato prima. Manifestamente c'è qualche contradizione.

10. L'industria elettrica italiana di iniziativa privata ringrazia tutti coloro che con la penna e la stampa hanno contribuito a creare i fatti registrati in questo *memento*.

L'ELETTRICITÀ ED IL DIRITTO

Riceviamo in opuscolo, estratto dalla « Rassegna Nazionale », *uno scritto di M. R. Buccella, che riteniamo utile riprodurre per intero :*

Vi sono oggi tendenze, o meglio voci, che vorrebbero gettar all'aria e mutare *ex imis* la legislazione dell'elettricità. Non diciamo il « diritto elettrico » come vorrebbe qualche giurista che ama, se non i concetti, le formule futuriste, e crede si possano specializzare e moltiplicare all'infinito i diritti particolari, come discipline autonome; contro al sano e tradizionale criterio metodologico, che sta fermo ai grandi rami. Il diritto elettrico — o diritto « tecnico », di cui sarebbe un aspetto — non ha alcuna caratteristica propria e differenziale, nell'ordine giuridico, nè un semplice collegamento di trattazione può sollevare a dignità scientifica un coacervo di notizie che possa servire nella pratica agli elettricisti. Lasciamo dunque a dormire questo « nuovissimo » diritto; che taluno ha cercato di esporre, edificando la figura giuridica dell'« energia elettrica », e discutendo a lungo se sia cosa o no, in senso più o meno romanistico, e perfettamente inutile; quando intanto il Codice Rocco è venuto a stabilire che l'energia è cosa, in diritto penale, agli effetti del furto; e — se in diritto civile non abbiamo ancora una dichiarazione esplicita come nella legge elvetica — la nostra giurisprudenza è ormai concorde nel vedere una « vendita di cosa » nel contratto di somministrazione di elettricità. Senza inseguire grandi e fantasiosi piani di nuova sistemazione teorica, ci limitiamo a constatare che le norme interessanti l'impresa elettrica concernono tre momenti — la produzione, la trasmissione, la vendita, — e rientrano, o nelle disposizioni e nelle figure generali dei codici, o in alcune branche di legislazione amministrativa, e specialmente in quella delle acque; come è naturale in Italia, dove la quasi totalità dell'energia elettrica proviene da derivazioni e trasformazioni idrauliche. Chi si aspetta — a giorni — un « Codice elettrico » vero e proprio, s'inganna; perchè il testo unico sia pure Codice (non abbiamo nessuna difficoltà ad usar la parola anche nel campo del diritto pubblico), che sta per esser licenziato dal Governo, in base ad una delega legislativa di qualche anno fa, abbraccierà la legislazione sulle acque pubbliche e sulle varie forme di loro utilizzazione — comprese quelle irrigue ed agrarie — senza limitarsi alla sfera del cosidetto diritto elettrico; che non è soltanto discutibile teoricamente, come abbiamo visto, ma non si può praticamente scindere ed isolare da altre materie legislative.

Che se in definitiva, anche dopo la revisione e sistemazione in corso del testo unico delle acque, si troverà che l'impresa elettrica ha relativamente poche norme sue, e soltanto sue, non vi sarà motivo a dolersene; anzi; sarà una splendida eccezione a quella mania legiferatrice ed a quel diluvio di norme, che è piovuto dappertutto, nell'ultimo mezzo secolo ed ha avute le sue manifestazioni più vistose nell'immediato dopoguerra. La legislazione italiana nell'elettricità è in complesso sobria ed elastica; ed ha il buon gusto di non voler possedere per forza un *suo* pericoloso regno; che inviterebbe a strafare, ed a pretendere di prevedere e regolare ogni e più minuto caso. È stata ed è una savia legislazione, che ha consentito il mirabile sviluppo dell'industria. Si può dire senza paradosso che la stessa legge sulle derivazioni del 1884, — che si presentava come anacronistica perchè non parlava di impianti elettrici, proprio mentre si tentava le grandi trasmissioni a distanza — riuscì praticamente utile, e non imponendo alla nascente industria una cappa di piombo, le permise di svolgersi in piena efficienza, e di raggiungere con le sue forze un razionale coordinamento. Il legislatore si preoccupò d'altra parte di evitare il funesto « parrocchialismo » (di cui ora si lamenta l'Inghilterra) e l'eccessiva ingerenza degli enti locali, che si facevano avanti nella doppia veste di proprietari delle strade, che le condotte elettriche dovevano attraversare, e di protettori dei consumatori, pretendendo di regolare monopolisticamente i servizi di forniture dell'energia. Una leggina Boselli, con pochi articoli, regolò le trasmissioni, estendendo alle condotte elettriche una figura di servitù analoga all'acquedotto; e sottrasse agli enti locali la facoltà di concessione che sostenevano di avere; mentre la successiva legge sulle municipalizzazioni stabilì ciò che aveva accortamente anticipato la giurisprudenza: che cioè gli enti locali possono, sempre che lo credano opportuno, assumersi direttamente l'impresa elettrica (sopratutto come illuminazione) ma senza poteri di monopolio e di regolazione dell'industria privata, che per le sue esigenze tecniche e l'utile pubblico nazionale trascende i confini ed i limiti delle circoscrizioni locali.

Quando scoppiò la grande guerra, il bagaglio legislativo era assai smilzo: la legge del 1884 sulle acque, che sembrava ignorare la elettricità, e la leggina Boselli; non altro; troppo poco di fronte all'importanza che, anche in seguito a grosse campagne d'opinione, avevano assunto nel nostro Paese i problemi della « conquista dell'energia » e della più intensa utilizzazione delle risorse idriche nazionali. La legge Bonomi del 1919 parve una legge ardita; e lo è, nel senso che impostò ed estese il concetto di demanio delle acque, con espressioni ed atteggiamenti conformi alle moderne esigenze. Esisteva fino allora una grande incertezza, ed una insopprimibile autonomia tra le norme del codice civile, che sembravano limitare la demanialità delle acque ai fiumi e torrenti, e le leggi sui lavori pubblici, che parlavano di « acque pubbliche » anche per molti corsi minori. Cos'erano queste « acque pubbliche »? una categoria giuridica diversa dalle acque demaniali? Dottrina e giurisprudenza avevano fatto apprezzabilissimi sforzi per superare in vario modo il contrasto, ed ampliare la sfera delle acque di cui lo Stato poteva disporre, ai fini della migliore utilizzazione; sottraendole all'inerzia ed alla speculazione dei frontisti e dei detentori; per affidarle invece con regolari concessioni alle imprese di trasformazione, che ne avrebbero ricavate forza e vita. La legge del 1919 identificò i concetti di demanialità e di pubblicità; e stabilì che tutte le acque, senza eccezione, avrebbero potuto essere dichiarate pubbliche o demaniali, che è lo stesso, semprechè presentassero « attitudine ad usi di pubblico generale interesse ». La legge provocò strilli e tempestose proteste, fu accusata di essere un'espropriazione senza indennizzo, una misura bolscevica che trattava le acque come i russi trattavano la terra..... In realtà s'era cercato di non produrre molti danni e di rispettare tutte le utenze già in atto, considerandole non come diritto di proprietà privata, ma come concessioni tacitamente avvenute. Fu in sostanza, quella legge, un vasto ed interessante caso di *conversione giuridica* e di adattamento non di soppressione, dei diritti preesistenti; e non meritava gli abbondevoli fulmini e le invettive che l'accolsero al suo apparire;.... tant'è vero che l'abbiamo vista accusata, alcuni anni dopo, alla

Camera di esser « pantofolaia », troppo deferente alla proprietà privata, timida ed atterrita di fronte alla tendenza di proclamare senz'altro demaniali tutte le acque esistenti.

In un altro punto la legge Bonomi fu ragionevolmente ardita, ed — assecondando le campagne d'opinioni allora molto vivaci, — dispose che, alla fine delle concessioni di acque che le rendevano possibili, le installazioni elettriche passassero allo Stato; che avrebbe avuto così la possibilità di esercitarle direttamente, a suo tempo, o anche — il che non è affatto escluso — di provvedere, con mani più libere e sciolte, a nuove concessioni rispondenti alle esigenze tecniche ed economiche di quel tempo futuro. A chi ben veda, la legge del 1919, che vige ancora, ha per così dire accentuato i caratteri del pubblico intervento all'inizio ed alla fine della concessione; all'inizio con la più estesa demanializzazione delle acque, ed alla fine con la devoluzione degli impianti allo Stato. Per quanto riguarda il periodo intermedio di vita e sviluppo dell'impresa elettrica, si lasciò a questa una considerevole libertà di movimento; seguendo per così dire il concetto *produttivistico*, che convenga allo Stato far nascere, più rigogliosa e senza intralci, la mèsse che finirà all'ultimo per raccogliere.

La distribuzione dell'energia è rimasta regolata con i criteri base della leggina Boselli; nessun parrocchialismo di enti locali; e neppure, da parte dello Stato, una commissione amministrativa vera e propria, ma fruttante un'autorizzazione di carattere tecnico. Le leggi successive hanno aggiunto qualche cauto ed oculato intervento; così, per la legge del 1919, il Consiglio superiore dei lavori pubblici ha facoltà di « stabilire le norme per i collegamenti tra gli esistenti impianti di energia elettrica e per gli opportuni accordi tra i diversi concessionari »; ed un'equilibrata circolare del Ministro Giuriati ha chiarito quella facoltà, che dà agli organi statali quanto occorre per ingerenze regolatrici, quando se ne riveli la necessità, senza una forma pesante di procedure e di concessioni, da esperirsi in ogni caso. Bisognerà proprio lagnarsi perchè la necessità d'ingerenze non si è all'atto pratico manifestata; e bisognerà per forza imitare le macchinose e costosissime leggi inglesi che provvedono ad un male — l'atomismo e la mancanza di coordinazione tra gli impianti — che non esiste da noi? Per il consumo e le vendite d'energia la legge del 1919 ha autorizzato ad introdurre nei capitolati delle derivazioni clausole e norme sulle tariffe; ed una legge del 1926, concludendo una serie di provvedimenti resi necessari dalle eccezionali congiunture di guerra e dopo guerra, ha organizzato una procedura arbitrale di revisione delle tariffe elettriche, che può aver luogo ogni cinque anni. Anche qui, dunque, non un controllo intralciante ed inutile d'ogni momento, ma forme più agili e periodiche di *rémise au point*, nell'interesse dei consumatori, senza togliere il respiro e la continuità dell'impresa.

Non altro. La legislazione dell'elettricità è tutta qui. E ci sembra che basti. Beninteso non diremo che le disposizioni attuali siano l'*optimus*, e non possano e debbano essere in più di un punto ritoccate e completate; ciò che occorre è che non si butti a soqquadro il delicato punto di equilibrio finora raggiunto tra ingerenza statale ed attività industriale e — magari per la dubbia soddisfazione di costruzioni giuridiche, del resto discutibilissime, non si pieghi tutta la vita dell'impresa elettrica sotto la morsa di interventi e controlli amministrativi, che non siano veramente indispensabili. In queste materie non sono pericolosi soltanto gli statolatri, gli spiriti imbevuti di socialismo, gli anti-industriali (che se la prendono con l'industria quando « si guadagna »; ed abbiamo visto in un altro articolo che non esistono i lauti lucri); sono pericolosi anche i giuristi « puri », che si lasciano qualche volta trascinare dall'.... estetica giuridica, e da una logica esclusivamente formale dei loro concetti, senza badare alle esigenze sostanziali, concrete, economiche, che debbono determinare e regolare i rapporti del diritto. La legislazione sull'elettricità ha il torto di essere venuta su, senza grandi pretese, a contatto ed in aderenza con la realtà; e di non possedere una simmetria formale ed architettonica, un imponente sistema teorico.... magari di norme non necessarie o addirittura dannose.

Si comincia col chiedere che siano dichiarate, per legge, demaniali tutte le acque esistenti; tutte, anche le sotterranee; si vuole l'onnidemanialità delle acque — come dell'aria e non si osa dire della terra, — quale « esplicazione logica dello stesso concetto di Stato » (sic). Senza perdersi nelle nuvole della filosofia giuridica, si può modestamente osservare che lo Stato possiede già, nelle leggi vigenti un ottimo congegno; ed ha la podestà di demanializzare, con le iscrizioni in elenco, ogni e qualsiasi acqua presenti « attitudine ad un uso di pubblico e generale interesse ». Vale a dire esiste già una demanializzazione virtuale di tutte le acque; e nulla vieta che proprio tutte, senza eccezione, siano dichiarate e trattate come demaniali, ove se ne senta la pubblica utilità. Vi è un semplice ed elementare dilemma, per quanto concerne i minori corsi e sorgenti che non sono ancora in elenco: o si tratta di acque che si possono utilizzare con pubblico vantaggio ed allora si può senz'altro fare un elenco suppletivo; o si tratta di acque che non hanno altra possibilità e convenienza che di usi immediati e diretti dai proprietari della terra circostante ed allora perchè proclamarne solennemente e pomposamente la demanialità, per legge, salvo.... non eseguire la legge, e lasciar praticamente libere le mani ai proprietarii interessati? Un valoroso giurista, oggi scomparso, il Chironi, sostenne vivacemente che tutte le acque sono, per definizione giuridica, pubbliche e demaniali; ed uno dei nostri migliori funzionari, il Petrocchi, portato dall'energia del temperamento e dal senso del dovere a sostenere le tesi dello Stato, sembrò dapprima inclinare alla onnidemanialità; ma poi avvertì acutamente l'assurdità pratica della soluzione, e disse: badate bene; se si vuole che tutte le acque, anche le più insignificanti, siano effettivamente manovrate dallo Stato, bisogna creare una tale nuova ed enorme burocrazia, ed una così complicata macchinosità di licenze e di autorizzazioni, da spaventare gli statolatri più convinti e tenaci. Meglio restare al regime odierno, elastico e graduale, espansivo e dinamico, che si può spingere virtualmente alla demanialità di tutte le acque, ma ove e quando se ne accerti il bisogno.

Il più recente assalto alla legislazione dell'elettricità è stato condotto da un altro giurista di gran valore, il Vacchelli; facendo capo sovratutto ai due concetti di demanio e di servizio pubblico. Due concetti che senza dubbio, come egli dice, sono « a contorni non sempre chiari e definiti »; ma non crediamo si debbano spingere ad abbracciare tutta l'impresa elettrica, nei suoi momenti di produzione, distribuzione e vendita dell'energia. Il Vacchelli appare molto impressionato dall'analogia tra la rete stradale e ferroviaria e la rete di trasmissione dell'elettricità; e — tenendo conto che l'energia trae origine da acqua demaniale, e l'impianto idroelettrico, a fine di concessione, è devoluto allo Stato — ravvisa fin d'ora, in tutta la vita dell'impresa elettrica un carattere di demanialità, oltrechè di pubblico servizio, che richiede una meticolosa ingerenza statale ed un regime rigido di concessione. Per verità *a*) non sembra che la figura giuridica del demanio possa basarsi soltanto sopra una somiglianza, più apparente che sostanziale, fra le strade ed i fili elettrici; *b*) mentre d'altro lato dalla devoluzione degli impianti a fine concessione può dedursi, caso mai, una designazione di demanio futura e potenziale, non attuale; e nulla giustifica, e la contraddizione non consente, di trattar subito come demaniali cose che le leggi considerano intanto nella proprietà privata degli esercenti; *c*) infine, dal fatto che l'elettricità si produce con acqua demaniale non si può dedurre che all'elettricità si applicano senz'altro i caratteri di demanio, giacchè (come è stato argutamente osservato) dal fatto che i pesci si prendono nelle acque pubbliche non si argomenta che esse sono demaniali, e la pesca un servizio pubblico.

Il Vacchelli inclina a ritenere demaniali « tutti i beni destinati a produrre un'utilità indispensabile alla società »; ma occorre guardarsi da applicazioni troppo letterali; che condurrebbero a trattar come demaniali le case, i panifici, tanti altri beni di indispensabile necessità, che sono tranquillamente di proprietà e gestione privata. Vi sono (lo ha ricordato in pagine bellissime il Ranelletti) necessità e bisogni essenziali della società che lo Stato abbandona al libero giuoco delle iniziative private, e lascia nella sfera del diritto privato anzichè del pubblico, in quanto lo Stato stesso giudica che così siano meglio e più economicamente raggiunti gli scopi sociali e salvaguardati i comuni interessi. Tal concetto risponde precisamente a quanto dispone la Carta del Lavoro; che si deve lasciare alle iniziative private quanto da esse si può ottenere, senza scopo d'intervento statale, di meglio confacente alle pubbliche finalità. Riconosciamo anche noi, col Vacchelli, che il concetto di demanio ha ricevuto negli ultimi tempi una notevole dilatazione e trasformazione; e crediamo anzi di precisar meglio questo processo modificativo, che viene in luce tipicamente nel demanio idrico, concesso appunto all'elettricità. La vieta concezione di acque demaniali si limitava ai beni sottoposti ai cosidetti « usi pubblici », universali, immediati, gratuiti; di tutti e ciascun cittadino (era tipico il diritto di Navigazione) e la demanialità, come pertinenza del bene allo Stato, era l'*altro lato* dell'uso pubblico, la sua conseguenza, la garanzia, che lo Stato doveva dare del suo esercizio. La categoria degli « usi pubblici » sulle acque, così impregnata di giusnaturalismo, è ormai superata dalla nuova estensione del demanio idraulico, che comprende non più soltanto, come nel codice Napoleone, le acque navigabili; ma tutte le acque che come dice la nostra legge, siano atte ad « usi di pubblico generale interesse »; che è figura ben diversa dagli « usi pubblici » d'un tempo; tant'è vero che la concessione di acque in particolari utenze (idroelettricità irrigazione ecc.) esclude il contemporaneo e famoso uso, universale e gratuito. Ma come non esistono, secondo l'odierna concezione, usi di diritto naturale dei cittadini, non esiste neppure un de-

manio di diritto naturale dello Stato. Ed è lo Stato che valuta, a seconda dei casi e dei momenti, l'indispensabilità, e l'attitudine agli usi di pubblico generale interesse, che gli fanno attribuire la demanialità a determinati beni. Il riconoscimento delle utilità indispensabili si riduce ad un giudizio di necessità d'intervento, che è criterio eminentemente storico e relativo. Non esistono, ripetiamo, demani naturali, come non esistono categorie fisse di utilità indiscutibili. Qualora si badasse all'elemento astratto ed assoluto della utilità ed indispensabilità sociale, qualcosa dovrebbe essere più demaniale, come si è detto, delle abitazioni e dei forni? Eppure dappertutto, tranne che in Russia, sono di proprietà privata, perchè lo Stato ritiene che si possa meglio provvedere al loro bisogno ed alla produzione relativa, lasciandoli alla privata iniziativa. Demanialità e proprietà privata sono due regimi giuridici che si possono applicare alle stesse cose; e la scelta tra i due regimi non dipende da una cogitazione filosofica, ma dal giudicare se, nell'una via o nell'altra, si possono ottenere migliori risultati. Fino ad oggi, e speriamo per molto, il legislatore italiano è persuaso che la produzione, la distribuzione e la vendita dell'elettricità debbono — con le debite vigilanze che spettano allo Stato anche su questa sfera — volgersi nel campo e nelle forme dell'attività privata. Secondo le leggi italiane l'impianto d'una azienda elettrica non è obbietto di concessione; tant'è vero che ciascuno può liberamente fabbricarsi un impianto termico d'elettricità; la concessione viene fuori, in quanto e perchè occorre derivar acque; è concessione di acque non di elettricità; ed innegabilmente influisce ed investe lo svolgimento dell'impresa elettrica che ne sorge; (di qui che le clausole che la riguardano nel disciplinare di derivazione); ma non bisogna confondere le cose; e considerare senz'altro come demanio l'elettricità; e creare una « concessione dell'impresa elettrica » che per la sua portata e le sue conseguenze sarebbe dannoso.

Anche pel concetto — « ad orli indeterminati »; dice il Vacchelli — di servizio pubblico, va ugualmente ribadito che non vi sono servizi pubblici di diritto naturale; almeno in quel campo che, secondo una distinzione ormai classica si attiene alla cosidetta funzione sociale dello Stato, ossia ai compiti che esso si assume, oltre e al di fuori della funzione più strettamente giuridica, che si esplica nei tribunali, nella difesa militare ecc. Cento anni fa molti servizi che ora sono trattati e esercitati come servizi pubblici erano lasciati alla libera attitivà dei privati; e viceversa venivano, per la difficoltà tecnica della loro prestazione, ed anche per ragioni regalistiche e fiscali, esercitati da enti pubblici, servizi che ora sono lasciati alle private iniziative. Non vi sono servizi pubblici per definizione. E l'elettricità? è un servizio pubblico? Sì; (dice anche il capo delle industrie elettriche italiane, l'on. Motta, presidente della UNFIEL, che si batte con tanta vivacità e competenza contro le pretese eccessive d'ingerenza statale); ma dal riconoscimento dell'elettricità quale servizio pubblico *latu senso* non si possono trarre tutte le conseguenze che vorrebbe, ad esempio il Vacchelli. Servizio pubblico non vuol dire sempre la stessa cosa; vi sono sensi più lati e più ristretti di tale espressione; e gli equivoci sorgono per la coesistenza e la gradualità della significazione. Può esser chiamato servizio pubblico il compito che lo Stato si assume in un dato ramo di attività economica e sociale, anche se non arriva sino alla gestione statale o al regime di concessione; ma si esplica con una funzione di vigilanza, di tutela, di intervento, anche parziali, che bastano ad assicurare la miglior gestione privata del servizio. Soltanto in questo senso si può parlare di servizio pubblico dell'elettricità. La quale non dà nella nostra legislazione, luogo ad un servizio pubblico in senso stretto, quale vi sarebbe se tutto lo svolgimento dell'impresa elettrica fosse esercitato dallo Stato o sottoposto *tutto* a concessione. Non si dimentichi: secondo il sistema vigente in Italia — esiste un demanio di acque ed una concessione della loro derivazione; non esiste una concessione dell'impresa elettrica come tale, nè al momento dell'impianto nè della trasmissione, nè della vendita; esistono soltanto possibilità, previste dalle leggi, di vigilanze ed interventi statali che bastano a tutelare l'interesse pubblico, senza che si debba ricorrere ad una sistematica giuridica di demanii e servizi pubblici *strictu sensu*. Le costruzioni teoriche, come quella del Vacchelli potrebbero apparire inverse; ma sono cavalli di Troja, per le conseguenze pratiche che, una volta ammesse, se ne vorrebbe ricavare.

Tutto sommato è da andar molto cauti a criticare e rimaneggiare la vigente legislazione. Essa non sarà un capolavoro di simmetria dottrinale; ma noi preferiamo che — più che alle astrazioni meramente giuridiche — risponda al metodo del diritto romano, di cui noi italiani siamo orgogliosi, di un adattamento pratico alle esigenze concrete della vita economica e sociale.

Atti Ufficiali

dell'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche (UNFIEL)

SCHEMA DI NORME PER I TRASFORMATORI DI MISURA

A termini dell'art. 10 *dello Statuto del Comitato Elettrotecnico Italiano, pubblichiamo qui appresso lo « Schema di Norme per i trasformatori di misura » elaborato dal Sottocomitato Strumenti di misura del C. E. I. stesso.*

Le osservazioni e proposte di modifiche eventuali dei Soci Tecnologici dovranno essere trasmesse entro tre mesi dalla data di pubblicazione, alla Presidenza del C.E.I., con il tramite del quale verranno sottoposte all'esame del Sottocomitato Strumenti di Misura per la decisione definitiva.

CAPITOLO I.

DEFINIZIONI.

101. *Trasformatori di misura.* Sono trasformatori statici destinati ad alimentare col loro secondario esclusivamente istrumenti di misura indicatori, registratori, integratori ed eventualmente relais.

Essi constano di un avvolgimento primario, che viene connesso al circuito sul quale si vuol fare la misura e di un avvolgimento secondario, isolato rispetto al primario, che alimenta gli strumenti di misura o relais.

102. *Trasformatori di corrente.* Sono quei trasformatori di misura il cui avvolgimento primario è percorso dalla corrente di cui si vuol misurare l'intensità. Saranno nel seguito designati brevemente con TA (trasformatori amperometrici).

103. *Trasformatori di tensione.* Sono quei trasformatori di misura il cui avvolgimento primario è derivato dalla tensione che si vuol misurare. Saranno nel seguito designati con TV (trasformatori voltmetrici).

104. *Tensione di esercizio* (V_e) di un trasformatore di misura è la tensione più elevata alla quale può essere sottoposto, in esercizio, il primario del trasformatore.

Ad essa sono riferite le prove di isolamento (v. art. 202) e per i TV, quelle di riscaldamento (v. art. 411-412).

105. *Intensità primaria* (I_1) *e secondaria* (I_2) *nominali di un trasformatore d'intensità.* Sono le intensità in Ampère indicate sulla targhetta, e per le quali il trasformatore viene fornito. La corrente secondaria nominale è normalmente 5 A.

106. *Tensione primaria* (V_1) *e secondaria* (V_2) *nominali di un trasformatore di tensione.* Sono le tensioni in Volta indicate sulla targhetta, o per le quali il trasformatore è costruito.

Ad esse sono riferiti i limiti d'errore (v. art. 431).

La tensione primaria nominale può anche essere diversa da quella di esercizio.

La tensione secondaria nominale è normalmente compresa fra 100÷120 V.

107. *Rapporto nominale* (K_n) di un trasformatore di misura è il rapporto tra la grandezza primaria nominale e quella secondaria nominale (per i trasformatori d'intensità $K_n = \frac{I_1}{I_2}$ per quelli di tensione $K_n = \frac{V_1}{V_2}$). Esso sarà preferibilmente un numero multiplo di 2 o di 5.

108. *Rapporto effettivo* (K) è il rapporto tra la grandezza primaria e quella secondaria nelle condizioni considerate.

109. *Prestazione* di un trasformatore di misura è la potenza richiesta dal complesso degli apparecchi alimentati dal suo secondario (in serie per i TA, in parallelo per i TV). Essa viene definita indicando il numero dei Voltampere (VA) richiesti da tale complesso (in corrispondenza del valore nominale della grandezzà primaria) col relativo fattore di potenza ($\cos\psi$).

110. *Errore di rapporto* di un trasformatore di misura per una determinata prestazione e per una determinata corrente o tensione primaria è l'errore percentuale derivante dalla differenza tra il rapporto nominale e quello effettivo. Esso è perciò definito da:

$$\eta = \frac{K_n - K}{K} \times 100$$

L'errore è perciò positivo quando la grandezza secondaria è maggiore di quanto dovrebbe essere in base al rapporto nominale.

Nota all'Art. 110. *Questa espressione dell'errore coincide con quelle adottate dalla C. E. Internazionale:* $\eta = \frac{K_n I_2 - I_1}{I_1} 100$ *per i* TA, *e* $\eta = \frac{K_n V_2 - V_1}{V_1} 100$ *per i* TV, *dove* $I_2 I_1$, $V_2 V_1$ *sono i valori effettivi delle correnti o delle tensioni nelle condizioni considerate.*

111. *Angolo d'errore.* Angolo d'errore di un trasformatore di misura è lo spostamento angolare ε fra il vettore rappresentativo della grandezza primaria e quello della secondaria invertita. Esso si considera positivo quando la grandezza secondaria invertita *precede* la primaria. È raccomandabile di esprimere sempre l'angolo di fase in *centiradianti* o in valore di 100 . sen ε.

112. *Errore di fase.* Errore di fase è l'errore che, nelle misure di potenza e di energia, deriva dall'essere ε diverso da zero. L'errore è espresso in % da $+ \varepsilon \tan\varphi$ per i TA e da $- \varepsilon \tan\varphi$ per i TV, essendo φ il ritardo di fase del carico considerato.

Nota. Per gli usi pratici si può ritenere : 60 *minuti* = 1,8 *centiradianti* = 1,8 *di* 100 sen ε.

113. *Prestazione nominale* di un trasformatore di misura è quella prestazione che il trasformatore può dare senza che gli errori di rapporti e gli angoli di errore superino i valori dati dagli articoli 331 e 431.

114. *Prestazione massima* di un trasformatore di misura è quella che esso può dare indefinitamente senza che i suoi sovrariscaldamenti superino i valori indicati agli articoli 311, 411 e 412.

CAPITOLO II.

PRESCRIZIONI GENERALI.

201. I trasformatori di misura costruiti secondo le prescrizioni delle presenti norme dovranno portare sulla targa la sigla del C.E.I.

202. *Prove di rigidità dielettrica* (isolamento esterno):

a) L'isolamento dell'avvolgimento primario dei trasformatori di misura sarà provato applicando per 1' tra di esso e l'avvolgimento secondario collegato alla massa, una tensione alternata V, definita dalle formole seguenti:

per tensioni d'esercizio fino a 5 kV

$$V = 1{,}1\ V_p + V_e$$

per tensioni d'esercizio oltre 5 kV

$$V = 1{,}1\ V_p + 5$$

nelle quali V_p è la tensione di prova in kV stabilita dalle norme del C.E.I. per i trasformatori di potenza, in base alla tensione d'esercizio V_e.

b) L'isolamento del secondario sarà provato per un minuto a 2000 V, applicati fra il rame secondario e la massa.

c) Per il caso di trasformatori in cui l'avvolgimento primario o secondario sia costituito da due o più parti separate, ognuna di queste parti dovrà essere provata ad una tensione di 2000 V per 1', applicata tra essa e tutte le altre parti collegate metallicamente.

203. *Sensi di connessione.* I sensi di connessione dei trasformatori di misura devono risultare in modo chiaro dalle indicazioni ai morsetti. In genere sarà sufficiente indicare con uno stesso segno un morsetto primario e il secondario corrispondente.

Nota. La corrispondenza va intesa nel senso che, se si potesse sopprimere il trasformatore, i due conduttori facenti capo ai morsetti corrispondenti dovrebbero essere collegati insieme.

CAPITOLO III.

PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER I TRASFORMATORI DI CORRENTE.

1. - Limiti di riscaldamento.

311. Le sopraelevazioni di temperatura dei trasformatori di corrente provati con una corrente primaria eguale a 1,25 volte la nominale e in condizioni di prestazione secondaria nominale, non devono sorpassare quelle ammesse nelle norme del C.E.I. per i trasformatori di potenza.

312. Un trasformatore di corrente deve poter funzionare indefinitamente senza danno *a circuito secondario aperto*, salvo che esso sia munito di un dispositivo automatico (valvola di tensione) di messa in corto circuito del secondario in caso di interruzione del circuito alimentato.

2. - Prove elettriche e meccaniche combinate.

321. Un trasformatore di corrente, in condizioni di prestazione nominale, deve poter sopportare per un secondo una corrente primaria di 50 volte la normale, senza danni permanenti.

3. - Limiti di errore.

331. A seconda del grado di precisione, i trasformatori d'intensità sono classificati in tre classi, distinte dalle lettere *P, Q, R*. Per dette classi gli errori di rapporto e gli angoli di errore massimi ammissibili sono indicati nella seguente tabella, tenendo presente che essi si riferiscono a qualsiasi prestazione secondaria compresa tra 0 ed il 100% della nominale, con un fattore di potenza della prestazione stessa (cos ψ) compreso tra 0,6 in ritardo e 1.

Classe	Percentuale della corrente primaria nomin.	Errore di rapporto %	Angoli di errore	
			in minuti	centiradianti
P	10	± 1	60	1,8
	20	± 0,75	40	1,2
	100	± 0,5	30	0,9
	120	± 0,5	30	0,9
Q	10	± 2	120	3,6
	20	± 1,5	80	2,4
	100	± 1	60	1,8
	120	± 1	60	1,8
R	come classe Q		nessuna prescrizione	

Se il trasformatore è munito di resistenza di protezione in derivazione sul circuito primario, le prove saranno fatte con la resistenza stessa in circuito.

Nota. Le classi P *e* Q *corrispondono rispettivamente alle classi* 0,5 *ed* 1 *della C.E.I. con la sola differenza che, per queste, i limiti di errore valgono per prestazioni comprese tra il* 25 *ed il* 100% *di quella nominale, con cos* ψ = 0,8.

4. - Targa e indicazioni relative.

341. *Indicazioni* da porre sulla targa di un trasformatore d'intensità:

Sigla del C. E. I.
Nome della Ditta costruttrice.
Tipo.
Numero di fabbricazione.
Corrente primaria e secondaria separate da una barra.
Classe e prestazione nominale separate da una barra.
Tensione di esercizio.
Frequenza o limiti di frequenza.

> Ditta
> Tipo TA... n. 563746
> Rapporto 100/5
> Classe P/40 Tensione d'eser. 120 kV
> f = 40÷60

342. *Trasformatori a più rapporti.* Nei trasformatori di misura a più rapporti nei quali alla variazione del rapporto nominale corrisponda una variazione della prestazione nominale, si indicherà per ogni rapporto la relativa prestazione; in caso contrario, s'intende che la prestazione nominale indicata si riferisce al rapporto che ammette minore prestazione.

CAPITOLO IV.

PRESCRIZIONI PARTICOLARI PRE I TRASFORMATORI DI TENSIONE.

1. - Limiti di riscaldamento.

411. Le sopraelevazioni di temperatura dei trasformatori di tensione provati con una tensione primaria eguale a 1,25 volte quella d'esercizio, e in condizioni di prestazione secondaria massima, non devono sorpassare quelle ammesse nelle Norme del C. E. I. per i trasformatori di potenza.

412. I trasformatori di tensione, in condizioni di prestazione massima, devono poter sopportare una tensione primaria eguale 1,5 volte quella d'esercizio, per la durata di 10', senza subire sopraelevazioni di temperatura superiori a quelle ammesse dalle norme del C. E. I. per i trasformatori di potenza.

2. - Prove speciali.

421. *Verifica d'isolamento fra le spire.* L'isolamento tra le spire di un trasformatore di tensione sarà provato per la durata di un minuto, eccitando l'avvolgimento secondario a una tensione alternata tale che ai capi dell'avvolgimento primario si abbia una tensione doppia di quella d'esercizio, ad una frequenza tale che la corrente assorbita dal secondario stésso non danneggi il trasformatore.

422. Per i *trasformatori di tensione* monofasi o trifasi, da inserire *con un polo primario a terra*, la prova di rigidità dielettrica tra il primario e il secondario e la massa, dovrà essere fatta eccitando l'avvolgimento secondario con una tensione alternata monofase o trifase equilibrata, tale che il primario dia una f. e. m. uguale alla tensione di prova indicata dall'art. 201 *a*) in base alla tensione d'esercizio, mantenendo il polo primario, destinato ad essere connesso a terra, collegato metallicamente al secondario ed alla massa. La frequenza della tensione di alimentazione dell'avvolgimento secondario sarà tale che la corrente assorbita dal secondario stesso non danneggi il trasformatore.

Questa prova sostituisce quelle indicate ai paragr. 202 *a*) e 421.

3. - Limiti di errore.

431. A seconda del grado di precisione, i trasformatori di tensione sono classificati in due classi, distinte dalle lettere *P* e *Q*. Per dette classi gli errori di rapporto e gli angoli di errore massimi ammissibili sono indicati nella seguente tabella, tenendo presente che essi si riferiscono a qualsiasi prestazione secondaria compresa tra 0 ed il 100% della nominale, con un fattore di potenza della prestazione stessa (cos ψ) compreso tra 0,6 in ritardo e 1.

Classe	Percentuale della tensione nominale	Errore di rapporto %	Angoli di errore	
			in minuti	in 100 sen ε
P	80÷120	± 0,5	20	0,6
Q	80÷120	± 1	40	1,2

Nota. Le classi P *e* Q *corrispondono alle classi* 0,5 *e* 1 *della C.E.I. con la sola differenza che, per queste, i limiti di errore valgono per prestazioni comprese tra il* 25 *ed il* 100% *di quella nominale, con cos* ψ = 0,8.

432. *Trasformatori di tensione trifasi.* Per i trasformatori di tensione trifasi o per i gruppi di monofasi destinati ad essere inseriti a stella in un circuito trifase, valgono le prescrizioni di esattezza sopra indicate, riferite alle tensioni concatenate, quando il primario sia derivato da un circuito trifase a tensioni equilibrate. Qualora il neutro secondario fosse accessibile, le prescrizioni devono essere soddisfatte anche per ciò che riguarda le tensioni semplici.

4. - Targa e indicazioni relative.

441. *Indicazioni* da porre sulla targa di un trasformatore di tensione:

Sigla del C.E.I.
Nome della Ditta costruttrice.
Tipo.
Numero di fabbricazione.
Tensione primaria e secondaria nominale, separata da una barra.
Classe e prestazione nominale in VA, separate da una barra.
Prestazione massima (facoltativa).
Tensione d'esercizio.
Frequenza o limiti di frequenza.

Esempio:

> Ditta
> Tipo TV... n. 563849
> Rapporto 15000/100
> Classe Q/60/150 Tens. d'eser. 15,5 kV
> f = 40÷60

442. *Trasformatori a più rapporti.* Nei trasformatori di misura a più rapporti nei quali alla variazione del rapporto nominale corrisponda una variazione della prestazione nominale, si indicherà per ogni rapporto la relativa prestazione; in caso contrario s'intende che la prestazione nominale indicata si riferisce al rapporto che ammette minore prestazione.

PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazioni di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali ecc. La massima viene desunta fal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

207 — *Concessioni idroelettriche - Modalità tecniche - Limitazione di utilizzazione a salvezza di emunzioni dal subalveo preesistente.*

Fra le condizioni inserte nel disciplinare di una concessione idroelettrica può esservi quella di limitare l'utilizzazione del corso d'acqua al di là di certe portate quando le opere eseguite diminuiscono una precedente concessione di utilizzazione di acque emunte dal subalveo.

D. R. 8 ottobre 1930. Concessione Società Anselmino dal fiume Bormida in Comune di Savona. Parere Cons. Sup. 15 giugno 1929. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, p. 1029).

208 — *Concessioni idroelettriche - Condizioni tecniche in relazione alle modalità imposte per la salvezza delle utenze preesistenti.*

Fra le condizioni di una concessione idroelettrica può esservi l'obbligo di provvedere alle trasformazioni tecniche necessarie negli impianti in guisa da non aggravare o pregiudicare gli interessi degli utenti preesistenti.

Come al N. precedente, ivi, pag. 1035.

209 — *Concessioni idroelettriche - Termini di esecuzione e relative modalità.*

Il disciplinare speciale di una concessione idroelettrica può imporre non solo i termini di tempo per la presentazione del progetto definitivo e per l'inizio e compimento delle espropriazioni ma anche quelli per l'inizio dei lavori trascorso il termine di presentazione del progetto e, per tale inizio, il disciplinare può prescrivere che esso si avveri con adatta organizzazione dei lavori.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 1036.

210 — *Concessioni idroelettriche - Irrilevanza della opposizione presentata in serie di istruttoria che eccepisce la possibilità di ulteriori più ampie utilizzazioni.*

Non ha fondamento e deve essere respinta una opposizione presentata (nella specie da un Ente pubblico: il Comune) colla motivazione che la concessione idroelettrica in esame dovrebbe esser consentita alla condizione di decadenza in favore di qualsiasi altro Ente o privato che fosse per richiedere lo sfruttamento più ampio e completo del corso d'acqua.

Nè è da accogliersi tale opposizione in quella parte che, subordinatamente, invoca la sola concessione provvisoria.

E ciò in quanto la concessione richiesta apporta un notevole miglioramento nello sfruttamento del corso d'acqua, mentre ulteriori più ampie utilizzazioni sono sempre possibili e concessibili in base alle disposizioni di legge che disciplinano, in ogni futuro caso, l'assorbimento, colle opportune garanzie di tutela, delle precedenti minori utilizzazioni.

D. R. 2 ottobre 1930. Concessione Soc. Orobia dal torrente Troggia (Comune di Como). Cons. Sup. LL. PP. Parere N. 3078 del 29 ottobre 1929. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, p. 1051).

211 — *Concessioni idroelettriche - Limitazione di utilizzazione rispetto alla quantità d'acqua che deve restare fluente anche durante le massime magre - Revocabilità della concessione.*

Stabilita nel disciplinare la quantità d'acqua esclusa dalla concessione di derivazione d'acqua e che deve comunque restar fluente, anche nelle massime magre, il disciplinare, a sanzione delle garanzie da osservarsi, può prevedere una multa (nella specie di L. cinquanta al giorno di mancata defluenza) da applicarsi insindacabilmente dai funzionari del genio civile.

E, nello stesso disciplinare può essere genericamente prevista la clausola di sostituibilità — per quanto riferita alle disposizioni vigenti — e revocabilità della concessione, testualmente nella forma seguente: « Lo Stato si riserva la facoltà di sostituire in qualunque tempo, sia definitivamente sia per un periodo determinato e prorogabile (?) alla quantità d'acqua o di energia elettrica della concessione, una quantità di acqua o di energia equivalente corrispondente, nella misura e nell'uso (*sic*) senza alcun onere o danno pel concessionario, fermi restando tutti gli altri patti del presente atto, *salvi gli altri diritti che, in virtù delle disposizioni vigenti derivano allo Stato dal carattere revocabile della concessione* ».

D. R. 10 luglio 1930. Concessione Cartiere Meridionali. Derivazione dal Liri, in Comune di Isola Liri (Prov. di Frosinone). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 2409 del 15 settembre 1925. (*Boll. Min. LL. PP.* 1930, p. 2523).

212 — *Concessione idroelettrica - Clausole di eventuali nuove e maggiori garanzie a tutela delle precedenti utenze legittime.*

Fra le condizioni particolari cui deve soddisfare una derivazione idroelettrica, oltre quella della limitazione di utilizzazione parziale della portata dal fiume, può esservi quella che l'Amministrazione si riserva la facoltà di prescrivere e la Ditta concessionaria si impegna ad eseguire « quelle maggiori opere di controllo che l'Amministrazione governativa crederà necessarie perchè non venga turbata a danno degli utenti inferiori il regime del torrente ».

D. R. 23 aprile 1931. Concessionaria Soc. « Ovesticino ». Derivazione dal torrente Chiusello in Comune di Vistrorio (Torino). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 1057 del 15 aprile 1929. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1921, p. 2536).

213 — *Concessione idroelettrica - Imposizione di fornitura di apparecchi idrografici destinati al controllo dell'utilizzazione - Devoluzione di proprietà di tali apparecchi.*

Fra le garanzie da osservarsi dal concessionario di una derivazione idroelettrica può essere inserta quella che la Ditta concessionaria dovrà provvedere all'acquisto e sistemazione di quegli apparecchi idrografici che il Genio Civile riterrà necessari per gli accertamenti relativi alla utilizzazione, coll'obbligo di curare il funzionamento di detti apparecchi che passeranno di proprietà del Genio Civile.

D. R. 18 settembre 1930. Concessione Baracchini. Derivazione dal Magra, nel Comune di Villafranca Lunigiana (Prov. di Massa). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 2788 del 29 ottobre 1927. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, p. 533).

214 — *Concessione idroelettrica - Clausola di obbligatorietà della utilizzazione effettiva entro un termine dal collaudo - Durata di tale termine.*

La disposizione del disciplinare di una concessione idroelettrica relativa al termine di utilizzazione obbligatoria dell'acqua concessa, può prescrivere, per derivazioni di non grande entità (nella specie HP 325) un termine anche breve — nella specie di tre mesi dalla data del provvedimento ministeriale — di approvazione del collaudo, entro il quale la Ditta concessionaria, sotto pena di decadenza, dovrà utilizzare l'acqua concessa.

D. R. 18 settembre 1930. Concessionario Sadini Ing. T. Concessione di derivazione dal Fiora in Comune di Santafiora (Prov. di Grosseto). Parete Cons. Sup. LL. PP. N. 3196 del 29 ottobre 1929. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, pag. 546).

215 — *Concessione idroelettrica - Clausole di interesse militare.*

Fra le clausole di interesse militare introdotte in un disciplinare di derivazione d'acqua pubblica può esservi la seguente: « È fatto divieto assoluto al concessionario di introdurre varianti di qualsiasi natura ai progetti primitivi di cui si fa la concessione ».

Come al Num. precedente, ivi, pag. 550.

216 — *Procedura istruttoria di concessione idroelettrica - Opposizioni successivamente transatte - Reiezione.*

Le opposizioni presentate durante l'istruttoria di una domanda di concessione idroelettrica, opposizioni successivamente transatte fra l'opponente e il progettista aspirante, vengono nel decreto di concessione dichiarate formalmente « da respingersi » a seguito dell'intervenuta transazione.

D. R. 7 luglio 1930. Concessione Soc. Elettrica Milani. Derivazione dall'Adige presso il forte di S. Caterina. Parere Cons. Sup. LL. PP. 30 novembre 1928 e 28 gennaio 1930, N. 3166 e 298. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, pag. 8).

NOTE E RIASSUNTI

LE PIÙ GRANDI TURBINE IDRAULICHE DEL MONDO

Il nostro collaboratore Giorgio Willock ci ha comunicato dei dati interessanti relativi all'impianto idroelettrico di Vargön (Svezia), che riportiamo volentieri, perchè trattasi di notizie poco diffuse e che possono suscitare curiosità e desiderio di ricerca e di studio a qualcuno dei nostri lettori per le novità che presentano.

L'impianto che descriviamo fa parte di un importante piano di regolazione delle acque che il lago Venern scarica nel suo

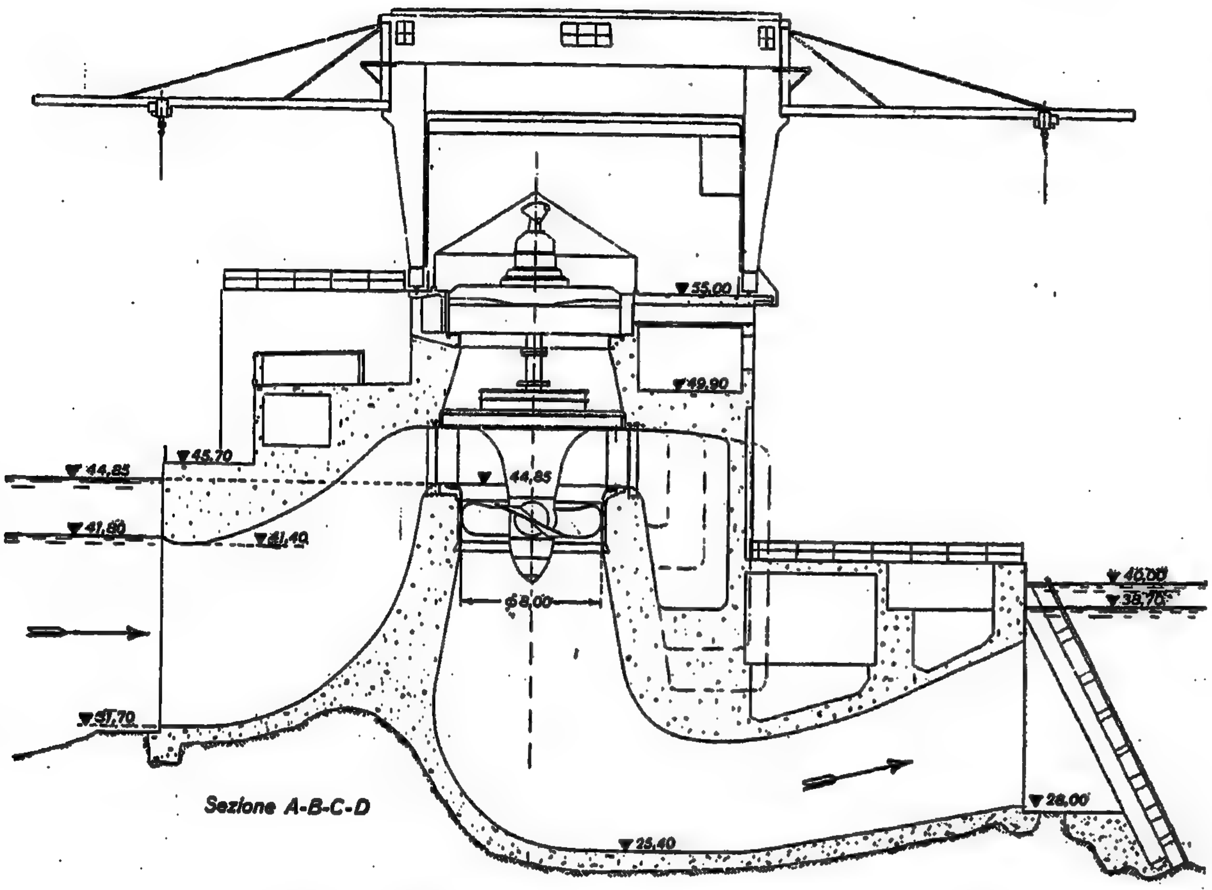


Fig. 1. - Sezione verticale di un gruppo e dei tubi.

emissario Göta ed entra in quella serie di impianti idroelettrici di una certa importanza che appartengono allo Stato e vengono studiati e costruiti dal R. Comitato per gli impianti idraulici della Svezia. In una prima fase dei lavori soltanto due gruppi verranno installati: se ne aggiungeranno altri due appena portato a termine il piano di regolazione sopra detto.

Vargön è sul fiume Göta, a pochi chilometri di distanza dal lago Venern e a ca. km 80 a nord di Göteborg. Il lago è grande, ha una superficie di circa kmq 5600 ed è il quarto per superficie tra i laghi dell'Europa; in esso si intende accumulare l'acqua quando le richieste di energia all'Impianto di Vargön sono basse, per utilizzarla quando le dette richieste sono elevate.

Questo impianto è caratterizzato dalle imponenti quantità d'acqua che si utilizzeranno complessivamente e per ogni gruppo, dalla grandezza delle ruote delle turbine e dalla loro disposizione rispetto al livello massimo dell'acqua a monte (fig. 1).

Ogni turbina, con una velocità di 46,8 giri/minuto, utilizzerà una portata massima di 280 mc/sec, con una caduta variabile da m 3,10 a m 4,85, sviluppando una potenza minima di HP 10 500 ed una massima di HP 16 000.

Le ruote hanno un diametro di m 8 e sono le più grandi fra quelle finora installate nelle centrali più importanti del mondo (1); il peso di una ruota è di t 150 e di una turbina completa di t 650; il massimo diametro del distributore è di m 10,40.

(1) Nel 1926 il primato era delle ruote dell'Impianto di Lilla Edet (Svezia), le quali avevano m 6 di diametro; successivamente il primato è passato prima alle ruote installate nell'Impianto di Schwörstadt (Germania), il cui diametro era di m 6,80, e poi alle ruote che si stanno installando a Swir (Russia) ed hanno un diametro di m 7,30; attualmente è tenuto dalle ruote dell'Impianto idroelettrico di Vargön.

Dalla fig. 1 si rileva facilmente come parte del tubo a spirale di adduzione e il distributore di ogni turbina siano stati disposti al disopra del livello massimo dell'acqua a monte: con questa nuova disposizione « a sifone » si cerca di avere un funzionamento migliore della turbina e dei rendimenti più elevati. Questa è la prima volta che la nuova disposizione viene provata; prima però sono state eseguite prove su opere in piccola scala, con risultati buoni.

Quando si vuol far funzionare la turbina, si crea il vuoto nello spazio libero che si ha nella parte superiore del tubo di adduzione e l'acqua sale e riempie questo spazio; vengono quindi aperte le pale del distributore e della ruota e l'acqua passa nella turbina trascinando ogni residuo di aria e stabilendo un vero sifone tra il bacino a monte a quello a valle. Il sifone è costituito dal tubo a spirale di adduzione, dalla turbina e dal tubo di aspirazione e di scarico.

Le turbine sono del tipo Kaplan ed hanno la ruota e il di stributore con pale regolabili automaticamente mediante lo stesso regolatore ad olio in pressione; l'albero è cavo internamente ed all'esterno ha un diametro di ca. mm 900; per l'accoppiamento all'albero dell'alternatore si è provveduto ad una solida flangia forgiata.

I vantaggi offerti dalla nuova disposizione delle turbine sono tanti: fra questi c'è quello di poter eliminare le paratoie agli imbocchi; non meno importante è la notevole riduzione del lavoro di scavo, e della spesa conseguente, per la posa della turbina. Concludendo, la nuova disposizione offre una soluzione più economica per gli impianti a bassa caduta, rende perciò oggi conveniente la costruzione di molti di quegli impianti che prima erano considerati non proficui.

Ai vantaggi accennati se ne aggiunge un altro per l'impianto molto succintamente descritto, la eliminazione della sala macchine: la Centrale è all'aperto ed ogni alternatore è protetto da una semplice copertura in lamiera. All'aperto e con una protezione semplice come quella degli alternatori è pure una gru mobile a ponte, che ha lateralmente due gru girevoli ausiliarie, con le quali si raggiunge ogni punto della Centrale.

La costruzione delle due turbine è stata affidata una per ciascuna, alle due più importanti case costruttrici della Svezia, Nydqvist e Holm A/B. (Trollhättam) e Verkstaden (Cristiania); quella degli alternatori alla ASEA.

I lavori di scavo sono stati iniziati da diversi mesi e nel settembre scorso si prevedeva di cominciare ed ultimare il lavoro di rivestimento con piastre d'acciaio de' tubi di aspirazione; la posa delle turbine si inizierà nel maggio 1933 e per l'autunno dello stesso anno si prevede di far marciare i due gruppi.

f. j.

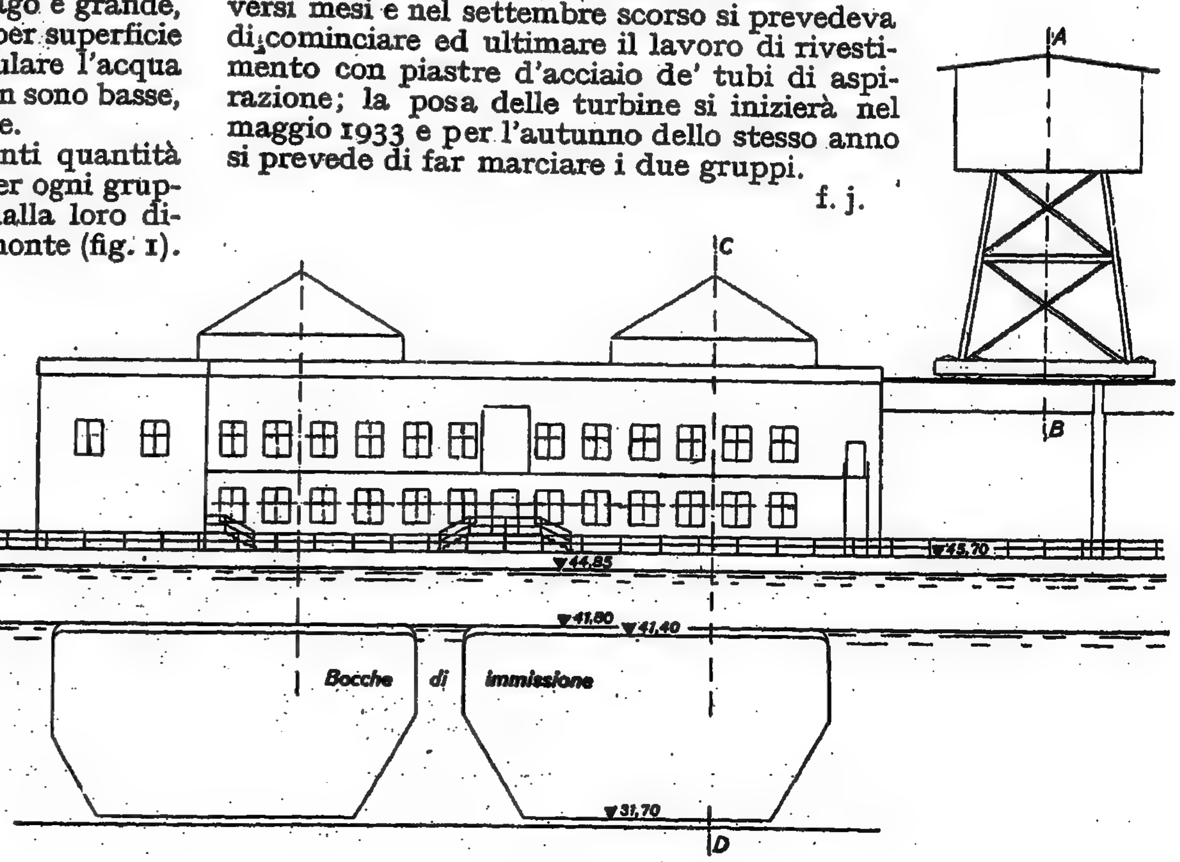


Fig. 2.

SULLE CAUSE, SUGLI EFFETTI E SULLE CURE DEGLI INFORTUNI DOVUTI ALL'ELETTRICITÀ (1).

Negli ultimi giorni del dicembre scorso, ho avuto occasione di assistere ad un caso di rapida morte di un operaio che aveva dimenticato le più elementari norme di isolamento e sicurezza nel riparare un conduttore a 150 V che passava in vicinanza di un altro alla tensione di 500 V.

Pensando che tale operaio faceva esclusivamente l'elettricista da oltre dieci anni, mi pare doveroso tentare di divulgare nelle grandi masse lavoratrici i principi dei soccorsi di urgenza da portare ad individui investiti da corrente elettrica, non dimenticando le norme di isolamento per quelle persone che, o per dovere, o per generoso altruismo, portano tali soccorsi il più delle volte disperati.

In America, ove è grandemente progredita l'elettricità si ebbero oltre 500 morti all'anno per fulminazione ed in Europa circa 200 avanti la guerra mondiale. In Italia, dove lo sviluppo elettrico avviene con legge esponenziale, e le applicazioni domestiche dell'elettricità vanno moltiplicandosi, tali pericoli si fanno continui e generali.

Di recente si sono verificati dai casi di morte in un bagno, dovuti alla semplice dispersione di un filo di un campanello elettrico alimentato a tensione bassissima che veniva a toccare la vasca in lamiera: la superficie di contatto fra il corpo e la sorgente di energia, attraverso l'acqua era estesissima per cui sono spiegabilissimi gli effetti letali.

In generale il pericolo è tanto più forte, quanto maggiore è il valore del potenziale in giuoco; le tensioni usuali di 100-150 V, in genere poco pericolose, possono causare incidenti, che avvengono però per concomitanze fisiologiche, vale a dire per idiosincrasia ovvero per condizioni speciali dell'organismo che può essere affetto da digestione laboriosa, da cattiva circolazione o da lenta funzione renale.

Per tensioni di valori superiori, assume grande importanza agli effetti degli accidenti, la frequenza della corrente per cui sono da classificare molto pericolose le frequenze dai 20 ai 70 periodi al secondo, vale a dire le frequenze industriali.

Notisi che per tensioni di valore medio (1000 V) e frequenze altissime (1000 periodi) la corrente è del tutto innocua ed ha perfino delle applicazioni terapeutiche (corrente di Arsonvalizzazione).

La terra è a potenziale zero, i conduttori sono a determinato potenziale ed isolati contro il suolo. Mettendo in corto circuito attraverso il corpo due qualsiasi conduttori isolati od un conduttore isolato coll'altro a terra il corpo umano finisce per prendere parte attiva di tale circuito inserendosi come resistenza fra due punti a tensione differente. Si stabilisce così il passaggio di corrente dal punto a potenziale più alto verso quello a potenziale più basso e dal valore di tale corrente, dall'entità della superficie di contatto, dalla resistenza dell'organismo (che è diversa nei varii tessuti e dipende dall'umidità maggiore o minore della pelle, dall'esistenza di abrasioni, dalla presenza di abiti o scarpe bagnate) o dalla durata del contatto stesso dipende l'effetto dell'infortunio.

Premesso tutto ciò passiamo ad esaminare i pericoli più comuni ai quali può dar luogo la corrente elettrica. Nelle strade di una grande città se un conduttore di una linea aerea tramviaria (primo conduttore) cade su un passante che incidentalmente trovisi a toccare la rotaia (secondo conduttore) è giuoco forza l'incidente.

Se nelle case si tocca imprudentemente l'armatura di una lampada elettrica non isolata perfettamente si stabilisce la messa a terra con susseguente passaggio di corrente attraverso il corpo. Non bisogna però impressionarci; occorre esser tranquilli quando sono state prese tutte le precauzioni, ed affidando la costruzione dell'impianto a persone pratiche ed autorizzate dalle varie Società elettriche, adoperando materiale ottimo, facendo revisioni periodiche, si può abbandonare ogni precauzione.

Come dicevo avanti, è necessario divulgare i sistemi di cura, i primi urgenti soccorsi, che apprestati con sveltezza e calma, portano al più delle volte al salvataggio della vittima.

La morte accade: *per azione diretta* e cioè per effetti meccanici: vaste ustioni di primo, secondo e terzo grado vengono a distruggere i tessuti del corpo umano e possono quindi portare a suppurazione profonda, ad embolie solide e gassose, ad alterazioni profonde dei tessuti e ad intossicazioni generali del sangue: oppure per effetti diretti sulle fibrille muscolari del cuore che con basso voltaggio ha dei movimenti fibrillari invece delle normali ed efficaci contrazioni del miocardio, il quale piano piano si va ad arrestare. Invece con alto voltaggio può cessare bruscamente il suo ritmo normale per paralisi respiratoria.

Per azione indiretta o riflessa e cioè inibitrice del sistema nervoso, verificandosi il massimo effetto quando la corrente attraversa i centri nervosi superiori, provocando allora la morte con arresto del cuore in diastole, per asfissia, per paralisi bulbare e bulbospinale, ed essenzialmente sui centri respiratorii per azione inibitrice dello pneumogastrico.

In modo che le correnti a debole voltaggio (al di sotto di 150 V) possono determinare un arresto del cuore con tremore fibrillare e quelle a più di 1200 V pur lasciando il cuore intatto, arrestano la respirazione producendo l'asfissia; ed infine per voltaggi intermedi si possono verificare dei fenomeni diversi e qualche volta l'arresto simultaneo del cuore e della respirazione.

In ogni caso un elettro colpito è un asfissiato.

Come conclusione dal punto di vista pratico di questa mia modesta conferenza o lezione pratica che dir si voglia, può con coscienza dirsi che i circuiti elettrici a tensione di 150 V, vale a dire come si usano per la illuminazione della nostra Toscana, non sono pericolosi ammenochè le superfici di contatto col corpo siano molto estese, oppure che le condizioni di isolamento della persona che è a contatto col filo conduttore non siano ridottissime e infine che la durata del passaggio della corrente attraverso il corpo stesso sia molto lunga.

A questo proposito dirò che per l'uomo immerso nel bagno bastano appena poche diecine di Volta per procurarne la morte; così pure si dica per coloro che eventualmente si trovano a ricevere il contatto del conduttore in bidoni di ferro, caldaie e simili.

Pericolosa è la corrente continua a 500 V della linea tramviaria, quelle ad alte tensioni per uso industriale e la corrente trifase ad alta tensione per la elettrificazione delle nostre ferrovie.

Soccorsi di urgenza per i colpiti da corrente elettrica.

Il divulgarsi dei servizi elettrici quindi fa pensare alla necessità di divulgare in modo il più chiaro e più semplice possibile le doverose istruzioni da prestarsi al colpiti da correnti elettriche e specialmente:

a) Allontanamento dell'individuo colpito dal conduttore elettrico.

b) Soccorsi da prestarsi all'individuo allontanato dal conduttore.

Premetto che per la prima parte e cioè per l'allontanamento dell'individuo colpito è necessario volgarizzare gli elementi sommari per difendere l'individuo che si presta a quest'opera umanitaria e che per la seconda parte intendo dare le istruzioni principali e più urgenti in attesa del medico o di un mezzo per condurre il colpito al più vicino posto di soccorso od Ospedale.

La prima cosa naturalmente consiste nell'interrompere la corrente, e per questo, oltre che rivolgersi al cabinista preposto al quadro della distribuzione, occorre tagliare il filo a contatto della persona colpita: e siccome quest'ultima cosa espone a gravi pericoli, indico tutte quelle manovre pericolose che si debbono evitare.

a) Non si deve mai toccare con le mani nude nè il conduttore nè la pelle della persona colpita, nè gli abiti se sono bagnati o umidi (sudore delle ascelle) nè adoperare per esempio le forbici comuni per tagliare il filo, sia pur con strumenti adatti o con le mani difese quando esso filo sia conduttore di correnti continue, poichè in tal caso il colpito avrebbe una peggiorescarica.

b) Tagliando il filo bisogna osservare che rimbalzando non colpisca gli altri vicini, e quando il filo sia spezzato, qualunque sia la corrente basterà tagliarlo da una parte ma se è a corrente alternata dovrà essere tagliato a destra ed a sinistra. Questo nel caso di elettricisti e persone pratiche dell'impianto, poichè quando una persona, per quanto volenterosa non abbia tali condizioni, è sempre bene si astenga da qualunque manovra: in ogni modo non si toccherà mai alcun conduttore di corrente oltre 1000 V o la persona da essa colpita, poichè tutte le precauzioni sopra suggerite sarebbero insufficienti.

c) Così pure non si dovrà mai toccare alcuna conduttura aerea recante il segnale « pericolo di morte » o persona a contatto di essa.

d) Per proteggere le mani onde allontanare il filo, si possono adoperare bastoni di legno secco della lunghezza di almeno 2 m.; e possibilmente proteggendo le mani con fasce o guanti di gomma o lana, o anche avvolgendole in uno scialle o nella rovescia delle maniche ripiegate della giacca, purchè la giacca sia di lana.

e) Inoltre bisogna cercare di isolarsi dal terreno con degli zoccoli di legno asciutto o con delle caloches, o soprascarpe di gomma, o anche con scarpe di cuoio a suole grosse e asciutte, ma senza chiodi.

Oppure montare sopra una lastra di vetro, o, non avendone, sopra varie coperte di lana o sopra un tavolo di legno asciutto o sopra paglia perfettamente asciutta quando non si abbiano, nella cabina più vicina, a disposizione una lastra di gomma o uno dei soliti sgabelli di legno coi piedi di porcellana, fissati senza chiodi di ferro.

Molte volte si ottiene lì per lì un buon mezzo d'isolamento

(1) Conferenza tenuta nel Salone della Elettricità e Gas - Roma, agli Ingegneri, Capi Servizio e operai e ripetuta al personale delle Società Valdarno, Selt, Teti Maremmana e filiali.

dal terreno con una cassetta di legno appoggiata sopra a quattro bicchieri o quattro bottiglie.

In regola generale bisogna cercare, quando sia possibile, di allontanare il filo senza toccare la persona o quando la persona colpita stringa il filo con le dita contratte, come può avvenire per le correnti alternate, si dovrà cercare con le precauzioni suddette, e cioè essendo bene isolati, distaccare un dito dopo l'altro.

Appena riusciti a staccare l'individuo devesi provvedere a far sorvegliare la località onde non accadano altre disgrazie in attesa del personale di servizio chiamato per accomodare il guasto e subito bisognerà cercare di prestare soccorsi di urgenza.

La prima cosa da farsi è di provvedere a fare delle frizioni su tutto il corpo, a somministrare caffè o thè o cognac, ad applicare carte senapate o acqua fredda su tutto il corpo, a fare iniezioni di sostanze toniche ed eccitanti quali la canfora, la caffeina, ecc. Siccome il pericolo di morte sta principalmente nella paralisi del cuore e del respiro, quando l'individuo colpito sia in uno stato di tramortimento o di morte apparente, bisogna provvedere subito alle trazioni ritmiche della lingua ed alla respirazione artificiale.

Non si tenti mai, quando l'individuo è in uno stato di morte apparente e da la sensazione di non più respirare, di dargli delle sostanze eccitanti come caffè e cognac per bocca, perchè potrebbe facilmente restare soffocato. Quando sia possibile occorre fare inalare al paziente dell'ossigeno.

Respirazione artificiale.

Premetto che questa funzione importantissima che ha salvato la vita a tante persone dovrà esser continuata con perseveranza per due, tre, ed anche quattro ore sempre in attesa del medico il quale ha oggi anche a sua disposizione delle risorse più energiche l'ultima delle quali la iniezione nel miocardio di adrenalina.

Della respirazione artificiale ci sono varii metodi. I migliori però sono quelli del Galliano e dello Schaeffer. Il primo, quello conosciutissimo del Dott. Galliano, consiste nel collocare il paziente sul dorso col petto un poco sollevato da un cuscino o da abiti ripiegati sotto la schiena, con la testa rovesciata all'indietro, col sollevargli le braccia e riunirgli le mani dietro la nuca legandola ai polsi con una corda o un fazzoletto. Chi si presta a fare questa respirazione artificiale si pone in ginocchio e a cavalcioni sul paziente, sulle ginocchia del medesimo, e gli comprime il torace premendovi sopra con le palme delle mani distese e sollevando quindi dopo poco le mani stesse per permettere alla gabbia toracica di dilatarsi. Queste manovre devono essere ripetute quindici volte al minuto circa.

Il metodo di Schaeffer differisce da quello precedente soltanto per la posizione del paziente, che deve invece essere posto bocconi, con le braccia stese in avanti al disopra della testa.

L'operatore si siede a cavalcioni sui polpacci del paziente e prova la respirazione mediante la compressione del basso della gabbia toracica, gravando sulle palme aperte col peso del corpo e abbandonando poscia la pressione in modo da permettere alla gabbia toracica di sollevarsi: sempre in media per una quindicina di volte al minuto. Quando, come spesso accade, occorre prolungare per due e anche tre ore la respirazione artificiale, dopo fatte le manovre manuali della respirazione con uno dei tanti metodi suaccennati, corrisponde molto bene l'apparecchio Inhabad. Appena l'individuo cominci ad avere il ristabilimento della respirazione, si potrà cominciare a somministrargli delle bevande eccitanti o dei liquori, a mettergli bottiglie d'acqua calda ai piedi ed a porlo in un letto ben riscaldato od avvolto in coperta, ed a provvedere alla medicatura delle scottature che possono essersi verificate.

Colla respirazione artificiale, massaggi generali, stimolanti cardiaci, ecc. terminato il soccorso di urgenza, vediamo di dare uno sguardo generale ai postumi delle lesioni date da correnti elettriche; alle cure successive pensano, naturalmente, i medici specialisti e chirurghi.

I sintomi sono: *locali* o *generali*.

I sintomi *locali* si riscontrano ai punti di entrata e di uscita della corrente, in forma di scottature di vario grado: dal semplice eritema alle piaghe più estese e gravi. In alcuni casi la corrente attraversa gli abiti senza danneggiarli e, giunta sulla pelle vi procura la scottatura: si ritiene che ciò dipenda dal trasformarsi della corrente in calore in seno ai tessuti. Il calore che si forma in tal modo può esser così forte, da dar luogo a vere temperature febbrili.

Talora si formano delle ferite a margini assai netti o delle alterazioni cutanee a modo di cartilagine, o necrosi di tipo speciale che risultano dalla distruzione di tessuti diversi. Si notano anche talora le cosiddette *figure del fulmine* (che è il classico tipo di scarica elettrica) che possono essere assai estese e che sono della stessa natura degli eritemi e degli edemi e probabilmente sono causate da paralisi dei vasi sanguigni; tal'altra si notano delle necrosi come da ferite d'arma da fuoco caricata a pallini, la bruciatura dei peli, impregnamento dei tessuti superficiali con ossidi metallici provenienti da particelle di ferro liberatesi per la scarica.

Anche nell'occhio sono state osservate delle alterazioni assai varie: emorragie congiuntivali, intorbidamenti corneali, la cateratta, l'irite, l'atrofia del nervo ottico. Infine venne osservata anche la sordità.

I sintomi *generali* si distinguono in precoci e tardivi. Gli uni e gli altri colpiscono specialmente il sistema nervoso e gli organi dei sensi. In alcuni casi si tratta di sintomi funzionali, in altri (specialmente per i tardivi) di sintomi organici. Nel più dei casi si hanno all'inizio dei disturbi della coscienza. Spesso al momento dell'accidente il paziente dà un grido e cade a terra privo di sensi.

In alcuni casi la coscienza ricompare subito dopo, in altri si istituisce invece un lungo coma, ovvero il paziente si risveglia ma dà l'impressione di essere ubriaco. Non di rado si hanno degli stati di eccitazione o di delirio, che è frutto del grande spavento, in altri casi il paziente non perde i sensi o li perde dopo qualche istante che dura il contatto ed ha avuto prima il tempo di chiamare aiuto o di dare istruzioni per la sua salvezza: spesso risulta l'amnesia completa che talora è a tipo retrogrado.

I disturbi della motilità sono molto varii per natura e per grado: paralisi, tremore, atassia; fra i disturbi della sensibilità vennero osservate le perestesie, le iperestesie, i disturbi del senso muscolare. Nel caso in cui la coscienza si conservi al momento dell'accidente, il paziente è preso talora da un senso di oppressione e di soffocazione. Fra i disturbi vasomotori vanno citati la cianosi, il rossore od il pallore, il senso di caldo e di freddo, gli edemi circoscritti degli arti, i versamenti articolari acuti, il dermografismo.

I sintomi a carico del sistema circolatorio possono consistere in aumento o diminuzione della frequenza del polso, aritmia, ipertensione o ipotensione arteriosa; quelli a carico del sistema respiratorio consistono in sospensione del respiro all'inizio, poi d'improvviso spontaneamente esso può riprendersi ma talora è per qualche tempo affrettato e superficiale. Talvolta si osservano il vomito, l'itterizia, la perdita involontaria dello sperma e delle orine, l'albuminuria, la glicosuria, nelle donne l'emorragia utero-ovariche.

Fra i sintomi tardivi si riscontrano delle sindromi simili a quelle dell'isterismo o della neurosi traumatica; talora anche delle sindroni da lesioni a focolaio: mono-emi-paraplegie, e delle sindromi da sclerosi multipla o anche più spesso da paralisi progressiva. Come in altre malattie nervose organiche non di rado dei sintomi isterici si riscontrano oltre i sintomi organici. In parecchi casi così i sintomi precoci come quelli tardivi sono i sintomi usuali delle neurosi da spavento.

In alcuni casi si riscontrano, localizzate nel territorio nervoso, che fu colpito direttamente dall'accidente, la paralisi o la debolezza, con atrofia e reazione degenerativa dei muscoli, insomma una sindrone della nevrite periferica.

Alle malattie funzionali vanno ascritti i disturbi che si notano talora nelle *telefoniste*: solo in casi rari si tratta di alterazioni organiche (cervello, organo dell'udito). In molti casi i sintomi si istituiscono in successione ad un colpo di fulmine caduto sulla linea. In tali occasioni spesso la telefonista che aveva l'apparecchio all'orecchio ode un forte rumore di scoppio, si spaventa, si stordisce e cade in deliquio, od è colpita da una crisi di pianto, si lagna, d'una sensazione d'angoscia, di dolori al capo, di sussurro agli orecchi, di vertigini, di sordità, ecc.

Poscia si sviluppa una sindrone isterica con prevalenza dei disturbi a carico del lato sinistro del corpo (nevrosi cardiaca). Possono istituirsi gli stessi disturbi in seguito a ripetersi frequente dei rumori da scoppio quali si hanno se il campanello di chiamata viene suonato assai forte. È molto caratteristica la coesistenza di disturbi funzionali dell'udito. Quasi sempre preesiste in questi casi la disposizione nevropatica.

Prognosi.

In casi rari la morte accade alcuni giorni od alcune settimane dopo l'accidente ma nel più dei casi se il paziente riprende i sensi dopo il primo momento dell'accidente la vita è salva. Le paralisi in molti casi passano dopo qualche ora o qualche giorno.

La prognosi per la completa guarigione senza invalidità permanente è poco favorevole nei casi a disturbi tardivi dipendenti da alterazioni del sistema nervoso in parte organiche in parte funzionali: tuttavia anche in essi possono aversi dei miglioramenti notevoli. Lo stesso dicasi dei casi con alterazioni nel fondo dell'occhio e dell'organo dell'udito.

Termino coll'osservare che tutti gli impianti debbono essere eseguiti con tutte le regole dell'arte e che debbono anche essere mantenuti in ottimo stato; che la corrente da 150 a 170 Volta non è pericolosa che nel caso disgraziato di un contatto accidentale fra alta e bassa tensione, che nelle disgrazie le quali accadano per contatti con conduttura di energia elettrica ad alta tensione occorre sempre persona pratica del mestiere per la remozione di essi conduttori; che tra le persone addette ai lavori ed alla manutenzione d'impianti elettrici è sempre opportuno ed umano che ve ne siano alcune le quali abbiano conoscenza dei primissimi aiuti da portare al sinistrato.

Dott. Giuseppe Paoletti.

RASSEGNA TECNICA

a) LE INSTALLAZIONI DI CANTIERE PER LA COSTRUZIONE DELLA DIGA VERMUNT

Zeitschrift des V. D. I. - 1931, n. 25. - D. O. HABILD.

GENERALITA'.

L'impianto del Vermunt fa parte di un sistema di utilizzazioni in serie dell'alta valle dell'Ill (Vorarlberg) comprendente cinque salti successivi del valore complessivo di 1400 m circa. In linea costruttiva esso è il primo impianto della serie e corrisponde al secondo salto previsto (da monte a valle).

Il bacino imbrifero sotteso dalla derivazione è di 57 Km² circa con il 40% della sua estensione interessato da ghiacciai e nevai permanenti. La portata media dell'Ill, alla sezione di sbarramento, si aggira sui 3,4 m³/sec.

La derivazione ha origine da un serbatoio della capacità di 5.4 milioni di m³ creato mediante lo sbarramento dell'Ill in località Kardatschakopf a monte di Parthenen. Il livello normale del serbatoio è stato previsto a quota 1743 s. l. del mare.

La diga di sbarramento è del tipo a gravità in *calcestruzzo plastico* e presenta le seguenti caratteristiche principali:

massima altezza sulle fondazioni	m 50
lunghezza al coronamento......	m 400
inclinazione del paramento a valle	1:0,68
» » » a monte	20:1 sino a 40 metri di profondità dal ciglio; 4:1 nella parte rimanente
volume della diga	m³ 110 000

Il canale di derivazione si svolge in galleria lungo la sponda sinistra della valle; ha una lunghezza di km 2,5, una sezione circolare di m 2,80 di diametro ed una pendenza del 2,5‰. Esso fa capo ad un pozzo piezometrico interamente scavato nella roccia e munito di una camera superiore di espansione e di due camere inferiori. A valle di questo, un breve tronco di condotta, pure in galleria, immette l'acqua nelle due tubazioni forzate della centrale di Parthenen.

Il diametro di ciascuna tubazione varia gradualmente da mm 1750 a mm 1344; sino a spessori di 51 mm i tubi sono semplicemente saldati e nella parte inferiore sono invece saldati e cerchiati, con gomiti in acciaio fuso. La lunghezza delle tubazioni è di m 1368 e la pendenza della livelletta più ripida è dell'85% circa.

Nella centrale (prevista per cinque unità) sono stati installati, in un primo tempo, quattro gruppi della potenza complessiva di 90 000 kW. Le turbine sono del tipo Pelton a un solo ugello, con ruote in acciaio fuso al cromo-nickel. Il salto medio utile ammonta a 688 m circa e la portata di ogni turbina è di 4.03 m³/sec.

A valle della centrale di Parthenen è stato previsto un piccolo serbatoio di compensazione della capacità di 100 000 m³.

MEZZI DI TRASPORTO PER L'APPROVVIGIONAMENTO DEI CANTIERI DELLA DIGA VERMUNT.

Il trasporto dei materiali occorrenti per la costruzione in oggetto, come pure quello delle varie apparecchiature, delle macchine e dei viveri veniva effettuato sino a Parthenen (quota 1030 s. l. del m.) in ferrovia. Dalla stazione d'arrivo il cemento, il carbone, i viveri ed i pezzi di macchine con peso non superiore ai 1000 Kg e di dimensioni adeguate venivano trasportati sino ai cantieri della diga mediante una teleferica della portata di 10 t/h e della lunghezza complessiva di 4600 m. I pezzi più ingombranti che non potevano essere affidati alla teleferica venivano invece trasportati a mezzo di trattori con cingoli, lungo una strada carrozzabile appositamente migliorata (v. fig. 1).

I materiali aggregati per la confezione del calcestruzzo venivano prelevati dal letto stesso dell'Ill, in corrispondenza del così detto Ochsenboden (a 2000 m s. l. m.), e successivamente trasportati al cantiere mediante una Decauville alla quale faceva seguito una teleferica.

La prestazione normale dell'impianto di escavazione era stata prevista per 140 t/h, corrispondentemente ad una produzione oraria di 60÷100 m³ di calcestruzzo. Allo scopo, tuttavia, di assicurare tale prestazione indipendentemente da qualsiasi eventualità sfavorevole erano stati adottati due escavatori a motore elettrico « Orenstein e Koppel » capaci di fornire ciascuno la suddetta quantità di materiale. Questo veniva alternativamente caricato sopra tre treni formati, ciascuno, da 10 vagonetti della capacità di 4 m³ e da una locomotiva a vapore di 160 HP. La Decauville — della lunghezza di 4,4 km circa — faceva capo alla stazione di partenza dell'accennata teleferica, ove il materiale veniva dapprima versato in un grande silos di 14 celle e da questo successivamente caricato sopra i vagonetti della teleferica mediante tre carrelli con nastri trasportatori (di m 0.80 × 0.70) i quali stabilivano il collegamento fra le bocche di scarico del silos e i vagonetti stessi (v. fig. 2).

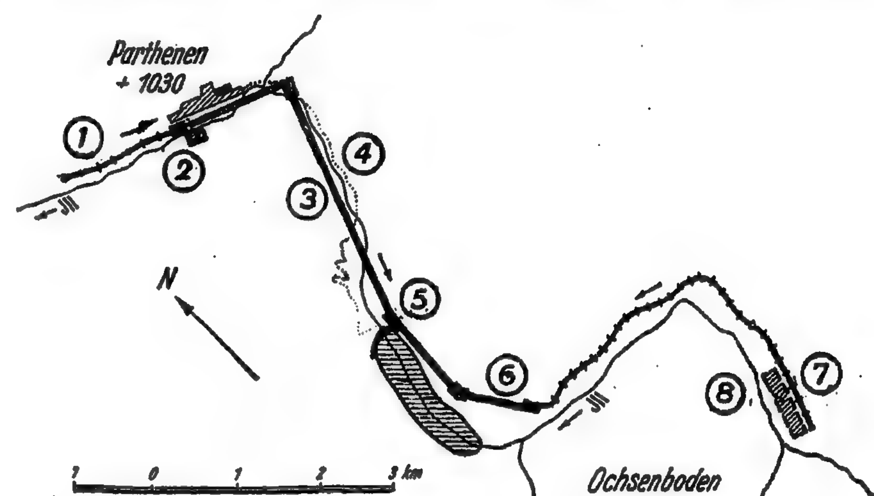


Fig. 1.

1 - Ferrovia della « Illwerke A. G. »;
2 - centrale di Parthenen;
3 - teleferica per il trasporto del cemento e materiali diversi;
4 - strada carrozzabile;
5 - cantiere diga Vermunnt;
6 - teleferica materiali di scavo;
7 - Decauville;
8 - zona di scavo.

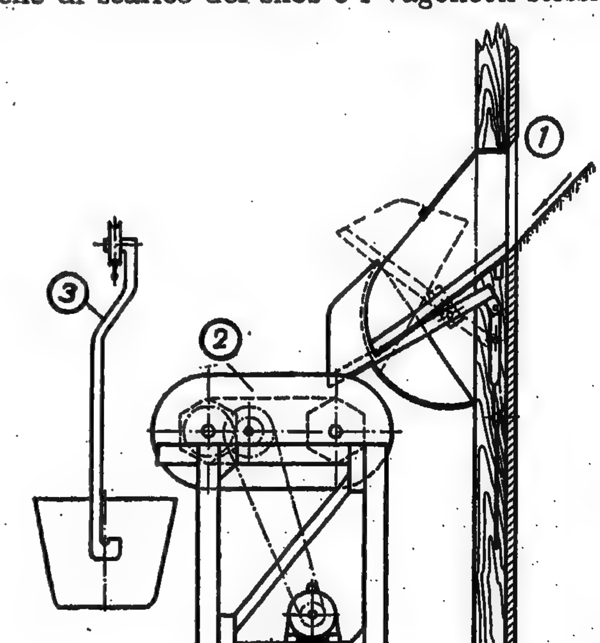


Fig. 2.

1 - Silos dei materiali scavati (grezzi);
2 - carrello con nastro trasportatore per il caricamento dei vagonetti della teleferica;
3 - vagonetto della teleferica.

Ciascun nastro trasportatore poteva caricare circa 40 Kg di materiale per secondo. La teleferica era divisa in due tronchi collegati da una stazione d'angolo. La fune traente del tronco superiore era mossa da un motore posto alla stazione di partenza e quella del tronco inferiore da un motore installato nella stazione d'angolo.

Le principali caratteristiche della teleferica erano le seguenti:

lunghezza totale	1490 m
dislivello totale (in discesa fra la stazione di partenza e quella di arrivo al cantiere)	220 m
diametro della fune traente	18 mm
velocità della fune	1,25, 2,25 m/sec
diametro delle funi portanti	32 e 22 mm
numero totale dei sostegni	26
massima prestazione (in discesa): 180 vagonetti	= 160 t/h
prestazione media normale (in discesa)	140 t/h
prestazione normale (in salita)	2÷4 t/h

IMPIANTO DI PREPARAZIONE DEI MATERIALI AGGREGATI.

Il materiale ricavato dal greto dell'Ill presentava in media la seguente composizione granulometrica:

sabbia (da 0 a 7 mm)	23%	(in peso)
ghiaia (da 7 a 80 mm)	48.2%	»
ciottolame (da 80 a 500 mm)	28.8%	»

Data la presenza di argilla, nel materiale minuto, si rese necessaria una accurata lavatura delle miscele naturali di sabbia e ghiaia (da 0 a 80 mm).

Il materiale greggio proveniente dagli scavi veniva versato in un grande silos distinto in tre parti indipendenti l'una dall'altra e composte, ciascuna, di tre celle. A ciascuna di queste parti faceva riscontro un impianto distinto di vagliatura e di frantumazione commisurato ad una produzione oraria di 46.3 t di materiali classificati (corrispondenti a 47 t di materiale greggio).

Nella fig. 3 è chiaramente illustrato lo schema di funzionamento di ciascuno dei suddetti impianti.

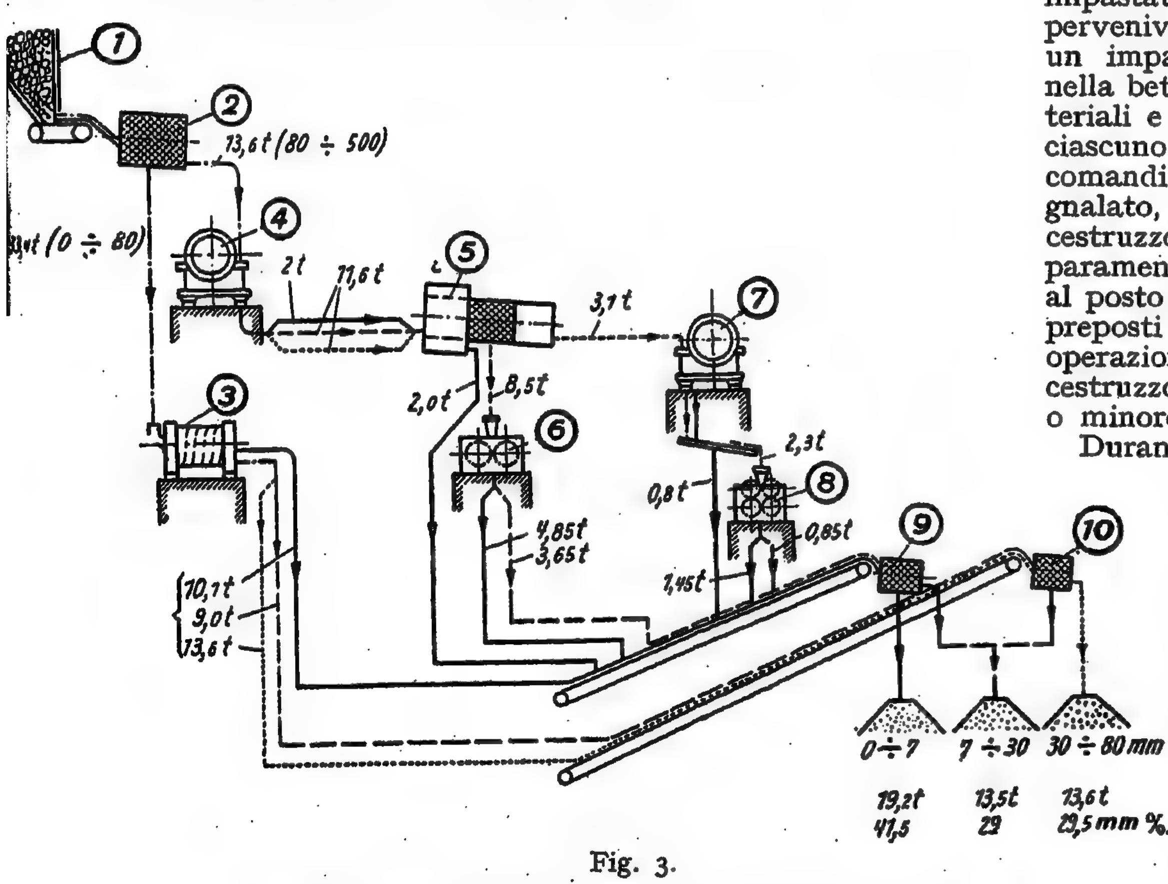


Fig. 3.

1 - Silos dei materiali provenienti dagli scavi (47 t di materiali da 0 a 500 mm);
2 - vaglio a maglie di 80 mm;
3 - lavatrice per i materiali sino a 80 mm (scarto sulla sabbia lavata: 0,7 t);
4 - frantoio principale per materiali grossi;
5 - vaglio a maglie di 7 e di 30 mm;
6 - mulino da sabbia (a cilindri);
7 - frantoio per materiali minuti;
8 - mulino da sabbia (a cilindri);
9 - vaglio per sabbia e ghiaia;
10 - vaglio per ghiaia e ciottolame.

—·— materiali greggi; ——— sabbia; — — — ghiaia; ------- ciottolame.

Degni di particolare menzione, sopratutto per la loro ottima prestazione, sono i nastri trasportatori a segmenti di acciaio fuso, adottati per il trasporto dei materiali greggi e frantumati, rispettivamente dai silos di deposito ai primi vagli e dalle lavatrici e dai mulini da sabbia ai silos dell'impianto di produzione del calcestruzzo.

Essi avevano una larghezza utile di 690 mm ed una velocità di 1÷2 m/min. L'altezza del cumulo affidato a ciascun nastro e quindi la portata di questo veniva regolata mediante appositi diaframmi.

I materiali vagliati e frantumati erano classificati in tre gruppi

sabbia (da 0 a 7 mm)	41.5%	(in peso)
ghiaietto e pietrisco (da 7 a 30 mm)	29.0%	»
ciottolame (da 30 a 80 mm)	29.5%	»

E i prodotti delle diverse categorie venivano accumulati in altrettante celle distinte facenti parte di un unico silos della capacità di 2500 m³, il quale era diviso in tre parti (di tre celle ciascuna) corrispondenti agli impianti di vagliatura e di frantumazione sopra accennati.

IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO.

Il cemento in arrivo ai cantieri veniva versato in un grande silos di sei celle (adiacente a quello dei materiali frantumati) e da questo successivamente trasportato all'impianto di distribuzione e di dosatura a mezzo di una coclea della portata di 10 t/h. La dosatura del cemento veniva fatta per pesata mediante tre bilance automatiche regolabili (Reuther e Reisert).

I materiali aggregati venivano prelevati dai rispettivi silos (aggruppati, come s'è detto tre a tre), mediante appositi nastri trasportatori disposti immediatamente sotto le bocche di scarico dei silos stessi e azionati da motori trifasi in c. c. della potenza di 3 HP ciascuno.

La dosatura dei materiali veniva effettuata regolando opportunamente il numero dei giri che ciascun nastro poteva compiere ad ogni carica, nonchè la loro velocità di spostamento e l'altezza dello strato di materiale da essi trasportato. Una volta fatta questa regolazione il ciclo di funzionamento degli accennati dispositivi si rinnovava automaticamente ad ogni comando dell'operaio adibito all'impianto di produzione del calcestruzzo.

I materiali scaricati da ogni gruppo di silos venivano raccolti sopra un nastro collettore (della lunghezza di 32 m) che lì trasportava alla tramoggia di caricamento della corrispondente impastatrice (della capacità di 1500 l). Alla stessa tramoggia perveniva pure il cemento nella quantità corrispondente ad un impasto, mentre l'acqua veniva immessa direttamente nella betoniera. Tutte le manovre relative al trasporto dei materiali e alle operazioni di impasto venivano comandate, per ciascuno dei tre gruppi di produzione, da un solo uomo, mediante comandi elettrici a distanza. Dal luogo di gettata veniva segnalato, mediante lampade di diverso colore, la qualità di calcestruzzo occorrente (diversa a seconda che si trattava del paramento a valle o a monte o del nucleo della diga); e l'addetto al posto di comando trasmetteva tale segnalazione agli operai preposti alla regolazione delle dosature. Indi dava corso alle operazioni di trasporto dei materiali e di confezione del calcestruzzo con ritmo più o meno accelerato secondo la maggiore o minore richiesta.

Durante tali operazioni una lampada collegata con i dispositivi di dosatura del cemento segnalava al posto di comando se la quantità di cemento fornito corrispondeva al calcestruzzo richiesto.

Per la regolazione dell'acqua di impasto vennero predisposti, per ogni impastatrice, due recipienti tarati di 250 l ciascuno, i quali erano alimentati alternativamente da un serbatoio centrale cui faceva capo la condotta d'alimentazione. Mentre uno di tali recipienti alimentava la betoniera, l'altro veniva riempito. La portata erogabile poteva essere facilmente regolata a seconda della dosatura richiesta.

Con tale dispositivo si ottenne l'assoluta indipendenza della durata di impasto dall'adduzione dell'acqua e fu possibile raggiungere una produzione di 40 impasti all'ora (per betoniera).

Nella fig. 4 è chiaramente illustrato lo schema di consumo dei tre impianti di produzione sopra descritti.

IMPIANTI DI TRASPORTO DEL CALCESTRUZZO.

Il calcestruzzo confezionato da ogni betoniera veniva dapprima versato in una tramoggia della capacità di 1.25 m³ e da questa passava successivamente ad un nastro trasportatore, comune ai tre impianti di produzione, e facente capo ad una grande tramoggia distributrice che costituiva il nodo di smistamento delle vie di alimentazione delle torri per la posa in opera del conglomerato.

Complessivamente i nastri trasportatori principali (compreso quello collettore iniziale) adibiti all'alimentazione delle torri

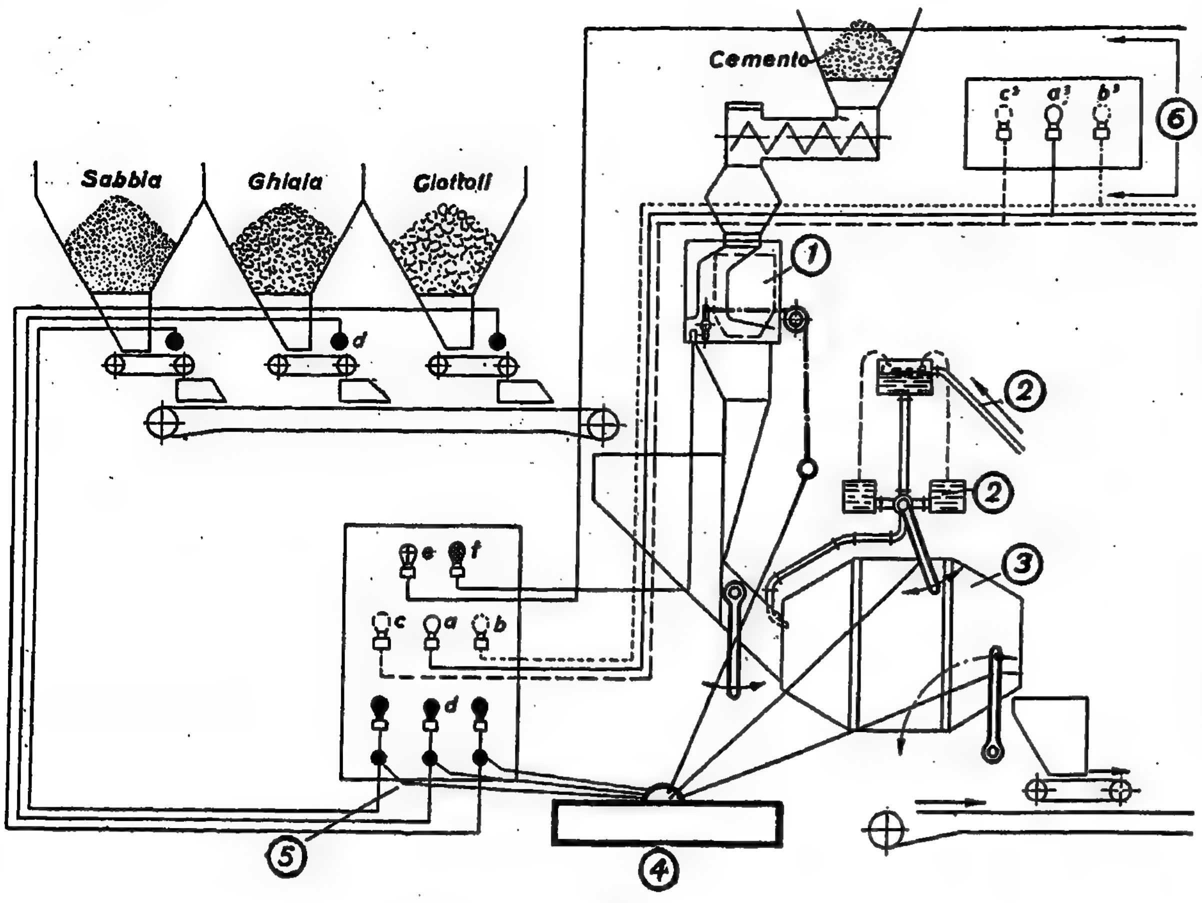


Fig. 4.

1 - Dosatrice del cemento;
2 - recipienti per la regolazione dell'acqua di impasto;
3 - impastatrice;
4 - posto di comando;
5 - quadro di manovra con i bottoni di comando per il trasporto dei materiali aggregati e con lampade di spia:
  a) segnalazione pel calcestruzzo del paramento a monte;
  b) » » » » » a valle;
  c) » » » » nucleo;
  d) » per i materiali aggregati;
  e) richiesta calcestruzzo;
  f) controllo della dosatura del cemento;
6 - lampade di segnalazione collegate col luogo di gettata.

avevano uno sviluppo di circa 250 m ed erano divisi in tronchi di 50 m ciascuno. Quattro di questi avevano una larghezza di 750 mm ed uno di 600 mm. Oltre ai nastri principali si aveva inoltre un nastro ausiliario per ogni torre, della larghezza di 600 mm e della lunghezza di 10÷15 m.

Nella fig. 5 è riportato lo schema di una delle tre torri metalliche adottate per la posa in opera del calcestruzzo.

Ciascuna di esse era provvista di due benne della capacità di 1350 l ciascuna, le quali venivano alternativamente alimentate da una tramoggia inferiore a due vie, cui faceva capo il nastro trasportatore del calcestruzzo. Al quadro mobile di ogni torre erano connessi una tramoggia e due nastri trasportatori orizzontali, girevoli e spostabili in modo da poter coprire una zona circolare di circa 32 m di raggio.

Le benne avevano una velocità di 1,5 m/sec in discesa e di 1 m/sec in salita. I nastri ditributori avevano una larghezza di 650 mm per le prime due torri e di 600 mm per la terza.

Le torri erano a sezione quadrata di 4×4 m² ed avevano le seguenti altezze:

1ª torre: m 48; 2ª torre: m 72 e 3ª torre: m 47.

La prestazione massima raggiunta con ciascuna delle prime due fu di 60 m³/h (di muratura effettiva) e con la terza di 45 m³/h. Il calcestruzzo prodotto aveva consistenza variabile da plastico ad umido; ma ciò sembra non abbia dato luogo ad alcun inconveniente.

Approvvigionamento di energia, acqua ed aria compressa.

L'energia elettrica occorrente per i cantieri veniva derivata dalla rete ad alta tensione della « Illwerke A. G. » e trasformata a 220-380 V mediante otto trasformatori da 1230 kVA in tutto. Durante i lavori furono consumati 2,5 milioni di kWh.

L'acqua veniva prelevata dall'Ill mediante un impianto di 3 pompe della capacità complessiva di 90 m³/h con una prevalenza massima di 90 m. Per gli scavi in roccia e per altri lavori ausiliari il cantiere era stato provvisto di un impianto di compressori della capacità nominale di 48 m³/min il quale però, causa l'elevata altitudine dei luoghi, non potè superare la produzione di 38 m³/min.

Dati di produzione.

L'organizzazione razionale del cantiere sopra descritto e la grande potenza dei mezzi meccanici adottati permisero di raggiungere, nel 1930, una produzione complessiva di 124.000 m³ di calcestruzzo plastico in soli 5 mesi e mezzo di lavoro, con prestazioni massime di 2650 m³ (di calcestruzzo sciolto) in 20 ore.

La produzione media giornaliera fu di 950 m³ (di muratura effettiva) in 20 ore e di 517 m³ in 10 ore di lavoro.

A. T.

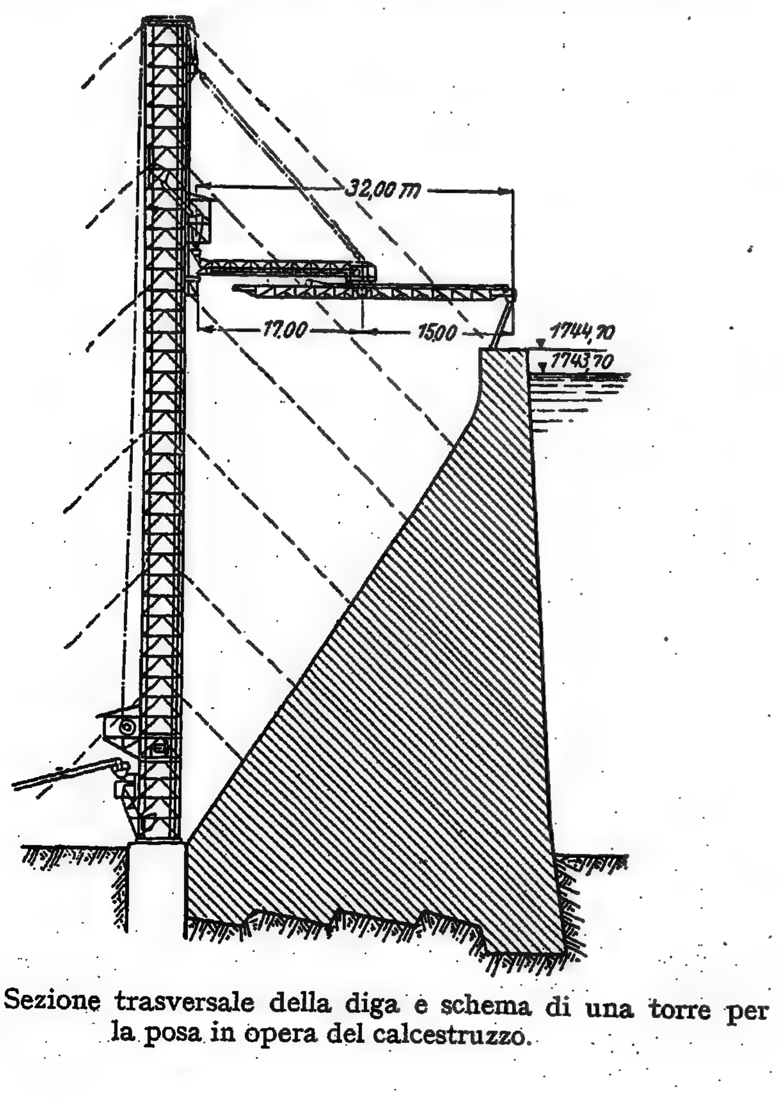


Fig. 5. - Sezione trasversale della diga e schema di una torre per la posa in opera del calcestruzzo.

IMPIANTO DI POMPE PER IL DELTA DEL NILO

Dall'*Engineering*, 12 giugno 1931.

Il Governo Egiziano per il miglioramento agricolo delle campagne del delta del Nilo ha ordinato la costruzione di 15 Stazioni di pompaggio destinate ad incanalare al mare le acque superficiali. Le pompe sono in numero di 68, di cui 4 della portata di 10 mc/sec ciascuna, 30 della portata di 5 mc/sec ciascuna e 35 di 2,5 mc/sec ciascuna. La stazione N. 1 è mostrata dalle figure 1 e 2, dalle quali si rileva che le pompe sono comandate elettricamente ed hanno l'asse inclinato a 45°.

In un primo tempo furono proposte pompe ad asse orizzontale a sifone ma il reparto competente del Governo Egiziano preferì le pompe inclinate per le seguenti ragioni:

a) le pompe sono sempre sommerse e perciò possono essere avviate in qualunque momento: ciò è importante anche per il fatto che le manovre debbono essere effettuate da personale del posto non tecnico;

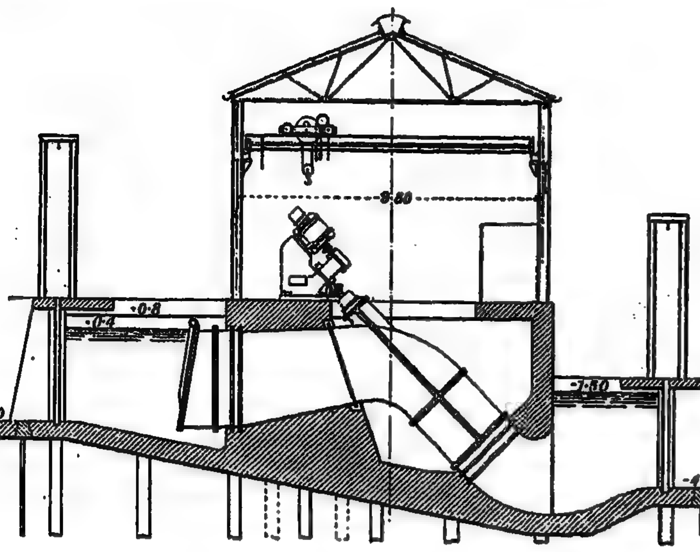
b) questa soluzione consente una migliore distribuzione del carico sopra le fondazioni in cemento;

c) lo schema adottato consente un alto rendimento idraulico; esso si adatta bene per pompe destinate a smaltire grandi volumi di acqua con dislivello relativamente basso come si ha in questo caso dove la prevalenza può variare da m 1,5 a m 2,5.

Il brevetto delle pompe ad elica, in base al quale è effettuata la costruzione, si basa essenzialmente su di una elica semplice ruotante fra due anelli di guida; in tal modo il flusso è meno vorticoso di quello che si ha in una pompa centrifuga e quindi le perdite di attrito sono minime poichè l'acqua segue un moto assiale.

stesse col loro surriscaldatore intermedio, installandone una per ciascuna turbina ad alta pressione. Il vapore proveniente dalle turbine ad alta e nuovamente surriscaldato viene poi immesso nella rete di tubazioni che alimenta le turbine a bassa pressione.

Le caldaie con surriscaldatore intermedio hanno ormai assunto un tipo costruttivo ben definito. Coi tipi moderni si



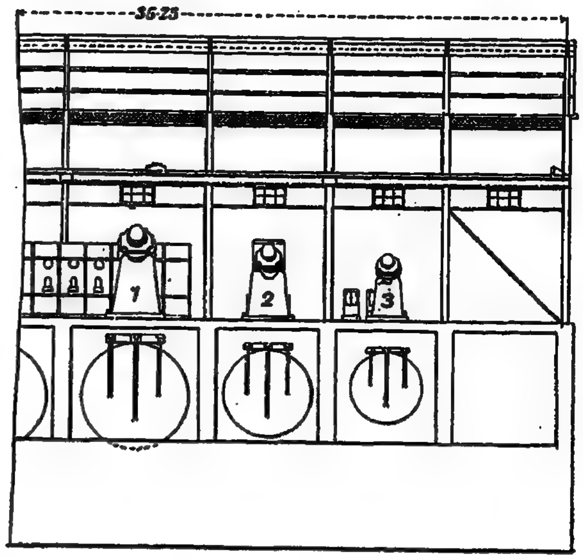


Fig. 1 e fig. 2. - Sezione trasversale e pianta della stazione N. 1 per il delta del Nilo.

Le pompe mantengono automaticamente la velocità costante in qualsiasi condizione di carico; esse richiedono una minima sorveglianza e manutenzione e si adattano bene in presenza di acqua convogliante erbe, pezzi di legno ed altri rifiuti fluttuanti, prevalenti nei drenaggi egiziani. Le pale sono fissate al mozzo con flange aventi fori ovali per permettere l'aggiustamento. Le casse, le eliche e gli anelli interni di guida sono costruiti in ferro, invece quelli esterni sono di ferro con fodere ricambiabili e spostabili, in acciaio fuso. Gli alberi sono di acciaio al nichel protetti dall'acqua mediante fodere in bronzo per tutta la loro lunghezza; una speciale fodera di ricambio è applicata in corrispondenza del supporto. Il supporto è costituito da un anello con lega di rame (90 %) e stagno (10 %) in due metà, applicato su legno e portante le guarnizioni; esso è lubrificato con acqua supplementare immessa dall'esterno che viene poi convogliata assieme all'altra acqua pompata. I motori elettrici azionano le pompe mediante una riduzione ad ingranaggi a doppia elica, con giunti flessibili fra gli ingranaggi, il motore e la pompa.

La spinta dell'elica ed il peso delle parti ruotanti sono sostenute da un supporto Mitchell del tipo a segmenti e si scarica sulle fondazioni attraverso il corpo della pompa. Questo perno è rapidamente accessibile per ispezioni, ricambi ecc. L'impianto comprende inoltre la grue di servizio comandata a mano, le griglie formate da barre distanziate di 5 cm, 2 paratoie per ogni pompa, una a monte ed una a valle, per mettere all'occorrenza all'asciutto la camera delle pompe. I fabbricati delle varie stazioni sono costruiti in mattoni ed ossatura monolitica di cemento al disotto della quale si ha una sfilata di pali in cemento armato.

Ru.

riesce ad ottenere il 20 % in più di vapore, pur avendo dimensioni di circa il 10 % inferiori di quelle di caldaie costruite pochissimi anni fa. L'A. ritiene che si possano prevedere ulteriori semplificazioni nei surriscaldatori intermedi, ciò che permetterà di allargare assai il campo di applicazione delle pressioni dell'ordine di 100 atmosfere.

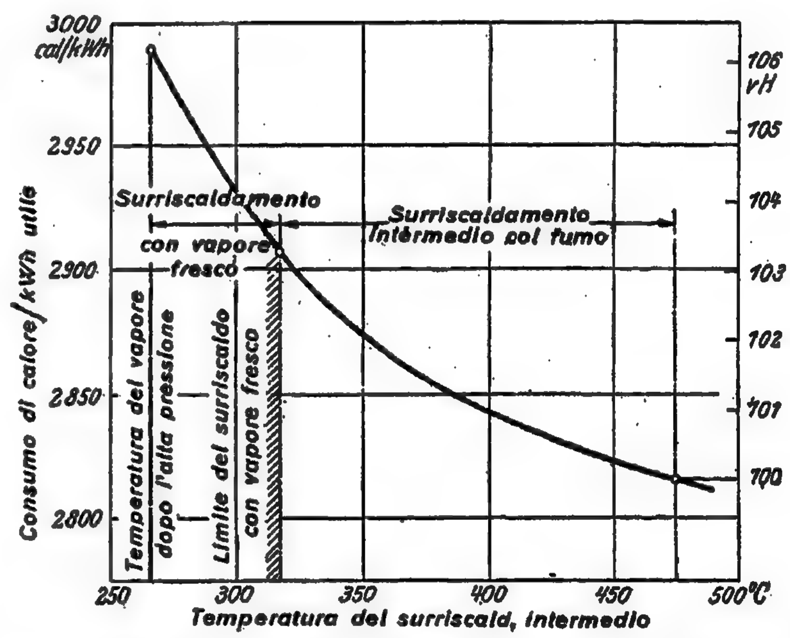


Fig. 1. - Consumo di calore per kWh, ricorrendo al riscaldamento intermedio con vapore fresco o coi fumi. Vapore fresco a 100 atmosfere e a 475° C.

c) LE QUATTRO TENDENZE ATTUALI NELLA COSTRUZIONE DELLE CENTRALI TERMICHE

Elektrizitätswirtschaft, aprile 1931. – F. MÜNZINGER.

Il maggior costo di un impianto a 100 atmosfere dipende specialmente dalle caldaie e dal surriscaldamento intermedio. Poichè sono ormai in servizio da qualche anno caldaie a 100 atmosfere, la adozione dei tipi speciali di caldaie a tale scopo studiati dipende essenzialmente dal loro prezzo, il quale potrà naturalmente in seguito diminuire, quando si possono costruire in serie.

Il surriscaldamento intermedio viene a costare caro e fa risparmiare poco combustibile, ma è necessario nei riguardi del funzionamento delle parti a bassa pressione delle turbine. Il surriscaldamento con vapore fresco è più facile ad effettuarsi che non coi gas combusti, ma riesce meno conveniente. Gli inconvenienti principali del riscaldamento intermedio dipendono principalmente dalle necessità di lunghe tubazioni di andata-ritorno per il vapore, dal fatto di dovere installare caldaie di 2 tipi e dagli inconvenienti che si possono verificare nel caso di improvvise cadute di carico. Dato che non sono più rare caldaie capaci di produrre da 200 ÷ 300 tonnellate di vapore per ora, si è introdotta la tendenza di costruire le caldaie

Si è cercato di raggiungere o superare i rendimenti degli impianti a vapore ad alta pressione facendo uso dei cicli a 2 fluidi, dei quali il più noto è quello Emmet a mercurio. L'impianto a mercurio da 23 000 kW installato nella centrale di South Meadow ha lavorato per 9 mesi con un consumo di 2560 calorie alla pressione di 6 atmosfere e temperature iniziali di 390° gradi. A parità di carico in un impianto a vapore di mercurio le installazioni per circolazione d'acqua assumono soltanto il 77 % dell'importanza che avrebbero in un impianto a vapore a 100 atmosfere; e analogamente gl'impianti di trasporto di carbone e delle ceneri hanno soltanto l'86 % dell'importanza di un impianto a vapore. Lo spazio occupato è presso a poco eguale nei 2 casi; il costo d'installazione di un impianto a mercurio dovrebbe riuscire circa eguale o un poco inferiore di quello di un impianto a vapore a 100 atmosfere.

Data la quantità relativamente piccola di mercurio occorrente negli impianti tipo Emmet non è da ritenere che la installazione anche di parecchie grosse centrali a mercurio abbia a produrre un aumento importante nel prezzo del mercurio stesso. La costruzione delle caldaie è tale da rendere minima la quantità di mercurio occorrente, che si aggira sui 2,3 kg di mercurio per kW.

Il fatto che i vapori di mercurio sono velenosi non preoccupa più i costruttori. Secondo diagrammi riportati dall'autore la

produzione di un kWh in un impianto a vapore di mercurio viene a costare, con bassi costi dei combustibili, circa lo stesso, e per costi elevati, meno di un kWh prodotto in un impianto a vapore a 100 atmosfere. Attualmente sono in costruzione altri

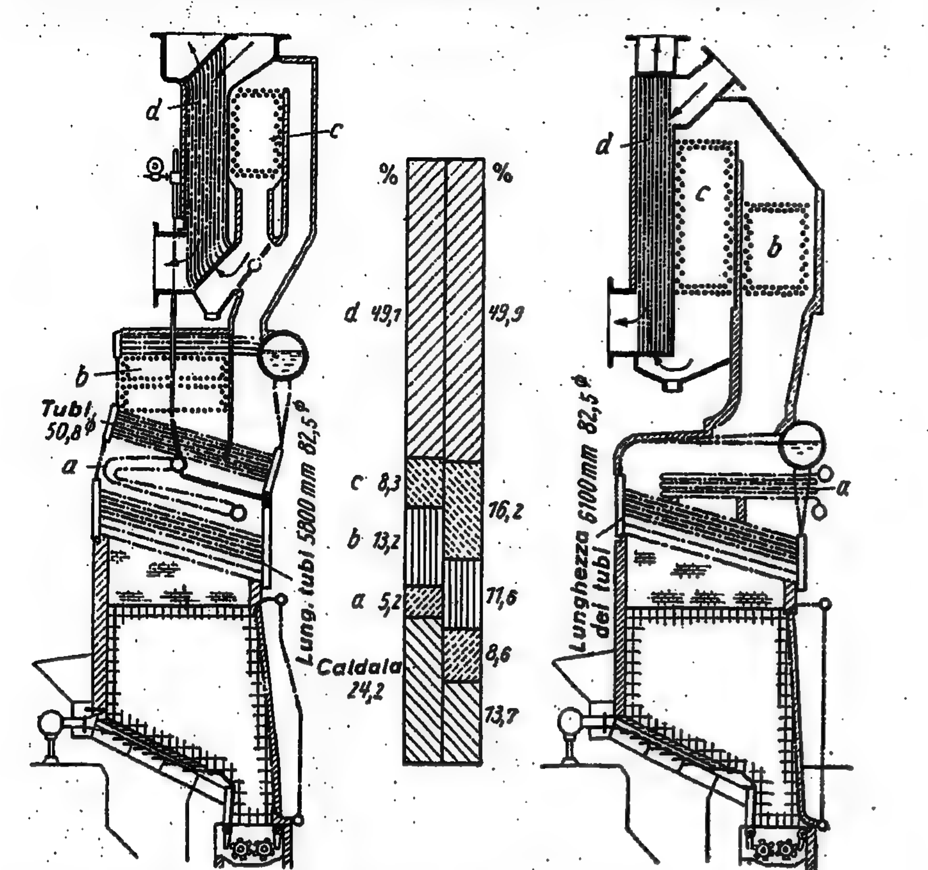


Fig. 2. - Caldaie a surriscaldatore intermedio a 98 o a 26 atmosfere. Costruzione 1927: carico 115 t/h; costruzione 1928: carico 135 t/h.

2 impianti a mercurio da 50 000 kW ciascuno. Essi meritano d'essere presi in considerazione anche nei paesi europei. Coi più recenti tipi costruttivi delle turbine a vapore di mercurio si è arrivati a un rendimento interno di 88,5 %.

Tendenza verso più elevati carichi specifici. – I progressi compiuti nei materiali da costruzione delle macchine e specialmente l'aumento raggiunto di resistenza meccanica alle alte temperature e di resistenza alle bruciature ha reso possibile di andare gradatamente aumentando il carico specifico delle macchine. Altri vantaggi ha portato l'introduzione dei metodi costruttivi con saldatura usati per i grandi tamburi delle caldaie e utilizzati largamente in modo quasi insostituibile nella costruzione delle caldaie Löffler, Benson e negli impianti a mercurio.

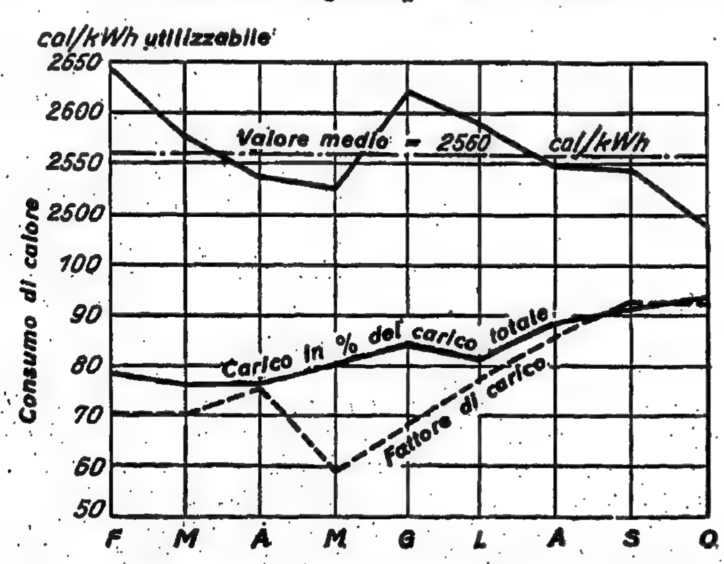


Fig. 3. - Caratteristiche di funzionamento e consumo di calore per ogni kWh utile dell'impianto Emmet da 23 000 kW nella Centrale di South Meadow.

I materiali vengono meglio utilizzati con opportune costruzioni. Si sono costruite turbine fino sopra i 60 000 kW, a 3000 giri, che riescono meno care di macchine a 1500 giri. I minori diametri importano una serie di benefici: più piccoli costi per le fondamenta e per gli edifici, minori masse da riscaldare, minori deformazioni termiche, maggior sicurezza negli avviamenti rapidi ecc. I progressi nella tecnica dell'isolamento hanno permesso di costruire alternatori a 36 000 V, i quali permettono in molti casi di risparmiare la spesa pei trasformatori. Nelle caldaie si sono pure raggiunti progressi notevoli coll'introduzione delle griglie soffiate, di grandi camere di combustione, delle pareti a tubi d'acqua ecc. Si è riusciti ad elevare il rendimento delle caldaie anche impiegando carbone di mediocre qualità.

Tendenza verso unità più potenti. – Anche la tendenza verso l'uso di macchine e caldaie più grandi influisce nel senso di ridurre i costi. Si è arrivati, con la lignite, a caldaie da 100 tonnellate/ora, col carbon fossile e griglie a 200 tonnellate/ora,

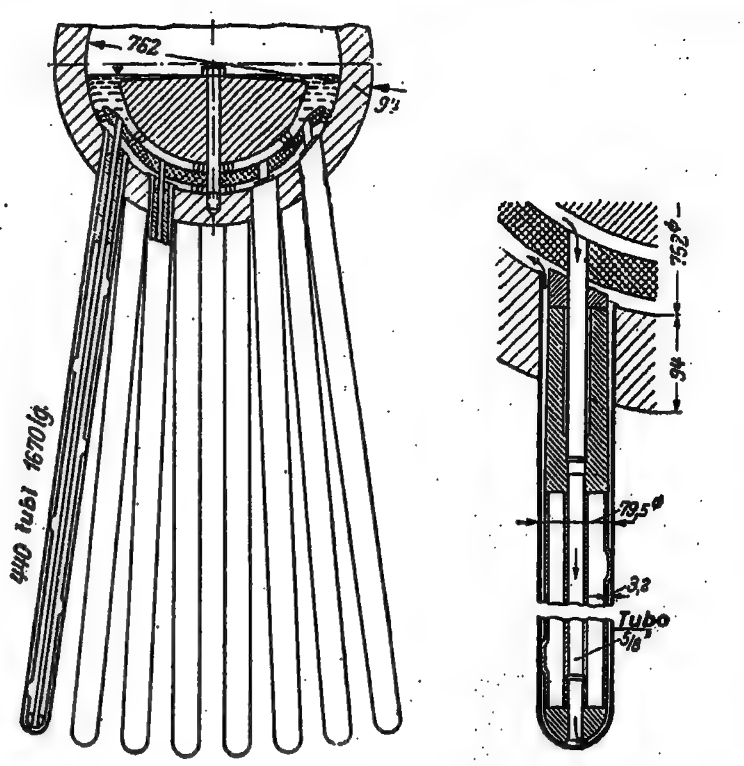


Fig. 4. - Elementi di una caldaia a vapore di mercurio.

col carbone in polvere fino a 600 tonnellate/ora. Tre di queste gigantesche caldaie sono installate nelle centrali che forniscono l'energia a Berlino. Ciò ha per conseguenza una riduzione di spese: p. es. un impianto con caldaie da 180 tonnellate/ora e un carico di griglia di 300 kg/m²h viene a costare a parità di produzione totale di vapore, un terzo di meno che un impianto con caldaie da 40 tonnellate/ora e 200 kg/m²h di carico di griglia.

La più grande turbina a casse multiple attualmente in servizio raggiunge 210 000 kW, la più grande turbina a una sola unità tocca i 160 000 kW. Anche qui si ottengono diminuzioni di costo, sebbene non così sentite come per le caldaie.

Direttive generali di costruzione e di organizzazione. – Esse possono influire specialmente sulla riduzione di costo della energia di punta, la quale può essere prodotta in impianti a vapore normali, o con accumulazione per mezzo di pompe o con accumulatori di calore, o finalmente con motori Diesel.

Una delle voci più incerte di spese nell'impianto di una centrale è quella dei lavori di scavo, che però non influiscono molto sulla spesa totale.

Nel caso però di un impianto con accumulazione per mezzo

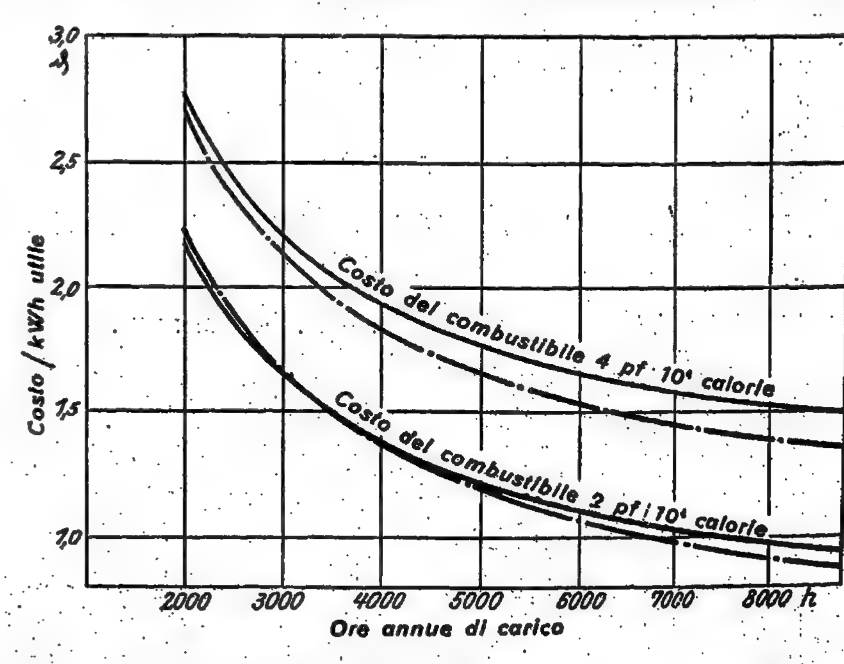


Fig. 5. - Costi di produzione di un impianto a vapore di mercurio e di un impianto a vapore a 100 atmosfere.

		Impianto a	
		vapore a 100 atm.	mercurio
Pressione del vapore	atm. ass	100	8,3
Temperatura del vapore	°C	500	500
Costo d'impianto	RM/kW	275	275
Costo del mercurio	»	—	25
Costo capitale	%	12	12
Consumo di calore	Cal/kWh	2785	2359

di pompe questa voce di spese deve essere attentamente esaminata a priori, perchè in qualche caso può assumere valori tali da compromettere la convenienza dell'impianto. L'opportunità degli impianti di pompe va esaminata caso per caso in funzione delle caratteristiche del diagramma di carico della rete e delle altre centrali connesse.

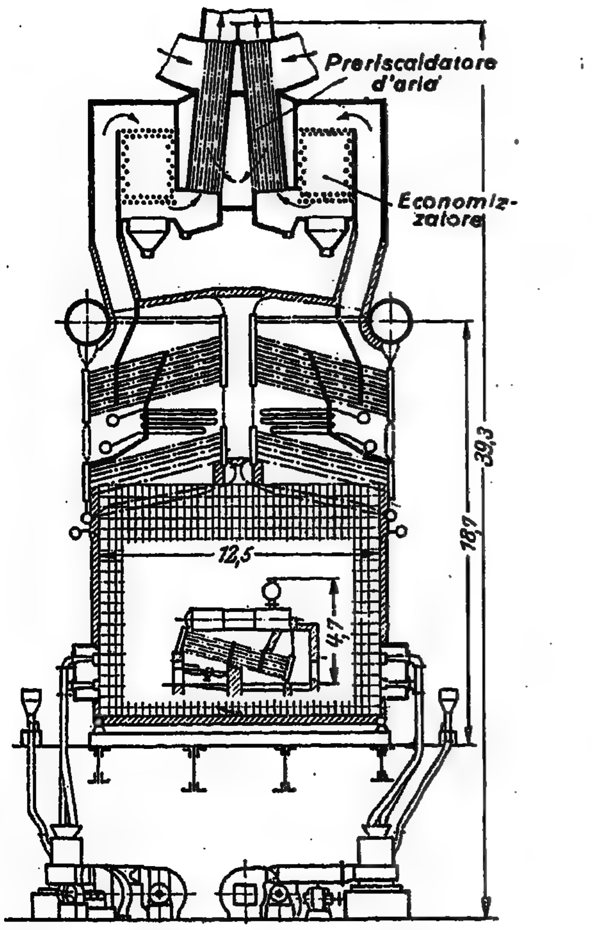


Fig. 6. - Confronto fra una caldaia Babcock-Wilcox da 2,4 t/h esposta all'Esposizione di Filadelfia del 1886 e una caldaia della stessa Ditta, da 360 t/h installata nel 1930 nella Centrale di Hell-Gate.

Essi sono specialmente convenienti quando compensano impianti a vapore funzionanti a lignite che meno si adattano a seguire variazioni di carico.

Gli accumulatori di calore hanno il pregio di essere facilmente installabili e si prestano specialmente per aumentare il carico di punta di centrali a vapore esistenti.

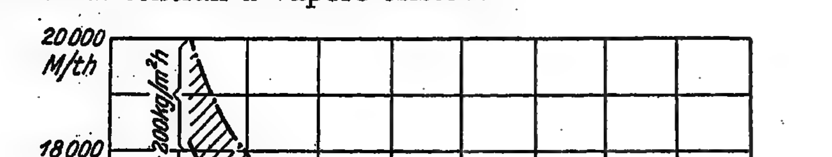


Fig. 7. - Costo d'impianto per la produzione di una t/h di vapore in un impianto di 8 caldaie a 40 at, compreso caldaie e edificio, ma escluso trasporto carbone e cenere.

J. Camino collocato sul tetto;
F. Camino fondato sul terreno;
h. Economizzatore e riscaldatore d'aria collocati sopra la caldaia;
fl. » » » » dietro la caldaia;
« 70 » e « 140 » indicano l'altezza della bocca del camino sul terreno.

I motori Diesel sono convenienti se installati in vicinanza del centro di consumo e se funzionano costantemente a pieno carico. In tali condizioni essi possono per il loro elevato rendimento essere convenienti nonostante l'elevato prezzo del combustibile liquido.

Anche gli impianti a vapore possono molto bene prestarsi alla copertura di forti punte di carico qualora nel progettarli si tengano presenti i seguenti 5 punti:

1) le caldaie pel carico di punta devono essere di tipo misto a griglia soffiata e a combustibile polverizzato. Fino ad un sovraccarico del 30 % conviene usare la griglia con un carico di circa 300 kg/m²h. Per maggiori carichi si accendono i bruciatori a polverino, mentre contemporaneamente si abbassa il carico delle griglie a 100 kg/m²h, per aumentarlo poi di nuovo fino al massimo valore, quando il sovraccarico della caldaia sorpassa l'80 %;

2) provvedere la caldaia di forte tiraggio e di intenso soffiamento d'aria sotto la griglia. La potenza a tale scopo spesa può rappresentare una percentuale non trascurabile della potenza totale;

3) le macchine ausiliari più importanti (ventilatori, pompe, ecc.) devono essere comandate con turbine a vapore;

4) le turbine a vapore ausiliarie devono essere a ricupero di vapore per il riscaldamento dell'acqua di alimentazione;

5) le turbine principali devono avere grande capacità di sovraccarico ed essere accoppiate a generatori dimensionati molto largamente.

In generale si può asserire che impianti a vapore opportunamente studiati costituiscono il mezzo più economico per la fornitura dell'energia di punta. La sostituzione del comando con turbina a vapore a quello elettrico nei servizi riduce di qualche % il costo totale dell'impianto e permette un servizio più semplice. In generale si può ritenere non conveniente l'installazione di caldaie aventi una capacità di produzione inferiore a 100 tonnellate/ora.

Tutto considerato risulta conveniente che anche le centrali destinate al carico base siano costruite secondo le norme prima elencate, le quali dovrebbero essere attentamente tenute presenti nella costruzione di nuove centrali termiche.

Ri.

I FENOMENI DIELETTRICI SOTTO ALTE TENSIONI

J. I. E. E., Londra, giugno 1931. – B. L. Goodlet, F. S. Edwards, F. R. Perry.

Gli AA. hanno studiato sperimentalmente il comportamento di isolanti gassosi, liquidi e solidi sottoposti a tensioni elevatissime.

Aria. – Si crede abitualmente che la tensione di scarica fra una sfera ed un piano sia maggiore di quella fra una punta ed un piano a parità di distanza esplosiva, in realtà quando la tensione supera certi valori dipendenti dal diametro della sfera succede l'opposto, ad es. per una sfera di cm 50 di diametro la tensione di scarica comincia a diventare minore quando la distanza supera i cm 183 (per quest'ultimo valore la tensione di scarica è di 580 kV tanto per la sfera quanto per la punta). La misura della tensione fatta con lo spinterometro a sfere presenta sempre qualche incertezza poichè è impossibile ottenere delle superficie perfettamente levigate e sopratutto di mantenerle durante le prove; risultati più costanti si ottengono con lo spinterometro a punta. La curva che dà la tensione di scarica di uno spinterometro a punta in funzione della distanza fra le punte è leggermente concava verso il basso, ad es. con una distanza di cm 300 la tensione di scarica è di 860 kV, mentre con cm 150 la tensione è di 500 kV. Questi valori si intendono riferiti ad una pressione ambiente di mm 760, per pressioni maggiori anche le tensioni di scarica sono maggiori. Una punta molto affilata può dare una tensione di scarica maggiore di una punta tozza così dicasi anche di una lama molto sottile: a tale scopo è stato costruito un elettrodo di forma sferica terminato inferiormente nella parte affacciata alla piastra da una lamina cilindrica a bordo tagliente, la scarica si verificò fra la sfera e la piastra ad una tensione di 435 kV coprendo una distanza di cm 76 mentre la distanza fra il bordo e la piastra era di cm 38.

L'introduzione di una lastra di materiale isolante di forte spessore fra le sfere di uno spinterometro può determinare la scarica poichè altera la distribuzione delle linee di forza elettrostatiche, se invece la stessa lastra viene introdotta fra due punte metalliche a potenziale notevolmente diverso allora la scarica risulta ostacolata perchè la lastra fà allungare il percorso delle scariche parziali preliminari. Lo spinterometro a sfere è preferibile tutte le volte che la polarità della tensione applicata è soggetta ad invertirsi (prove con c. a. e ad impulso); la tensione di scarica di una punta verso un piano varia sensibilmente a seconda che la punta è collegata col polo positivo o col negativo della sorgente di elettricità.

Olio. – La determinazione della rigidità dielettrica dell'olio è stata eseguita usando uno spinterometro costituito da una sfera e da un piano immersi in un bagno d'olio; a parità di

distanza fra i due elettrodi si ottengono valori molto diversi della tensione di scarica. Se in particolare si costruisce un diagramma portando sulle ascisse una serie di valori della tensione di scarica e sulle ordinate la frequenza con cui gli stessi valori si sono presentati si ottiene una curva di forma analoga alla curva di probabilità, il massimo si verifica in corrispondenza della tensione media di scarica. Poco attendibili sono i valori della rigidità misurati su piccoli campioni di olio prelevati dalla massa dell'olio, le prove vanno eseguite preferibilmente in grande in modo da sottoporre alla sollecitazione elettrica tutta la massa dell'olio così da ricavare con una sola misura il valore medio della rigidità dielettrica. La tensione di scarica con olio fortemente agitato è sempre minore del valore che si otterrebbe con olio tranquillo; l'olio in movimento trattiene più facilmente in sospensione i gas prodotti dalle precedenti scariche. L'aumento della temperatura dell'olio fà diminuire la tensione della scarica disruptiva e fà aumentare la tensione alla quale si verificano le prime scariche parziali.

Il fenomeno della scarica si presenta più complesso quando fra gli elettrodi è inserito un isolatore cilindrico sulla superficie del quale possono prodursi delle scariche parziali con grande facilità: se indichiamo con V_s la tensione iniziale per le scariche parziali e con V una tensione qualunque maggiore di V_s si può calcolare la lunghezza delle scariche parziali con la seguente formula empirica:

$$l = (V - V_s) : a$$

dove con a si intende una costante che è tanto maggiore quanto minore è la costante dielettrica del mezzo nel quale l'isolatore è immerso. Lo spinterometro a punta in olio è sottoposto anche a delle prove con c. c. ad alta tensione, la tensione di scarica con la punta collegata al polo negativo risulta da 1,5 a 2 volte quella che si avrebbe quando la punta è collegata col polo positivo, il primo valore si verifica per i valori più elevati della tensione applicata. Il comportamento dello spinterometro sotto l'azione di scariche ad impulso è diverso, risulta più alta la tensione di scarica quando la punta è positiva; la differenza fra i due valori della tensione di scarica non supera mai il 20% della minore.

Isolanti solidi. – La teoria termica della perforazione di un isolante solido dà dei risultati soddisfacenti quando la tensione applicata è a frequenza industriale o continua; gli isolanti elettrici sono anche dei cattivi conduttori del calore, ciò spiega la formazione di zone più calde in seno all'isolante. In queste zone la resistenza d'isolamento diminuisce notevolmente e la scarica trova facile via per prodursi. L'alterazione graduale di un campione di isolante sottoposto ad una prova di tensione prolungata viene di solito seguita attraverso la misura del fattore di potenza del dielettrico; di quest'ultimo elemento bisogna tenere conto per stabilire il valore della tensione che si può applicare ad un dato campione di isolante. Il fattore di potenza di diversi campioni anche se della stessa qualità può variare nel rapporto da 4 a 1 pur mantenendo costante la temperatura e la tensione alle quali viene eseguita la misura.

La scarica può anche prodursi in modo netto senza che il fenomeno termico vi abbia influenza purchè la tensione applicata sia molto elevata e di brevissima durata (valutabile in microsecondi); nel punto dove avviene la scarica non rimane traccia di carbonizzazione e può prodursi la rottura del campione (isolatori di porcellana). La tensione di perforazione con onde ad impulso è dal 15 al 25 % minore quando la punta dello spinterometro è collegata col polo negativo e la piastra con quello positivo della sorgente di elettricità rispetto al valore che si avrebbe col collegamento invertito. Gli isolanti solidi resistono molto bene alle prove ad impulso anche se ripetute purchè il valore massimo della tensione applicata sia almeno del 4% minore di quello che sarebbe necessario per produrre la perforazione; le prove ad impulso ripetute possono ridurre anche del 40% la tensione di perforazione dell'isolante a frequenza industriale.

Molti diagrammi e tabelle completano questo studio.

I. L.

---

e) IL PROBLEMA ECONOMICO NEL TRASPORTO DI ENERGIA CON LINEE AD ALTISSIMA TENSIONE

Elektrotechnik und Maschinenbau, 28 giugno 1931. – L. Musil.

Le spese complessive per il trasporto mediante una linea ad altissima tensione, riferite ad 1 kW della potenza massima erogata nel centro di utilizzazione, risultano dalla somma delle seguenti spese parziali:

1. Spese fisse per la linea di trasporto - interesse, ammortamento, manutenzione.
2. Spese fisse per le stazioni di trasformazione, in partenza ed all'arrivo.
3. Spese per la maggior potenza installata nella centrale onde sopperire alle perdite di potenza in linea.
4. Costo dell'energia perduta in linea.
5. Costo dell'energia dissipata nelle stazioni di trasformazione.
6. Spese fisse per la produzione d'energia reattiva.
7. Costo delle perdite nella produzione d'energia reattiva.

Le spese fisse specifiche C_f per la linea si ricavano moltiplicando il rapporto fra le spese totali d'impianto della stessa e la potenza massima trasportata per la quota annua per interessi, ammortamento e manutenzione. Indicando con η_t il rendimento delle stazioni di trasformazione, le spese specifiche effettive per la linea riferito alla stazione di utilizzazione risultano espresse da $\frac{C_f}{\eta_t}$

Indicando, ora, con η_f il rendimento della trasmissione e con C_u le spese fisse annue per la centrale e la stazione di trasformazione in partenza, riferite ad 1 kW di potenza massima, le spese specifiche per l'aumento di potenza nella centrale, necessario per sopperire alle perdite, risulteranno espresse da:

$$\frac{C_u}{\eta_f \eta_t} - C_u = C_u \frac{1 - \eta_t \eta_f}{\eta_t \eta_f}$$

Per determinare il contributo, sul costo della trasmissione, delle perdite in linea, è opportuno introdurre il fattore di perdita Θ definito come il rapporto fra le perdite d'energia annue effettive V_f e le perdite nel trasporto della potenza massima (N_h), 8760 V_{fh}.

Essendo:

$$V_{fh} = \frac{N_h}{\eta_t \eta_f} - \frac{N_h}{\eta_t} = \frac{1 - \eta_f}{\eta_f} \cdot \frac{N_h}{\eta_t}$$

$$\Theta = \frac{V_f}{8760\ V_{fh}}$$

si ottiene:

$$V_f = 8760\ \Theta\ V_{fh} = 8760\ \Theta \frac{1 - \eta_f}{\eta_f} \cdot \frac{N_h}{\eta_t}$$

Le spese per il maggior impiego di combustibile destinato a sopperire alle perdite V_f, risultano dal prezzo unitario k del combustibile stesso, tenendo presente una perdita media del 2% nella stazione di trasformazione in partenza:

$$\frac{V_f \cdot k}{N_h} \cdot 1{,}02 = 8930\ \Theta \frac{1 - \eta_f}{\eta_f}\ k$$

Le spese specifiche per le due stazioni di trasformazione risultano espresse da $2\ C_t$ e quelle dovute al maggior impiego di combustibile in centrale, per compensare le perdite nelle sottostazioni, da:

$$0{,}04\ t \cdot k$$

dove si è ammesso che, mediamente, in ciascuna sottostazione si abbia una perdita media d'energia del 2 %. Il fattore t rappresenta l'utilizzazione annua.

L'onere annuo imposto dall'impianto di rifasamento per la linea risulta dalle considerazioni seguenti. Ammesso che la potenza reattiva installata sia N_b e che il costo annuo fisso per kVA reattivo sia C_b, la spesa annua specifica per kW di potenza massima attiva risulta espressa da:

$$C_b \frac{N_b}{N_h}$$

Ammesso che V_{bh} rappresenti la perdita nei compensatori per kVA di potenza reattiva massima erogata, le spese supplementari specifiche per l'ingrandimento degli impianti necessario alla compensazione di tali perdite sono espresse

$$V_{bh} \left(\frac{C_f}{2\ \eta_t} + \frac{C_u}{\eta_t\ \eta_f}\right) \frac{N_b}{N_h} = \frac{V_{bh}}{\eta_t} \left(\frac{C_f}{2} + \frac{C_u}{\eta_f}\right) \frac{N_b}{N_h}$$

dove il fattore $\frac{1}{2}$ nell'espreessione $\frac{C_f}{2}$ presuppone una distribuzione uniforme dei generatori di energia reattiva lungo la linea.

L'onere imposto dal maggior consumo di combustibile per compensare le perdite dei generatori di energia reattiva è proporzionale alla potenza swattata media $b\ N_b$, alla perdita media v_b per kVA reattivo ed al prezzo del combustibile stabilito eguale a k' in luogo di k per tener conto delle perdite nella trasmissione. L'espressione che dà la spesa specifica annua per compensare le perdite nei compensatori è pertanto

$$8760 \,.\, v_b \,.\, b\,\frac{N_b}{N_h} \cdot k'.$$

Riassumendo, le spese specifiche risultano dalle seguenti relazioni:

a) per la linea di trasporto:

$$\frac{C_f}{\eta_t} + C_u\,\frac{1-\eta_t\,\eta_f}{\eta_t\,\eta_f} + 8930\,\Theta\cdot\frac{1}{\eta_t}\cdot\frac{1-\eta_f}{\eta_f}\cdot k \text{ L/kW-anno (1)}$$

b) per gli impianti di trasformazione — elevatore ed abbassatore —:

$$2\,C_t + 0{,}04\,.\,t.k \qquad \text{L/kW anno}$$

c) per la produzione di energia reattiva:

$$\left[C_b + \frac{V_{bh}}{\eta_t}\left(\frac{C_f}{2} + \frac{C_u}{\eta_f}\right)\right]\frac{N_b}{N_h} + 8760\,v_b\,.\,b\,\frac{N_b}{N_h}\,.$$
$$.\,k' \text{ L/kW anno.}$$

Fabbisogno d'energia reattiva. – L'A., prima di applicare ad alcuni casi particolari le formule ricavate, espone alcuni criteri per la scelta della potenza reattiva necessaria al rifasamento delle linee ad altissima tensione. Premesso che la potenza dei compensatori da installare deve soddisfare alle esigenze della stabilità del servizio ed all'opportunità di mantenere costante la tensione nei punti più importanti della rete, la potenza reattiva necessaria può essere ricavata da note formule, in funzione delle caratteristiche delle linee da rifasare.

Nella fig. 1 sono riportati i valori ottenuti per la potenza reattiva necessaria, ed il rapporto $\frac{N_b}{N_h}$ fra questa e la potenza attiva massima in funzione di quest'ultima, riferite ad una linea a 220 kV, avente le seguenti caratteristiche:

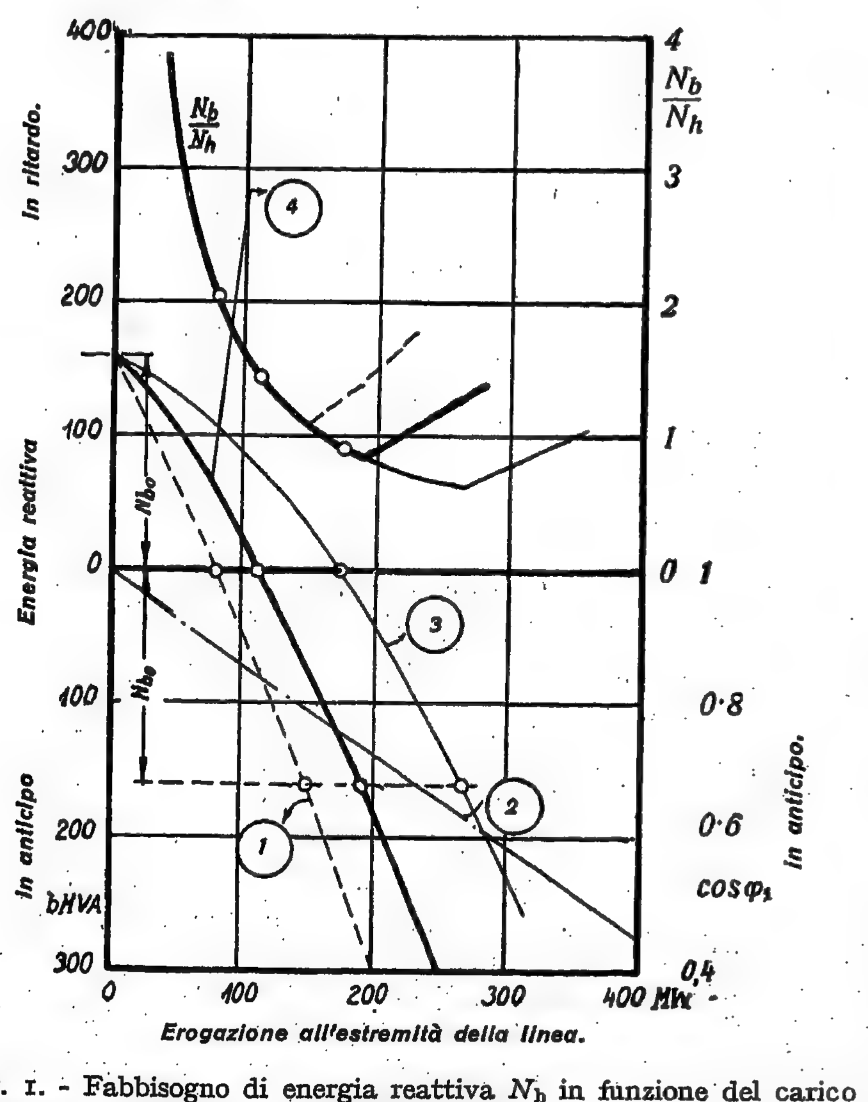


Fig. 1. - Fabbisogno di energia reattiva N_b in funzione del carico massimo N_h e del fattore di potenza cos φ_2 al centro di utilizzazione.

1) Compensazione della linee a cos $\varphi_2 = 0{,}8$
3) » » corrente reattiva degli utenti a cos $\varphi_2 = 1$
2) » » » linea a cos $\varphi_2 = 1$
4) Fabbisogno totaledi corrente rearriva per la compensazione di quella degli utenti.

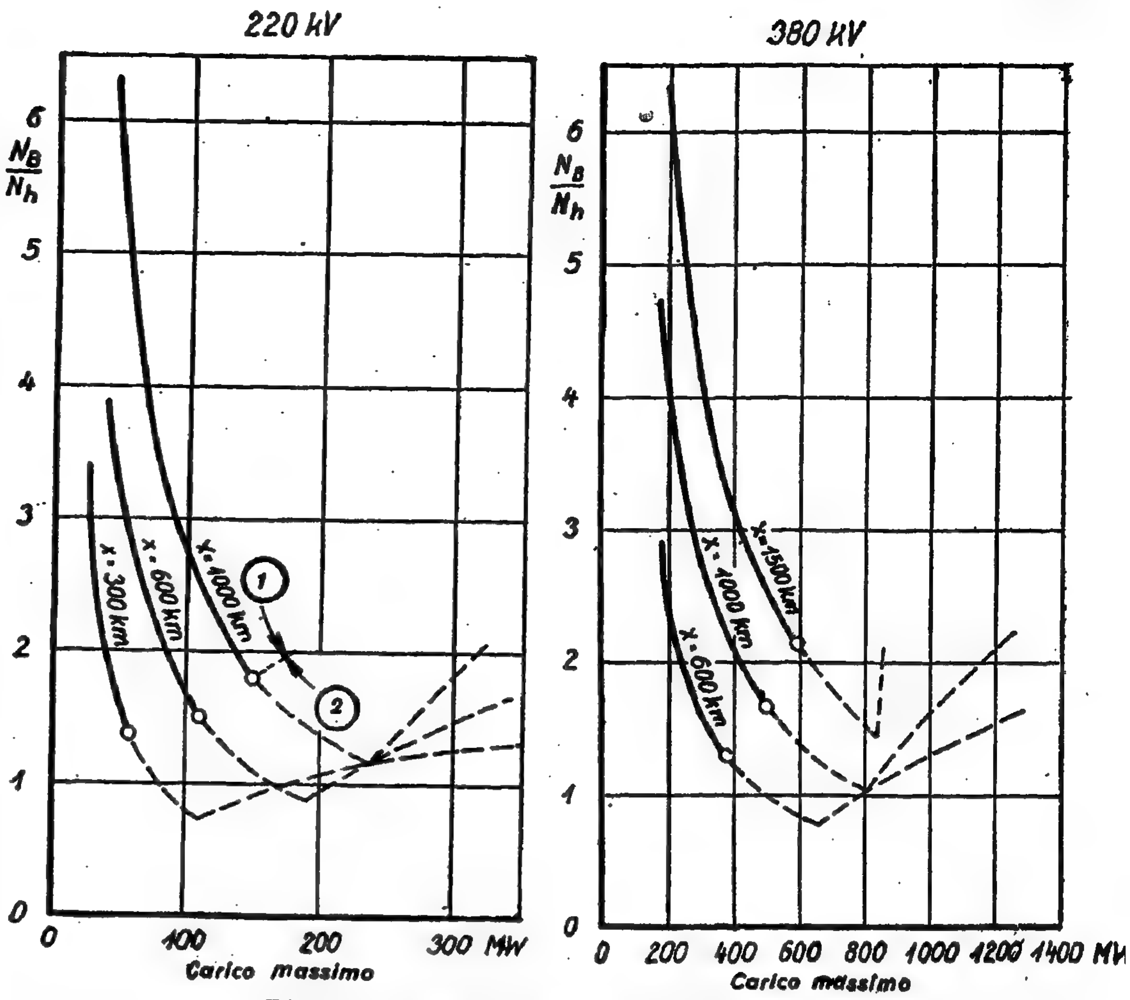


Fig. 2. - Valori del rapporto N_b/N_h.
1) Bobine di autoinduzione; 2) Compensatore di fase.

Tensione	220 kV
Sezione (fune cava)	(3 × 220) x 2 mm²
Lunghezza	600 km
Resistenza ohmica	0,09 Ω/km
Reattanza magnetica	0,4 »
Reattanza di capacità	0,36 × 10⁶ »

Dai diagrammi della fig. 1 risulta che la potenza reattiva richiesta per il rifasamento della linea a vuoto è di 160 *M* W induttivi. Se il fattore di potenza all'estremità della linea è eguale a cos $\varphi_2 = 1$, la legge di variazione della potenza reattiva è rappresentata dalla linea indicata a tratto continuo fine nella parte inferiore della figura. Per cos $\varphi_2 = 0{,}8$, è valida invece la curva tratteggiata. Nel primo caso, la potenza reattiva richiesta per la compensazione varia — mantenendosi induttiva — da 160 *M W* fino a 0 al variare della potenza erogata fra 0 e 175 *M W* (potenza naturale); diventa poi capacitiva col crescere del carico. Nel secondo caso, si ha una legge analoga di variazione della potenza reattiva: la potenza naturale è, tuttavia, eguale a 80 *MW*.

L'andamento della curva $\frac{N_b}{N_h}$ è rappresentato nella parte superiore della figura. Tale curva segue una legge iperbolica, poichè le sue ordinate variano in ragione inversa delle ascisse, per tutti i valori di queste inferiori alla potenza attiva cui corrisponde una potenza capacitiva eguale alla potenza induttiva a vuoto. Le ordinate seguono poi una legge crescente perchè la potenza reattiva necessaria, costante ed eguale a quella richiesta a vuoto fino a questo valore dell'ascissa, cresce in misura più rapida della potenza attiva.

È possibile realizzare una condizione di servizio atta ad assicurare la compensazione a cos $\varphi_2 = 1$ in un determinato centro di consumo. È necessario, in tal caso, disporre di una energia reattiva sufficiente per compensare, al tempo stesso, la linea e gli apparecchi utilizzatori. Supposto che l'energia reattiva necessaria per questi ultimi vari secondo la retta indicata a tratto e punto, la curva segnata a tratto continuo marcato nella parte inferiore della figura, con ordinate eguali alla somma delle ordinate della linea segnata a tratto continuo fine e della retta sopracitata, rappresenta, per ogni valore del carico, la potenza reattiva necessaria per realizzare detta condizione di servizio. Corrispondentemente, nella parte superiore della figura è rappresentato l'andamento della curva $\frac{N_b}{N_h}$ (N_h).

Nella fig. 2, sono rappresentate le curve $\left(\frac{N_b}{N_h}\right)$ N_h per la linea a 220 kV anzidetta, con lunghezze di 300, 600 e 1000 km e per una linea a 380 kV con lunghezze di 600, 1000 e 1500 km, nella supposizione di un fattore di potenza da compensare

(1) Nell'articolo originale le spese sonoe spresse in RM/kW anno. La trasformazione dei RM in Lire è stata fatta in base al cambio 4,5.

eguale a 0,8 agli utilizzatori. I valori di $\frac{N_b}{N_h}$ sono stati dedotti per la linea a 380 kV in base alle seguenti caratteristiche della linea stessa:

Tensione	380 kV
Sezione (fune cava)	(3 ×400) ×2 mm²
Resistenza	0,045 Ω/km
Reattanza magnetica	0,392 »
Reattanza di capacità	0,353 ×10⁶ »

La compensazione, nei casi esaminati, è supposta effettuata mediante bobine di autoinduzione, automaticamente regolabili, al disotto della potenza naturale e mediante compensatori asincroni al disopra.

Spese d'impianto, spese fisse ed onere dovuto alle perdite. – Le formule generali dedotte dianzi sono state applicate per la valutazione numerica delle varie spese per le due linee considerate a 220 e 380 kV. Le spese di impianto sono state calcolate in base ai prezzi indicati all'A. da parecchie ditte costruttrici; le spese fisse sono state basate sopra un tasso di interesse pari all'8 % e sulle quotenormali di ammortamento e di manutenzione.

I valori ottenuti sono rappresentati nella tabella indicata qui appresso:

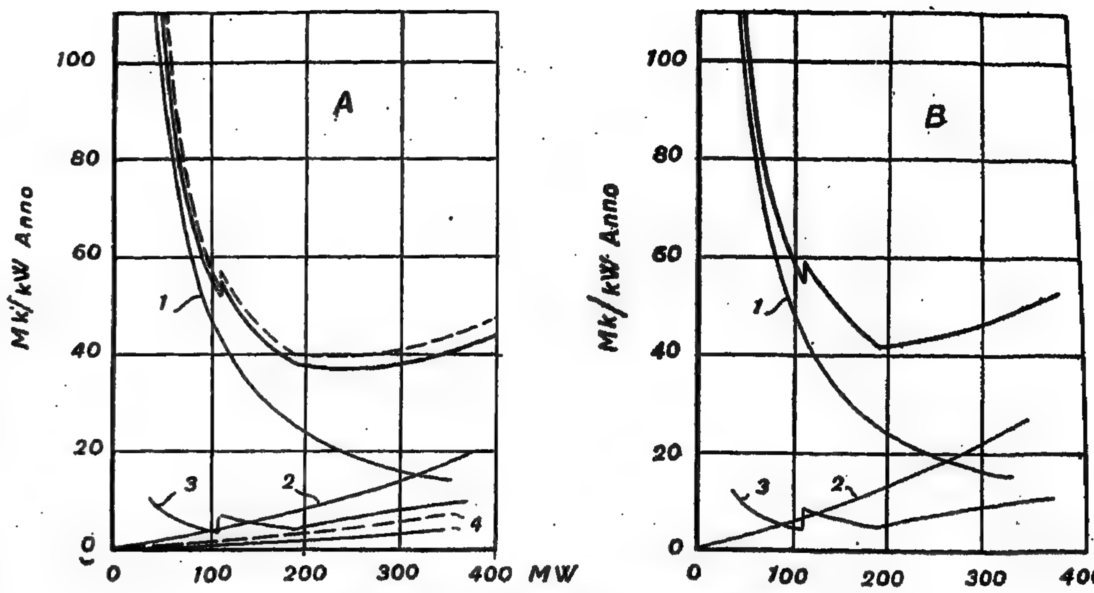


Fig. 3. - Curve dei costi della trasmissione (1).
A) Centrale termoelettrica. *B*) Centrale idroelettrica.

fiche della trasmissione di energia con la linea a 220 kV, lunga 600 km, anzidetta. I diagrammi a sinistra si riferiscono ad un impianto termoelettrico di produzione e quelli a destra ad un impianto idroelettrico.

TABELLA I. – *Valori medi dei costi d'impianto, spese fisse, coefficiente annuo*

		220 kV	380 kV
Impianto della linea	Costi d'impianto della linea, in condizioni medie di ubicazione .... L./km	300 000	495 000
	Quota annua per interessi (8%), ammortamento, manutenzione .... %	11,7	11,7
	Spese fisse per l'impianto della linea .... L./km	35 200	58 000
Impianto di rifasamento	Costi d'impianto delle stazioni con bobine a regolazione automatica .. L./kVA	24,50	36
	Quota annua per stazioni con bobine autoregolabili.................. %	14	14
	Spese fisse per tali stazioni .... L./kVA	3,75	5
	Costi d'impianto di stazioni con compensatori asincroni .... »	82	122
	Quota annua per esse................................ %	15	15
	Spese fisse per tali stazioni .... L./kVA	12,20	18
Stazioni di trasformazione	Costi d'impianto riferiti alla potenza massima .... L./kVA	158 ÷ 360	
	Quota annua .... %	15	
	Spese fisse .... L./kVA	22,50 ÷ 54	
Centrali	Costi d'impianto per centrali termiche (a vapore) compresa la stazione di trasformazione in partenza, tenuto calcolo del 20% di riserva e riferiti al carico massimo .... L./kW	1490	
	Quota annua .... %	16,3	
	Spese fisse con centrali termiche, riferite al carico massimo .... L./kW	244	
	Costi d'impianto per centrali idroelettriche, riferite al carico massimo »	2380	
	Quota annua, riferiti al carico massimo .... %	12	
	Spese fisse per centrali idroelettriche, riferite al carico massimo .... L./kW	405	

Nel calcolo numerico, il costo specifico del combustibilei nullo per gli impianti idroelettrici, è stato scelto, per gli impiant, termoelettrici, eguale a $k = 0{,}027$ L/kWh per una durata di utilizzazione eguale a 5000 h ed eguale a $k = 0{,}0315$ L/kWh per una utilizzazione annuale di 3000 h. Il fattore di perdita Θ è stato ricavato, per due valori della utilizzazione annua: 5000 e 3000 h, con la formula $\Theta = \frac{V_f}{8760\, V_m}$ ed è risultato in media espresso da:

per $t = 3000\,h$ $\Theta = 0{,}17$
» $t = 5000\,h$ $\Theta = 0{,}4$

Il rendimento η_t delle stazioni di trasformazione è stato supposto in media eguale al 98 %. La perdita percentuale per la compensazione dell'impianto è stata valutata in

$V_{bd} = 2{,}5$ % della potenza nominale
$V_{bm} = 4{,}5$ % » » »

rispettivamente per stazioni con bobine di autoinduzione e stazioni con condensatori asincroni. In base a questi valori si è rilevato, tuttavia, facilmente che il contributo delle perdite per la compensazione, agli effetti delle spese totali, si può ritenere trascurabile.

I diagrammi della fig. 3 rappresentano le spese totali speci-

Le curve rappresentano:

curva 1: spese fisse per la linea di trasporto;

curva 2: spese per il maggior dimensionamento della centrale dovuto alle perdite in linea in corrispondenza del carico massimo;

curva 3: spese fisse per la compensazione;

curva 4: spese per il maggior quantitativo di combustibile imposto dalle perdite in linea riferite rispettivamente a $t = 3000\,h$ e $t = 5000\,h$.

La curva somma rappresenta le spese specifiche totali in L/kWanno per la linea e l'impianto di compensazione. Non sono state riportate le spese per le stazioni di trasformazione

$$1\,C_t + 0{,}04\,t\,k$$

---

(1) Per avere i costi in L/kW-anno tenere presente i dati approssimativi seguenti:

Mk. 20 = L. 90		Mk. 80 = » 360	
» 40 = » 180		» 100 = » 450	
» 60 = » 270			

rappresentabile con una retta parallela all'asse delle ascisse. Il contributo di queste spese comporta quindi soltanto una traslazione della curva somma anzidetta il cui andamento rimane immutato. Il suo valore medio è, in generale compreso fra 45 e 112 L/kWanno. Le curve della fig. 4 rappresentano perdite

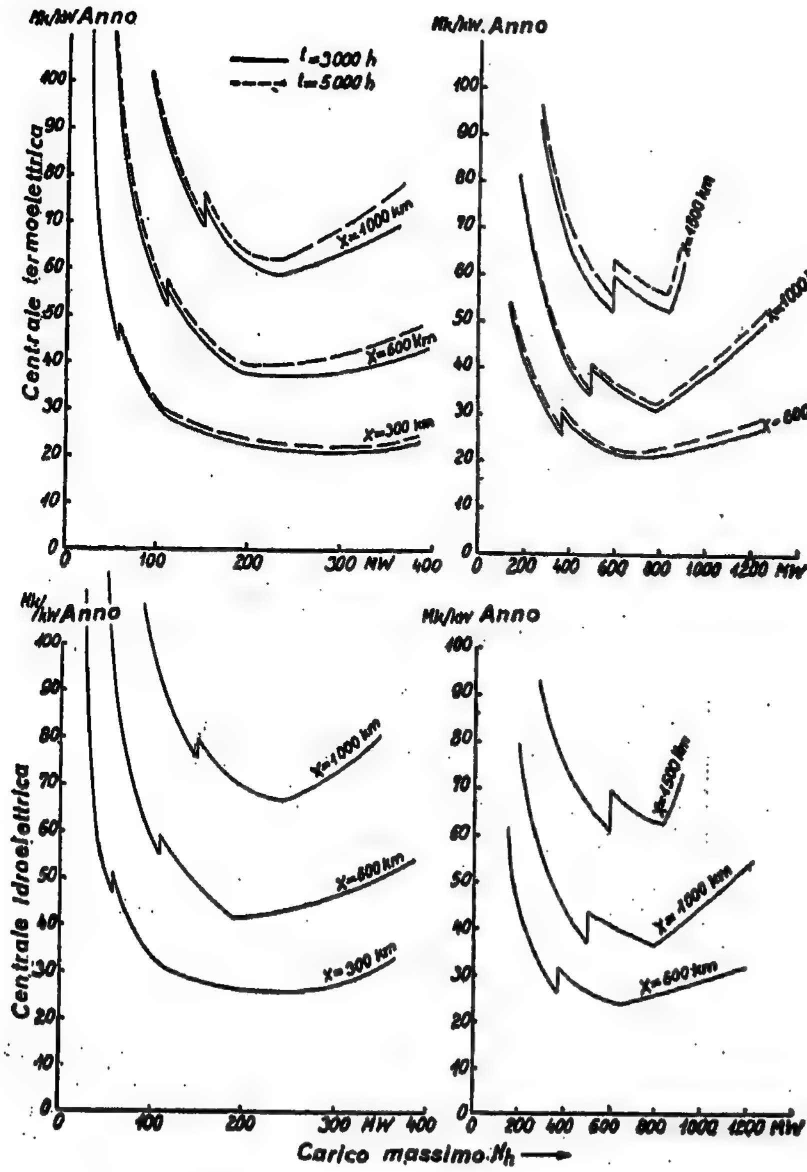


Fig. 4. - Costi di trasmissione per kW/anno (1).

totali specifiche per le due linee a 220 e 380 kV, lunghe rispettivamente 300, 600, 1000 km e 600, 1000, 1500 km, nell'ipotesi di alimentazione in una centrale termica oppure con un impianto idraulico.

Le curve che rappresentano l'andamento del costo di trasmissione in funzione del carico massimo (fig. 4) presentano una discontinuità in corrispondenza della potenza naturale, discontinuità dovuta al passaggio delle bobine di reattanza ai rifasatori rotanti. Da tali curve si rileva che le condizioni ottime per la trasmissione — minimo costo specifico — si verificano per una potenza generalmente alquanto superiore della potenza naturale, e che il minimo costo specifico, per le linee esaminate, varia da un minimo di 90 ad un massimo di 270 L/kW, essendo, naturalmente, una funzione della lunghezza della linea di trasmissione e delle caratteristiche degli impianti di produzione.

Il confronto dei valori dedotti nei casi esaminati con quelli noti per le linee a tensione non superiore ai 110 kV porta alla constatazione che l'importanza delle spese specifiche relative alla linea di trasporto di fronte alle spese d'impianto per le centrali è assai accentuata ed, in ogni caso, tale da giustificarne un'attenta considerazione nello studio dei problemi di distribuzione con linee a tensione altissima.

È importante, inoltre, considerare che il costo specifico della trasmissione aumenta rapidamente con la diminuzione del carico massimo, per cui è necessario, onde mantenere tale costo nei limiti ammissibili, poter contare sopra un carico iniziale della linea non eccessivamente ridotto. L'andamento delle curve mette in evidenza la notevole importanza che il carico ha, particolarmente per le linee a tensione elevatissima, agli effetti della tariffícazione dell'energia. Anche il problema della convenienza o meno di ripartire il carico in un centro di consumo fra centrali lontane, e prossime al centro stesso, può essere studiato in modo esauriente tenendo presenti i valori riportati nelle curve e le conseguenze che da essi si possono trarre. Di questo problema si occupa l'A. a chiusura del suo articolo, riportando anche un esempio numerico ed un diagramma illustrativo.

d. m.

(1) Vedi nota nella pagina precedente.

PALI IN LEGNO PER ELETTROCONDUTTURE

Comunicazione di W. Kinberg al Congresso del Deutscher Verband der Elektrizitätswerke a Teplitz Schönau, 15 maggio 1931.

Prescrizioni per elettrodotti.

Le Norme del VDE e del EVW del 1917 relative al calcolo meccanico dei pali in legno prescrivevano di adottare un diametro Z in testa al palo dato da

$$Z = 1 . 2 \sqrt{DH} \text{ cm}$$

dove H è l'altezza media in m dei fili dal suolo e D la somma dei diametri in mm dei conduttori.

Tuttavia tale formula, per un piccolo valore complessivo del diametro dei conduttori dà un risultato in difetto, mentre per un grande valore totale del diametro dai conduttori dà un risultato in eccesso. Il calcolo rigoroso porterebbe ad una equazione di terzo grado da cui si potrebbero dedurre dei valori semplificati per il caso di un palo semplice o abbinato. Alcune formule furono consigliate in proposito dall'Autore, ma non vennero adottate nè dal VDE, nè dal EVW, nè dal ESC. Questi Enti presero tuttavia lo spunto per migliorare le loro norme in materia.

Va poi osservato che il momento resistente di una coppia di pali abbinati, non ha il valore teorico di 5 volte quello di un palo semplice, ma bensì solo di 2÷3 volte e ciò dato l'imperfetto collegamento tra i pali stessi che ne permette uno scorrimento reciproco.

Infine si deve notare che, mentre le norme tedesche prescrivono per la trazione, compressione e flessione lungo le fibre delle conifere non più di kg 145 kg/cm², le norme Cecoslovacche indicano come valore massimo kg 110. Ammettendo quindi un carico di rottura di kg/cm² 550 ciò equivale a dire che le norme tedesche prescrivono un coefficiente di sicurezza di 3,8 mentre quelle cecoslovacche di 5.

Inoltre in Germania è prescritto un diametro minimo in testa di cm 15, in Austria di 16 cm e in Cecoslovacchia 17 cm.

Quanto alla pressione del vento le norme Cecoslovacche la considerano su un palo in legno pari a 0,6 volte quella che si avrebbe su una superficie piana di ugual sagoma limite, mentre in Germania tale pressione va moltiplicata solo per 0,5. Tutte queste maggiori restrizioni hanno come risultato di far sì che in Austria ed in Cecoslovacchia si costruisca con una spesa che è del 20% in più di quella occorrente in Germania.

Le suddette norme non sono in compenso abbastanza restrittive per quanto concerne l'impiego di legnami squadrati. Bisogna infatti ricordare che in ogni caso l'alburno non deve essere asportato poichè è proprio quello che è maggiormente sensibile all'azione della impregnazione e che protegge il midollo.

Impiegando legnami di abete e di abete rosso il pericolo è minore poichè essi si impregnano facilmente in profondità. Così pure il faggio può essere squadrato con tutta sicurezza poichè non possiede midollo e pertanto il suo impiego non presenta incognite. Invece la quercia può essere impiegata solo nel caso che essa sia stata soggetta ad un processo di kyanizzazione profondo e accurato.

Impiego di pali in legno.

In Cecoslovacchia l'impiego delle palificazioni in legno è tutt'ora riservata a linee a bassa tensione. Invece in Svezia già all'inizio della guerra si erano costruite linee a 50÷70 kV e ultimamente si è eseguita la linea Stoccolma Malmö (fig. 1) a 132 kV con portali in pino selvatico di 15÷22 m, avente 32÷42 cm di diametro a m 2 dal suolo. Detto legname è imbevuto con 120 kg/m³ di olio di catrame.

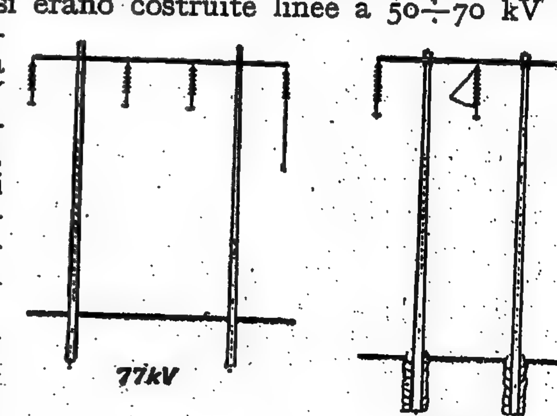


Fig. 1.

Ammettendo che l'alburno del legname sia di cm 6 di spessore, ciò equivarrebbe a far impregnare in esso kg/m³ 170.

Pertanto un palo di pino selvatico di m 12 con 18 cm di diametro in testa e 4 cm di alburno che assorbisse kg/m³ 60 di olio di catrame, avrebbe un assorbimento di 100 kg/m³ di olio nell'alburno stesso.

Le industrie dell'Europa centrale non sorpassano di solito i 60 kg/m³ di impregnazione poichè è dimostrato che già dopo circa 3 anni il quantitativo di olio iniettato in più viene espulso. Naturalmente trattandosi di linee ad alta tensione sarà bene, ciò non ostante, abbondare nell'impregnazione onde poter garantire almeno 50 anni di vita ad una simile costruzione.

La Water Power Co. di Washington gestisce una linea di 110 kV tra Longlake e East Spokane montata su pali costruiti con legname in cedro. La California Line sulla costa del Pacifico a 130 kV e alcuni elettrodotti della Alabama Power Co. e della Mississippi Power Co. a 110 kV sono pure costruiti secondo i predetti criteri. Tra i fautori dell'impiego delle linee in legno va citato sopratutto A. O. Austin ingegnere capo della Ohio Isolator Co. (1).

Infine va ricordata la Poyet Sound Power and Light Co. che ha montate linee a 60 e 110 kV persino su semplici pali in legno non foggiati a portale.

I cedri rossi impiegati nel Nord America sopportano un carico di rottura di $350 \div 400$ kg/cm²; i più arrivano fino a 611 kg/cm², mentre il legname di conifere impiegato in Svezia ha un carico di rottura compreso fra 500 e 550 kg/cm².

Disposizione dei conduttori.

Viene consigliato di adottare il tipo di palo a portale che permette di situare i conduttori in un piano e abbastanza vicini a terra. Con questo criterio è stata costruita ad esempio la condutture di Porjus nella quale si ebbe a constatare un ottimo comportamento della linea per quanto riguarda il buon isolamento e la assenza di incendi nei pali. Fu inoltre constatato su tale linea che il filo di terra aveva un effetto dannoso.

La disposizione dei pali a portale ha naturalmente l'inconveniente di occupare un'area non indifferente. Questo difetto è stata in parte ovviato da Kjaer (fig. 2) che ha consigliato un

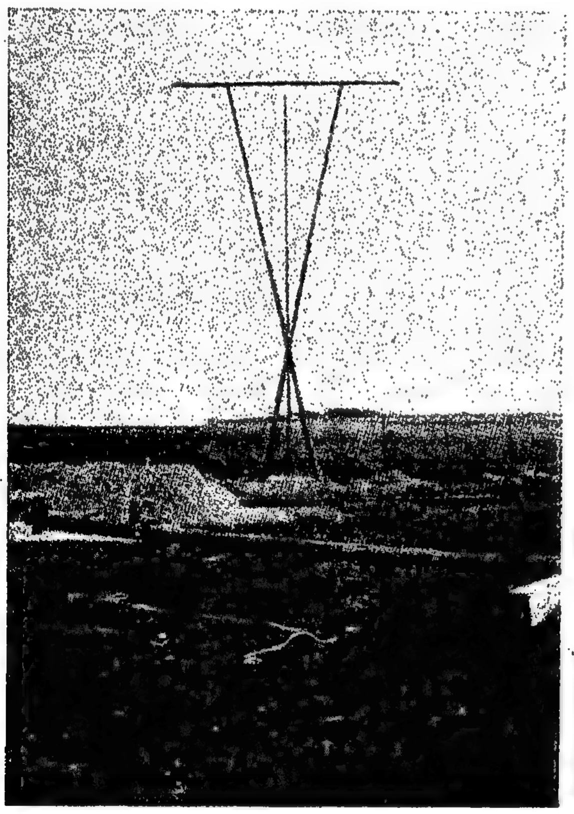


Fig. 2. - Si noti che il palo centrale serve solo quale asse di riferimento e non fa parte del sostegno.

tipo di palo a X che, per quanto a tutta prima possa sembrare poco atto a sopportare forti carichi, in pratica si è comportato assai bene. Ciò è dovuto sopratutto al fatto che in caso di rottura di uno dei conduttori, l'elasticità del legname permette ai pali di flettersi e di scaricare in tal modo una buona parte del tiro cui erano soggetti.

Il tipo di palo a A è meno consigliabile specie se si adottano isolatori a catena. La Payet Sound Power and Light Co. ha montato una linea a 110 kV su sostegni costituiti da un unico palo in legno con mensole pure in legno e tali che su di esse i due conduttori inferiori siano simmetrici rispetto al palo, mentre quello superiore serpeggi a destra e a sinistra dei pali stessi in modo alternativo. C'è naturalmente in questo caso l'inconveniente di avere una fase più alta da terra delle altre due e quindi più esposta alle sovratensioni di natura atmosferica.

I pali ad X possono poi essere opportunamente rinforzati come risulta dalla fig. 3.

Infine i pali in legno possono essere impiegati anche per la costruzione di tralicci e il Badenwerk possiede appunto tali sostegni alti $20 \div 17$ m e atti a resistere ad un tiro in testa di kg. 1500. Costruzioni del genere possono infine trovare impiego nelle torri per trasmissioni radio.

(1) Alla Soc. Elettrica Interregionale Cisalpina, che in occasione della costruzione della sua prima linea a 150 kV Mese-Brugherio aveva interpellato A. O. Austin, fu pure consigliato l'impiego di pali a traliccio in ferro con almeno le mensole in legno. Detto accorgimento non fu però adottato.

Isolamento suppletivo dovuto al legno.

A. O. Austin ha eseguite importanti ricerche in proposito, determinando l'importanza dell'isolamento suppletivo dovuto alla presenza del sostegno in legno rispetto a quello metallico.

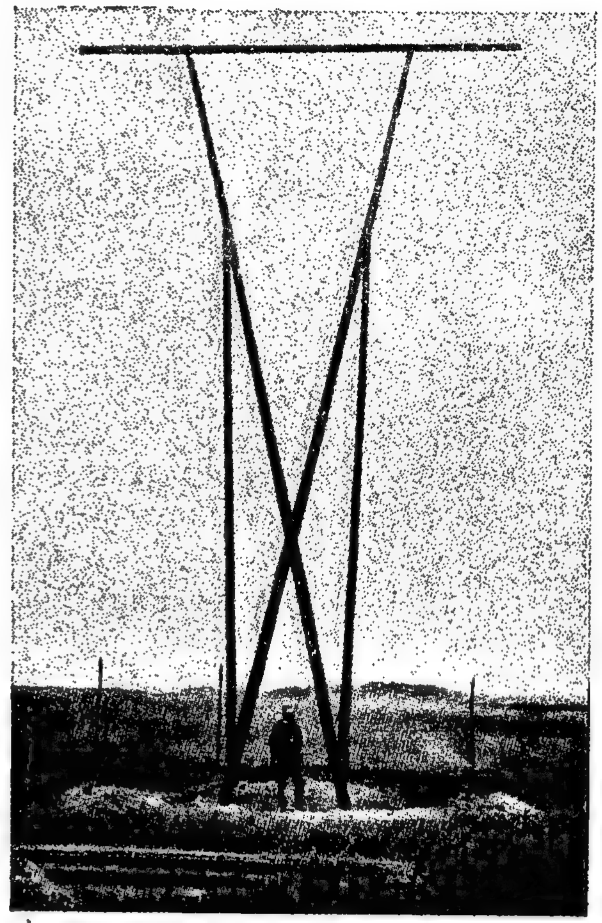


Fig. 3.

Secondo le sue ricerche inoltre i pali dovrebbero essere possibilmente bassi, compatibilmente alle altre condizioni richieste dal punto di vista elettrico. Sconsigliati sono i fili di terra su palificazioni in legno. Qualora però altre considerazioni ne richiedessero la presenza, dovrebbe essere evitata la loro messa a terra lungo il palo in legno. Meglio ancora se la messa a terra avviene attraverso uno spazio d'aria (air gaps). Seguendo questi criteri l'efficienza dell'isolamento dovrebbe essere notevolmente incrementata.

Fili di guardia.

La utilità di questi è assai discussa su palificazioni in legno. Molti sono i detrattori ed alcune delle obbiezioni in proposito sono state citate precedentemente. Secondo alcune ricerche dovute alla Brown Boveri e Co. la presenza del filo di terra servirebbe ad eliminare parecchi disturbi sul macchinario, ma peggiorerebbe sensibilmente le condizioni di isolamento della linea.

G. R. M.

IL CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA IN FUNZIONE DEL PREZZO

(g

Elektrizitätswirtschaft, settembre 1931, n. 19. – H. NISSEL.

Per l'energia elettrica, trattandosi di un prodotto venduto in grande massa qualitativamente unica (kWh), è relativamente facile una ricerca comparativa intesa allo scopo di stabilire la variazione della richiesta in dipendenza della variazione del prezzo; assai più difficile appare invece la determinazione del punto di saturazione. Se per l'automobile, per esempio, questo punto potrà ritenersi raggiunto quando ogni famiglia possiede un automobile, invece la saturazione per l'energia elettrica non si potrà dire raggiunta allorquando ogni famiglia sia allacciata alla rete di distribuzione elettrica a scopo di illuminazione, e magari anche di forza motrice, mentre sia ancora da sfruttare il campo del riscaldamento elettrico. L'energia elettrica non serve quasi mai di per sè stessa ma in quanto essa può venire facilmente trasformata in luce, lavoro meccanico, calore, ecc., cosicchè le sempre nuove possibilità ed i continui progressi cagionano un incessante spostamento del limite di saturazione. Il mercato della energia elettrica ha pertanto sempre avuto un crescente e continuo sviluppo e non è da prevedersi, neanche approssimativamente, quando esso potrà raggiungere il limite finale della sua saturazione.

Una indagine, basata sulle diminuzioni di prezzo avvenute nel periodo $1924 \div 1928$ in 40 aziende elettriche nord-americane, aveva dimostrato che, in media, ad un ribasso dell'1 % sul prez-

zo dell'energia elettrica corrispondeva un aumento del 2 % nel consumo. Tale incremento di consumo non è soltanto un effetto dovuto alla diminuzione assoluta del prezzo, ma dipende probabilmente anche da vari altri fattori, principale fra i quali è la forma della tariffa; infatti una modificazione indovinata della forma della tariffa, se accompagnata da una acconcia propaganda, può portare ad un aumento di consumo anche senza diminuire il prezzo medio di vendita dell'energia.

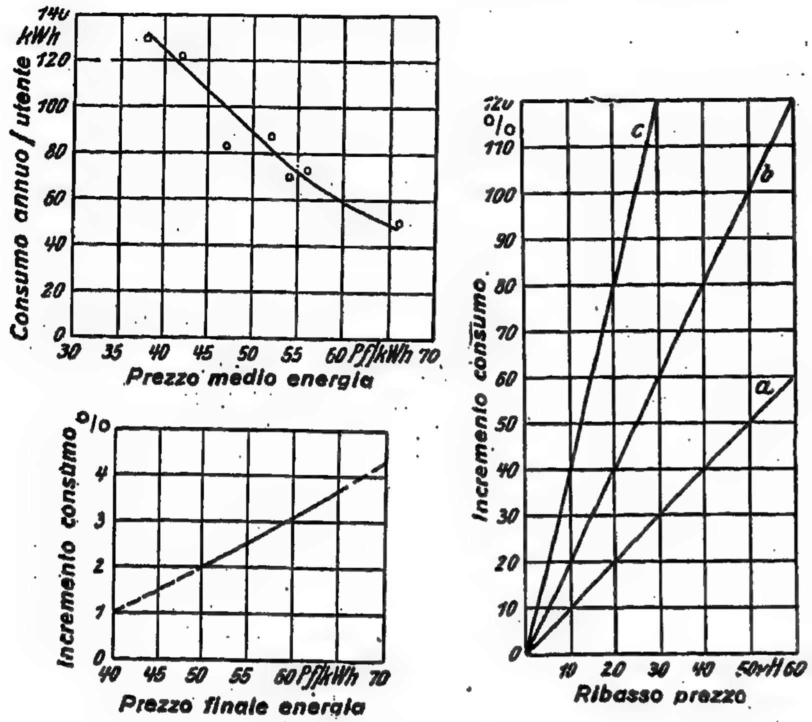


Fig. 1, 2 e 3.

Fig. 1. - Consumi annui per utente in funzione della tariffa media.
Figg. 2 e 3. - Incrementi del consumo in funzione della tariffa definitiva e del ribasso.

Nella fig. 1 l'autore ha segnato i risultati di rilievi fatti presso varie aziende elettriche tedesche, aventi tutte egual forma di tariffa e per ciascuna delle quali si è calcolato il consumo medio annuo per utente mettendolo in relazione con il prezzo medio di vendita per kWh, nolo contatore compreso. I vari punti così ottenuti possono essere assai bene interpretati dalla curva tracciata nella figura; da questa curva sono stati ricavati i diagrammi delle fig. 2 e 3 che mostrano con evidenza le variazioni del consumo di energia in funzione di una variazione del prezzo, nonchè i diagrammi della fig. 4 che mostrano invece le

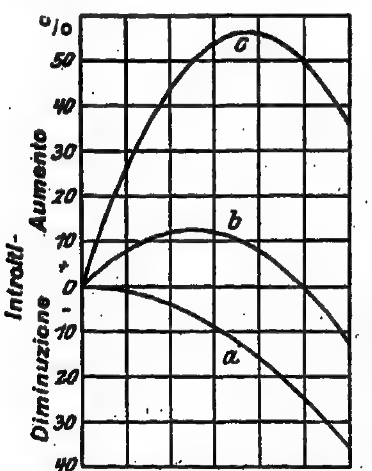


Fig. 4. - Variazioni degli introiti col ribasso del prezzo.

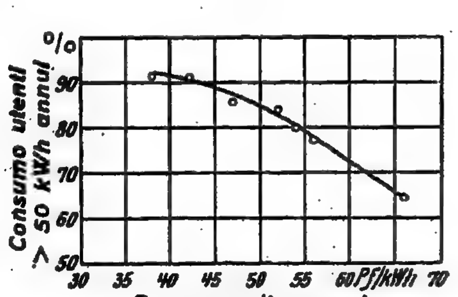


Fig. 5. - Variazione in % del consumo (per utenti che consumano più di 50 kWh) in funzione della tariffa media.

variazioni corrispondenti degli introiti. Non è detto che questi ultimi debbano sempre aumentare con l'aumentare del consumo: dopo aver raggiunto un certo massimo, essi decrescono e ciò sempre quando l'aumento percentuale del consumo sia maggiore della diminuzione percentuale del prezzo perchè altrimenti, e cioè nel caso che esso invece sia eguale o minore, gli introiti cominceranno subito a diminuire nonostante che il consumo aumenta; le curva che rappresentano l'andamento di questi fenomeni hanno un andamento parabolico. Arrivando poi a considerare l'utile netto si trova che questo può in alcuni casi diminuire malgrado che oltre il consumo anche gli introiti siano invece in aumento.

Viene fatto uno studio sulla distribuzione, in percentuali della cifra totale, sia del numero degli utenti che del consumo annuo complessivo relativo per le diverse classi di utenti ottenute suddividendoli a seconda della entità del loro consumo unitario annuo. Per la tariffa semplice a contatore, in una azienda tedesca che vende al prezzo medio di L. 2,43/kWh (L. 2,16 più L. 0,27 per nolo contatore), risulta che la classe più numerosa è quella degli utenti che consumano da 51 a 100 kWh annui (35,5% del numero totale) e anche il loro consumo è il più importante (33,7% del consumo totale); segue per numero la classe degli utenti con consumo unitario da 26 a 50 kWh annui (31,2% del numero totale) che però ha un consumo complessivo molto meno importante (17,2% del totale); il consumo medio annuo per utente risulta di 70 kWh. Per la tariffa mista per applicazioni elettrodomestiche, con un prezzo medio globale di vendita di L. 1,35/kWh e con un consumo medio di 260 kWh annui per utente, risulta che la classe prevalente è quella degli utenti che consumano da 101 a 200 kWh all'anno ciascuno (39,1% del numero e 27,7% del consumo totali); per la tariffa speciale per piccole forze motrici nessuna delle varie classi in cui sono suddivisi gli utenti mostra una speciale preponderanza.

Sommarî

Ministero del Lavori Pubblici (*Ufficio idrografico*): « Il dominio glaciale nella valle d'Aosta e sua influenza sul regime dei deflussi » ING. LUIGI GHERARDELLI.

In questa nota l'A. espone anzitutto i risultati della planimetrazione delle superficie glaciali della Valle d'Aosta, distinguendole in zone di altitudine comprese fra isoipse equidistanziate di 300 m. Fra tutti i bacini glaciali italiani, quello della Dora Baltea è il più ricco di ghiacciai in senso assoluto e relativo. La valle d'Aosta, infatti, supposta chiusa alla stazione di Borgofranco d'Ivrea (con un bacino totale di 3329 km²) presenta un'area glaciale di ben 237 km², pari al 7,1 % della superficie totale, mentre nel bacino del Lario i ghiacciai e i nevai permanenti hanno un'estensione di 173,18 km² (pari al 5,1 % del bacino totale), in quello del Verbano di 108,1 (1,74%) e in quello dell'Adige di 220 km² circa (corrispondenti al 2,2% dell'area totale).

Con riferimento ai rilievi delle portate della Dora Baltea e del torrente Lys eseguiti dalla Sezione di Torino dell'Ufficio idrografico del Po, l'A. analizza anche l'influenza dei ghiacciai sul regime fluviale del bacino considerato.

Uno degli aspetti più singolari di tale influenza è quello dell'entità del deflusso annuo, che risulta, in generale, *superiore all'afflusso meteorico apparente*.

Il fenomeno può essere spiegato tenendo presente che la superficie glaciale, trovandosi sempre a temperatura uguale o inferiore a 0°, è sede di un'attivissima condensazione del vapore acqueo contenuto nell'atmosfera, condensazione la quale sfugge in gran parte alla misura dei pluviometri. Secondo le valutazioni del Prof. Fantoli, ad esempio, nel bacino glaciale del Lario il tributo normale giornaliero d'acqua di condensazione sarebbe, nel mese di agosto, di 255 l/sec per kmq di ghiacciaio.

Dall'esame dei deflussi della Dora Baltea a Borgofranco (3329 km², di cui il 7,1% interessato da ghiacciai), del Lys a Gressoney (90 km², di cui il 19,5 % glaciali) e della Dora a Prè S. Didier (372 km² con il 20,5 % di ghiacciai) emerge facilmente che il deflusso annuo per km² è tanto maggiore quanto maggiore è la percentuale del bacino glaciale.

In base ad una valutazione sommaria, ma praticamente attendibile, l'A. trova che il contributo glaciale *medio* annuo dell'alta valle d'Aosta non è quasi mai inferiore a 100 l/sec × km² e che anzi si può ritenere di 125 l/sec × km².

In particolare, il contributo dell'ablazione glaciale sullo scorcio d'estate e il principio d'autunno avrebbe un valore di 35 ÷ 38 l/sec per km² di ghiacciaio e per ogni grado di temperatura (> 0) riferita all'altitudine di 2100 m.

Un altro aspetto interessante dell'influenza dei ghiacciai sul regime della Dora Baltea, preso in esame dall'A., è quello dell'oscillazione diurna del deflusso glaciale.

Tale oscillazione risulta altissima.

Infatti, il rapporto fra il massimo e il minimo delle portate diurne, riscontrato nel periodo 26 agosto - 10 settembre 1929 avrebbe i seguenti valori:

per la Dora a Preè S. Didier:	1,80 ÷ 2,0
» » » Ponte Bajo:	1,50 ÷ 1,74
» il Lys a Gressoney	2,05 ÷ 3,43

Questi valori sono certamente in relazione anche con la capacità regolatrice del bacino e della rete idrografica corrispondente.

A. T.

Pubblicazioni

DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.

DR. F. FISCHER e DR. H. LICHTE: *Tonfilm - Aufnahme und Wiedergabe nach dem Klangfilm Verfahren* (*System Klangfilm - Tobis*) - Editore S. Hirzel, Lipsia 1931.

Solo da pochi anni si può parlare di una vera industria del film sonoro, poichè i primi film sonori nei cinematografi americani non datano che dal 1927. Il lavoro e le ricerche nei laboratori cominciarono naturalmente molto prima, e in Germania fin dal 1919 un gruppo di tre inventori aveva iniziato degli studi che però non poterono avere per il momento una valorizzazione industriale. I brevetti di questo gruppo passarono più tardi al *Tonbild - Syndikat A. G.* (*Tobis*), fondato col concorso di alcune Società industriali.

Il libro pubblicato dai Dr. Fischer e Lichte espone appunto la teoria e la pratica dei film sonori secondo il sistema *Tobis*. La cronistoria dello sviluppo del film sonoro è esposta assai succintamente, mentre è fatta una larghissima parte all'esposizione dei problemi fisici e tecnici che riguardano tale industria. Gli apparecchi per la presa e la riproduzione dei film sonori sono poi minutamente descritti e il loro uso è spiegato in modo che il libro possa non solo riuscire utile agli ingegneri e ai fisici per conoscere le basi teoriche del procedimento, ma possa anche servire come guida pratica per l'uso degli apparecchi nei teatri di posa o nei cinematografi. Essendo la trattazione molto ampia e dettagliata, non è da consigliarne la lettura ai profani che vogliano semplicemente conoscere per sommi capi questa interessante applicazione tecnica.

L'ultimo breve capitolo contiene una descrizione dell'impianto per la produzione dei film sonori che la « Ufa » ha installato a Neubabelsberg presso Berlino.

La compilazione dei vari capitoli è stata affidata a tecnici specialisti nei diversi rami, ciò che naturalmente aumenta il valore tecnico del libro, pur avendo portato a una minor compattezza e uniformità nell'esposizione ed anche a qualche ripetizione.

DOTT. ING. N. KELEN: *Talsperren*. Manuale N. 1044 della Collezione Göschen - volume di 144 pagine con 103 illustrazioni. Editore: Walter de Gruyter e Co. Berlino W 10 - Prezzo: RM. 1,80.

In questo manualetto della Collezione Göschen, l'Ing. Kelen, già noto ai costruttori idraulici per una sua pregevole opera sullo stesso argomento, riassume in modo chiaro e completo le principali nozioni teoriche e pratiche relative al progetto e alla costruzione delle dighe di ritenuta dei diversi tipi oggi maggiormente in uso.

Il manuale, che al pregio di una succosa brevità aggiunge quello di una esposizione chiara ed elementare che non va peraltro a detrimento dell'esattezza, si raccomanda sopratutto agli studenti di ingegneria e ai giovani ingegneri appena laureati nonchè a quei tecnici ed ingegneri che dovessero occuparsi incidentalmente di costruzioni e progetti idraulici. Ma anche per i tecnici specialisti può rappresentare un utile pro-memoria.

ING. L. DU BOIS: *L'ingenieur hydraulicien au XVIII.me siècle. Un précurseur: Bélidor.* Editions La Concorde, Lausanne, 1931.

L'Autore di questa interessante monografia illustra e commenta, non senza una certa arguzia che ne rende oltremodo piacevole la lettura, alcuni capitoli particolarmente interessanti di un'opera di idraulica prima d'ora quasi completamente ignorata: il trattato di architettura delle acque di M. Bernard Forest Bélidor, ingegnere idraulico vissuto in Francia tra il 1693 e il 1761.

È questa un'opera che, pur non avendo lasciato una profonda traccia nella storia dell'idraulica, meritava di essere riportata in luce poichè è di quelle che servono ottimamente a rendere un'idea esatta e suggestiva delle gravi difficoltà superate dai lontani precursori dell'ingegneria moderna.

Effettivamente la storia dell'ingegneria è troppo ignorata e gli ingegneri stessi ben poco sanno dei loro predecessori.

Ma non è facile colmare questa lacuna, poichè nelle scuole la storia della tecnica è completamente trascurata e, d'altra parte, anche ai migliori trattati tecnici tocca ben di rado la fortuna dei capolavori letterari, di sopravvivere alla propria epoca, attraverso periodiche ristampe, sia pure opportunamente ridotte e commentate.

È pertanto assai degno di lode ogni tentativo inteso a far rivivere l'opera feconda di quei precursori che, con la somma delle loro esperienze, hanno efficacemente contribuito al progresso più tangibile sinora realizzato dall'umanità: quello della scienza e della tecnica.

La monografia in oggetto, compilata da un ingegnere, rappresenta appunto uno di tali tentativi felicemente riusciti sotto vari aspetti e degno di essere segnalato anche ai tecnici italiani, che pur vantano fra i loro predecessori del XVIII secolo numerosi idraulici ed ingegneri non meno valenti ed illustri del Bélidor.

A. T.

Notiziario

PERSONALIA (a

A Roma, il 12 dicembre hanno avuto luogo le nozze del Maestro Oliviero De Fabritis, colla signorina Jolanda Corbino, figlia del Senatore Prof. Mario Corbino. A questa festa, che allieta la casa del Direttore della nostra Rivista, si associano coi loro voti augurali la redazione e i collaboratori de *L'Energia Elettrica*.

L'ing. Comm. Cesare Pedrini, già condirettore della Unione Esercizi Elettrici, ha assunto col 1º novembre il posto di Direttore della Società Tiberina di Elettricità (Cap. L. 100 000 000) distributrice di energia in Roma e nella campagna romana.

Il Consiglio d'Amministrazione della Unione Esercizi Elettrici ha nominato a Consigliere Delegato e Direttore Generale della Società l'Ing. Gustavo Palestrino, in sostituzione del dimissionario Gr. Uff. Ing. Oreste Simonotti.

COLLAUDO DI PALI A TRALICCIO (b

Sopra una linea elettrica di trasmissione a 110 kV a doppia terna, nello Stato di New York, sono state fatte alcune assai interessanti prove pratiche di collaudo — descritte nell'*Electrical World* del 26 settembre u. s. —. Si sono cioè caricati i fili delle due campate laterali al traliccio da provare, con tanti sacchetti di sabbia (per un complesso di circa 25 tonnellate) distanziati quasi uniformemente in modo da riprodurre praticamente un'azione eguale a quella di un manicotto di ghiaccio dello spessore di 12 mm; e si è contemporaneamente esercitata, trasversalmente alla linea, una trazione di 5 tonnellate sul traliccio in prova, ritenuta questa corrispondente all'azione, sul traliccio e sui conduttori, di un vento della velocità di 96 km all'ora. Si sono allora tagliati due dei sei conduttori e si è potuto constatare come il traliccio non presentasse nessun segno di deformazione pericolosa e solo si è avuto, in seguito al taglio dei conduttori, qualche indizio di scorrimento dei medesimi entro i relativi morsetti di sicurezza.

ISPEZIONE AEREA ALLE LINEE ELETTRICHE DI TRASMISSIONE (c

Il lavoro di ispezione lungo le linee elettriche di trasmissione — dice l'*Electrical World* del 26 settembre u. s. — richiedeva, sinora, dodici ore di lavoro per una squadra di 8 uomini per un tratto di linea lungo 56 km, oggi invece un areoplano fa lo stesso servizio in molto minor tempo, risparmiando inoltre la fatica di percorrere a piedi il tracciato non sempre agevole. Esso vola a (130 ÷ 160) km all'ora tenendosi a distanza di 15 a 30 metri lateralmente alla linea, ed a distanza di 30 a 60 metri dal terreno; anche a questa velocità un osservatore un po' allenato è in grado di accorgersi degli eventuali guasti lungo la linea; egli deve però essere assai pratico dell'andamento della linea e della numerazione dei pali. Le segnalazioni alle squadre di riparazione, che vigilano in determinati posti di guardia, vengono fatte mediante biglietti lasciati cadere passando coll'areoplano oppure per telefono alla fine della gita, non appena che l'osservatore abbia atterrato.

Nel luglio 1929, dopo un furioso temporale, fu fatto il primo esperimento di ispezione aerea contemporanea con quella terrestre sopra un complesso di circa 500 km di linee a 110 kV; l'osservatore aereo individuò non solo tutti gli isolatori colpiti, segnalati dalle pattuglie terrestri, ma in più anche un isolatore spezzato, che non era stato scorto dai pedoni.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* — ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO — Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO — ING. ETTORE CESARI, *Redattore-Capo responsabile*

MILANO
Dicembre 1931 - Anno X

Fascicolo XII
Volume VIII

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL' UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
Direttore: SENATORE O. M. CORBINO

ING. ETTORE SCIMEMI
DELLA R. SCUOLA D'INGEGNERIA DI PADOVA

Misure di portata negli impianti idroelettrici eseguite col metodo Gibson

Sommario. – *Si richiama il metodo ideato nel* 1923 *dall'ingegnere americano N. R. Gibson. Per quanto il metodo si presenti assai elegante e preciso, la difficoltà, per la sua applicazione nella tecnica degli impianti industriali, sembra consistere nella apparecchiatura ideata dallo stesso Gibson. Si presenta qui un altro dispositivo che facilita le operazioni e che perciò dovrebbe poter trovare facile applicazione in pratica. Le prove fatte, tanto in laboratorio, quanto su tre impianti idroelettrici, sono poste a confronto con misure di volume e con quelle ottenute con mulinelli, raggiungendo risultati di buona attendibilità.*

1. – In seguito alla pubblicazione della memoria di N. R. Gibson (Niagara Falls N.Y.) comparsa nel dicembre 1923 nelle Transactions American Society Mechanical Engineers, molti tecnici si sono occupati del geniale metodo escogitato dall'autore americano per dedurre la portata di una condotta forzata dalle sovrapressioni che si provocano mediante la chiusura di una saracinesca, che arresti momentaneamente il deflusso. Una bibliografia piuttosto estesa è già comparsa sull'argomento ed anche qualche indizio si ha del desiderio di introdurre il metodo nella idraulica tecnica dal fatto che nelle recenti Norme per il collaudo dei motori primi idraulici elaborate di comune accordo dalla AEI e dalla UNFIEL è stato incluso tale metodo.

Alla stregua dei fatti però non ci è noto che in Europa (1) siano state fatte determinazioni di portata col metodo Gibson, ed anche in America le prove sono state tutte affidate allo stesso autore; quindi non si può dire che il metodo abbia avuto diffusione al di fuori di una ristretta cerchia di studiosi, i quali per altro non l'hanno mai potuto provare.

Le prime notizie in Italia risalgono al 1925 (2). Il prof. Thoma (3) di Monaco e l'ing. Salgat (4) di Ginevra hanno di poi esaminato i fondamenti scientifici del metodo, nonchè lo sviluppo delle operazioni seguite dal Gibson, ed hanno chiaramente convalidata la sua piena attendibilità, a preferenza anche di altri comuni metodi (ciò che del resto era provato dalle misure di confronto riportate dallo stesso Gibson). Di tali elaborati l'ing. A. Melli ha dato una esauriente esposizione su questa Rivista (novembre 1928).

Era però sempre necessario superare le difficoltà di applicazione benchè l'Autore avesse dato i più precisi particolari sull'apparecchiatura necessaria.

Inoltre è da rimuovere un'altra obbiezione, in relazione cioè alla opportunità o meno di adattare il metodo agli impianti idroelettrici, dato che esso abbisogna di una chiusura del distributore. Ma questa obbiezione non ha consistenza perchè oggigiorno è assai difficile che un impianto si trovi isolato (o senza vasche di resistenza) così da non poter permettere che una volta tanto si facciano delle prove di scatto su un gruppo-condotta (prove che durano pochi minuti). Non occorre fermare le macchine o chiudere saracinesche; basta soltanto chiudere il distributore, lasciando in moto la girante fino alla ripresa del carico. Se poi si tratta di collaudo è noto che le prove di scatto fanno parte delle norme di verifica e quindi le prove ripetute (in tempi però di gran lunga maggiori) per applicare il metodo Gibson non possono dare alcun fastidio.

2. – Prima di procedere oltre diamo una esposizione sommaria del metodo, intendendo che chi avesse già conoscenza dei lavori sopra ricordati possa saltare senz'altro al paragrafo seguente.

Se nella sezione ω di una condotta (che supponiamo di diametro costante ed in regime uniforme $v = v_0$) provochiamo una chiusura, una serie di sovrapressioni e di depressioni si genera lungo la condotta stessa. Immaginiamo di ricavare un grafico di tali perturbazioni (le ascisse i tempi e le ordinate le sovrapressioni): esso ad ogni istante ci fa conoscere quali siano gli incrementi delle pressioni in ragione delle variazioni di velocità, nella sezione data; e perciò ci pone in grado di scrivere l'equazione seguente, fra variazioni di impulso e corrispondente variazione di quantità di moto

(1) Durante lo svolgimento delle nostre misure, iniziatesi circa due anni fa, è apparso un fugace cenno nella *Zeitschrift Ver. Deutscher Ingenieure* del 26 aprile 1930, pag. 521, dei risultati numerici di due prove eseguite a Walchenseewerk, senza la descrizione delle modalità seguite.

(2) F. MARZOLO: « Il metodo di Gibson per determinazioni di portata nelle centrali idroelettriche ». *L'Elettrotecnica*, 1925, n. 4.

(3) O. THOMA: « Ueber die Genauigkeitsgrad des Gibsonschen Wassermessverfahrens ». *Mitteil. Hydraul. Instit. Munchen*, 1926.

(4) F. SALGAT: « La méthode Gibson, etc. ». *Bulletin Technique Suisse Romande*, 1926.

oppure, chiamando y il sovraccarico in metri d'acqua,

$$\omega \gamma y \, dt = - m \, dv.$$

Se integriamo da 0 a t

$$(a) \qquad \gamma \omega \int_0^t y \, dt = m (v_0 - v_t) \quad ;$$

e per tutta la manovra di *chiusura* T,

$$(a\ 1) \qquad \gamma \omega \int_0^T y \, dt = m \, v_0 \quad ;$$

oppure

$$\gamma \omega \int_0^T y \, dt = m (v_0 - v_p) \quad ,$$

in cui v_p rappresenta la velocità relativa alle *perdite* o fughe d'acqua, a distributore chiuso, di cui si parlerà in seguito. L'integrale del primo membro delle (a) è rappresentato dalla area A_t del diagramma di sovrapressioni, onde sarà al tempo t

$$(a\ 2) \qquad \gamma \omega A_t = m (v_0 - v_t)$$

ed alla chiusura totale T

$$(a\ 3) \qquad \gamma \omega A_T = m \, v_0$$

da cui

$$(b) \qquad v_0 = \frac{\gamma \omega A_T}{m}$$

e la portata

$$(b\ 1) \qquad Q = v_0 \, \omega.$$

Non si è fatto cenno dell'elasticità dell'acqua o dell'involucro metallico che insieme intervengono durante il fenomeno di chiusura, perchè se si suppone che la manovra sia avvenuta in modo che al suo termine tutto sia ritornato in quiete (esauriti cioè anche i fenomeni di elasticità della condotta e dell'acqua) il diagramma di sovrapressioni rispecchierà tutta la variazione di quantità di moto della massa fluida contenuta nel condotto al momento della chiusura e quindi vale esattamente la (b). Altrimenti dopo la chiusura la massa fluida oscillerà ancora per qualche tempo con le sue alternanze di moto verso l'imbocco e verso lo sbocco con periodo $2\,\mu \left(\text{dove } \mu = \frac{2\,L}{a}\right)$ intorno alla pressione di regime (1); però si osserva che in tal caso il diagramma di sovrapressioni risulta intrecciato ed in pratica (come si vedrà più avanti) la misura della portata non ne resta sensibilmente influenzata.

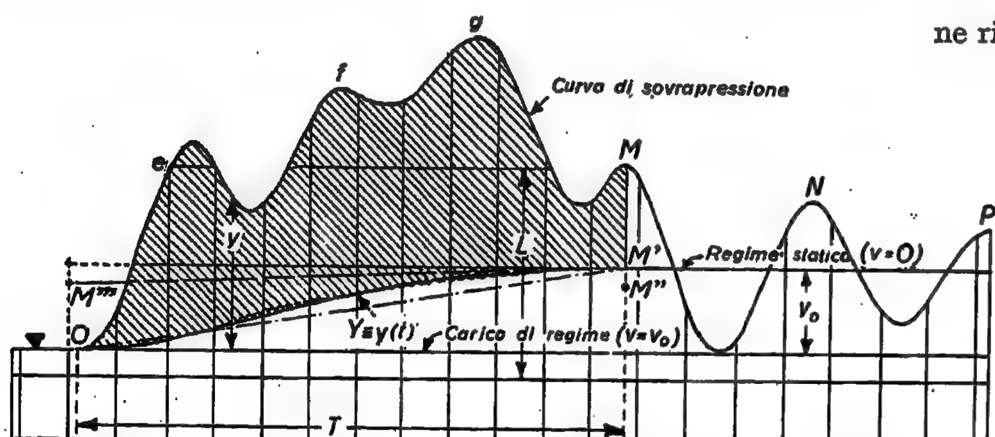


Fig. 1. - Diagramma fornito dall'apparecchio registratore Gibson.

La massa che partecipa al fenomeno è, per una lunghezza L di condotta

$$m = \frac{\gamma}{g} \omega L$$

quindi la

$$(b\ 2) \qquad v_0 = \frac{g A_T}{L}$$

e

$$(b\ 3) \qquad Q = \frac{\omega \, g}{L} A_T.$$

Nel caso in cui si tratti di condotta costituita di vari tronchi, a diametro variabile, quest'ultima diventa

$$(b\ 4) \qquad Q = \frac{g \, A_T}{\Sigma \frac{L}{\omega}}.$$

Nei riguardi dell'area utilizzabile dal diagramma di sovrapressione, come è indicato in fig. 1, si dovrà prendere la sola parte tratteggiata *OefgMM'YO*, e ciò per il fatto che a mano a mano che procede la chiusura diminuiscono anche le perdite di carico proprie della condotta (perchè diminuisce il deflusso e perciò il carico piezometrico da O risale ad M' carico statico, ad impianto fermo). Per tracciare la curva *OYM* si segue il procedimento indicato dallo stesso Gibson, secondo il quale le perdite di carico sono considerate proporzionali ai quadrati delle velocità, onde per un istante generico t, cui compete una velocità istantanea v_t, ed una perdita di carico y_t, sarà

$$\frac{y_t}{v_t^2} = \frac{y_0}{v_0^2}$$

dove y_0 e v_0 sono i corrispondenti valori di regime. Poichè dalle $(a\ 2)$ ed $(a\ 3)$ si ha

$$v_t = \frac{v_0 - \gamma \omega A_t}{m} \qquad \text{e} \qquad v_0 = \frac{\gamma \omega A_T}{m}$$

ne risulta

$$v_t = v_0 \left(1 - \frac{A_t}{A_T}\right)$$

e

$$(c) \qquad y_t = y_0 \left(1 - \frac{A_t}{A_T}\right)^2$$

Assumendo quindi un'area di massima A (per esempio quella che resta al di sopra della retta OM'), dividendola in parti e poi facendone i rapporti con la stessa A, è possibile costruire per punti la linea OYM', così che per ogni ordinata sia verificata la (c). Ciò sarà meglio illustrato in seguito.

3. – Prima di esporre alcune osservazioni sull'apparecchio Gibson dobbiamo premettere che i risultati che si ottengono con tale dispositivo sono oltremodo precisi (scarti medi del 0,4 % e massimi dell' 1,5 %); il nostro intento quindi non è stato di aumentarne la sensibilità, bensì di facilitarne l'applicazione anche rinunciando a qualche punto su cento di precisione; sempre, beninteso, mantenendoci entro quei limiti di errore che si possono ritenere con plausibile media compresi entro i limiti (1÷3) %, quali difatti si ottengono oggi con i migliori mezzi nella misura delle portate industriali.

Il dispositivo originale Gibson che a tutta prima non ci sembrò difficile realizzare in Laboratorio, ma che poi avrebbe dovuto essere adattato alle necessità degli impianti industriali, fu da noi scartato per le seguenti ragioni:

a) L'apparecchio è del tipo cronofotografico. Il manometro AB (fig. 2) è a mercurio, del tipo ad U; però le oscillazioni in A debbono essere limitate, e cioè non maggiori di quanto consente

(1) Vedi, De Marchi: *Idraulica*, pag. 286.

l'altezza della gelatina impressionabile che è posta in D (camera oscura), salvo a cambiare apparecchio fotografico di volta in volta. Le oscillazioni entro il tubo A sono dovute in parte alla distanza che passa fra il carico piezometrico di regime ed il carico statico, in parte alle sovrapressioni oltre questo carico.

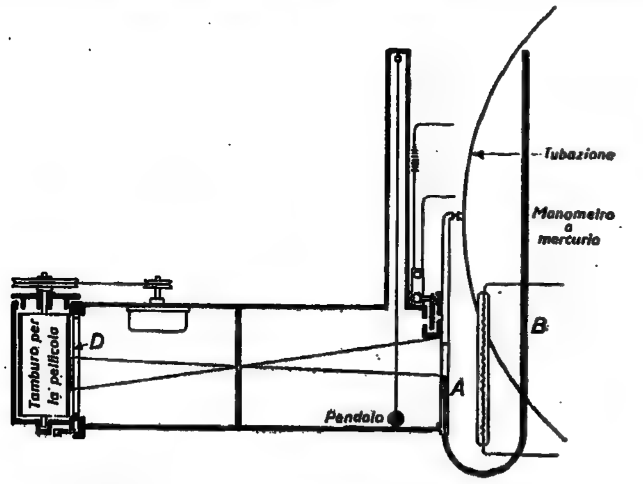


Fig. 2. - Apparecchio Gibson.

Poichè tutto deve essere contenuto entro i margini di D è necessario che passando da impianto ad impianto vari il diametro del tubo A in relazione a quello del tubo saliente B. In questo tubo B, che generalmente è molto sottile il mercurio deve portarsi all'altezza necessaria a vincere le pressioni di A. Il Gibson dice che per una buona applicazione dell'apparecchio è necessario che la pressione in A sia di circa 30 m, dunque il ramo ascendente di mercurio (peso specifico 13,6) deve essere di m 3 di altezza per contenere tutte le oscillazioni di sovrapressione. Ora questa altezza è già poco comoda in laboratorio, ma è addirittura proibitiva negli impianti industriali.

b) Ciò quando si tratta di impianti a bassa caduta; ma quando l'impianto sia a caduta di 100 metri o più, è addirittura impossibile applicare l'apparecchio presso la centrale. Bisogna allora portarsi molto a monte (in molti casi quasi a ridosso del bacino di carico) dove però la tubazione diventa di lunghezza ridottissima con grande scapito della esattezza del risultato.

c) A quest'ultimo inconveniente si aggiunge poi quello di tenere le persone e l'apparecchio registratore in comunicazione elettrica con la centrale, dove si fanno le manovre. E purtroppo anche questo è un inconveniente grave perchè impone una attrezzatura non facile che si presta agli errori e che sciupa le prove per manovre intempestive.

d) Il manometro a mercurio che di per sè è di grande precisione ha purtroppo una inerzia molto grande (massa di mercurio in movimento). È veramente ammirevole come N. R. Gibson abbia superato questo ostacolo con una acuta analisi del complesso di fenomeni che si producono per le vicendevoli azioni fra le variazioni di pressione nella condotta e le oscillazioni del mercurio, raggiungendo in definitiva risultati ineccepibili. Tuttavia in pratica ne risultano gravi inconvenienti. E cioè: mancando sul diagramma l'esatto istante del tempo di chiusura T (fig. 1), questo può essere segnalato da un tasto elettrico; ma per le ragioni prima dette non è quasi mai possibile con tal mezzo raggiungere una attendibilità sufficiente, specie dove l'errore di un secondo può portare ad errori numerici gravi. Si ricorre perciò direttamente al diagramma di sovrapressione: al momento della chiusura tutta la colonna liquida contenuta nella condotta o è ferma o resta insieme al mercurio del manometro ad oscillare periodicamente nel suo involucro. Sarà allora possibile osservare sul diagramma l'inizio di tale fenomeno dall'istante in cui le creste, come M,N,P, in poi, diano luogo ad oscillazioni smorzate di egual periodo, cioè tali che le distanze orizzontali fra M-N, N-P, ecc. siano eguali fra loro; oppure si può ricorrere alla curva inviluppo delle oscillazioni smorzate,

$$y = y_1 e^{-\frac{\varepsilon}{2m}t}.$$

Operazioni facili ad eseguirsi sul grafico, ma che tuttavia sarebbero evitate se il manometro registratore fosse senza inerzia dando senz'altro le pressioni istantanee di punto in punto del diagramma.

Dippiù è a notarsi che per la sua inerzia il mercurio tornerà in quiete nel suo involucro dopo qualche tempo, e solo allora esso segnerà il carico idrostatico medio M' che deve apparire nel diagramma, per ricavare poi la curva delle perdite di carico OYM'. Ma qui bisogna porre mente al fatto che essendo passati parecchi secondi dalla fine della manovra, il pozzo piezometrico o bacino di carico potrà trovarsi ad una quota differente da quella dell'istante di chiusura T. Per eliminare questo inconveniente si deve installare nel bacino di carico un idrometrografo a rotazione rapida, il quale sia posto anch'esso in connessione con le manovre che si fanno in centrale, per dare all'istante di chiusura l'esatto livello. Se risulta che tale livello è M'', anzichè M', si dovrà correggere il diagramma di sovrapressioni riportando M'' in M''' orizzontalmente, condurre la M''' M' e riferire a questa retta inclinata le predette perdite di carico y anzichè alla orizzontale per M'.

4 – Allo scopo di eliminare qualcuno degli inconvenienti propri dell'apparato Gibson abbiamo cercato di rivolgerci ad altro indicatore di pressione e prima di tutto a quello a molla e stantuffo tipo Crosby o Maihak, come indicato in fig. 3. Non è la prima volta che si adopera questo tipo di indicatore per registrare le sovrapressioni delle condotte forzate. Camichel, Eydoux, Gariel lo adottarono nel loro classico lavoro sperimentale sul colpo d'ariete (1). In tale occasione si adoperarono tanto i manometri registratori Bourdon quanto gli indicatori. Noi abbiamo dovuto scartare i primi per avere un minimo di inerzia dell'equipaggio mobile; i secondi sono assai pronti e precisi, tanto da essere usati con fiducia per il rilevamento dei cicli in motori a stantuffo, in cui le variazioni di pressione sono di gran lunga più rapide che non nel nostro caso. Qui però le pressioni debbono essere misurate con sufficiente precisione.

Contro questa esattezza di indicazioni intervengono le resistenze passive dello strumento, cioè: l'isteresi propria della molla, l'attrito dello stantuffo contro il cilindro, gli attriti dell'equi-

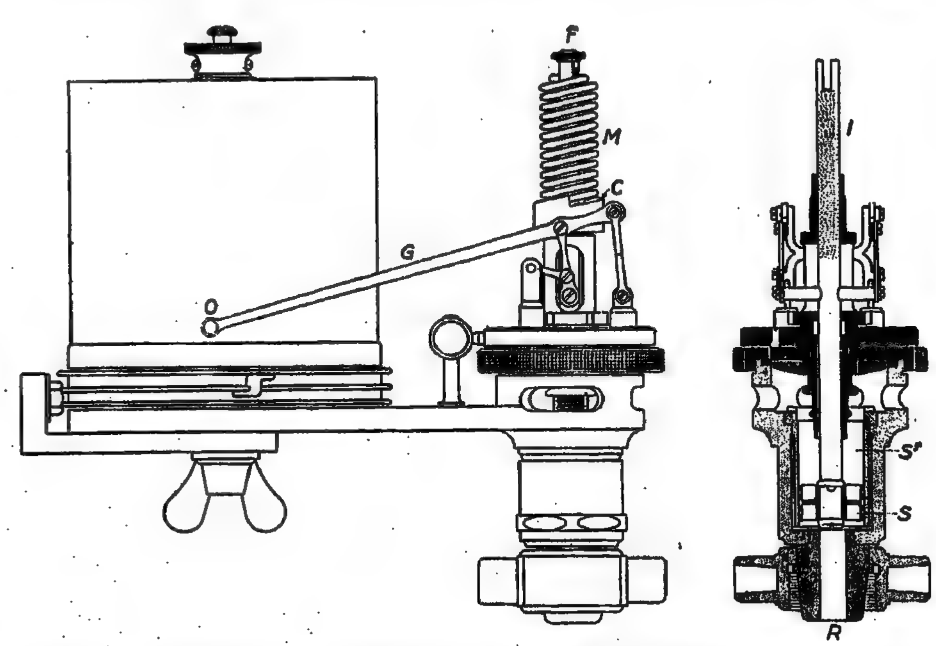


Fig. 3. - Indicatore di pressione a molla e stantuffo tipo Maihak.

paggio mobile, e specialmente quelli dello stilo sulla carta diagrammata; i loro effetti possono essere abbastanza grandi e purtroppo non facilmente determinabili; perchè di volta in volta possono cambiare, tanto da tipo a tipo di indicatore, come per piccoli difetti di montaggio. Noi abbiamo cercato di rendere minime queste cause di errore, agendo sullo stantuffo, sulla molla e sull'apparato scrivente.

Quest'ultimo fu modificato ricorrendo ad un tamburo indi-

(1) Étude théorique et expérim. des coups de bélier, Toulouse, 1919.

pendente di diametro molto più grande (cm 20) allo scopo di avere sempre diagrammi non intrecciati; il tamburo è mosso ad orologeria e può dare varie velocità di rotazione (da 1'' = 4 cm a 1'' = 1 cm). Il controllo del tempo è fatto mediante una penna ad elettrocalamita comandata da un cronometro che dà

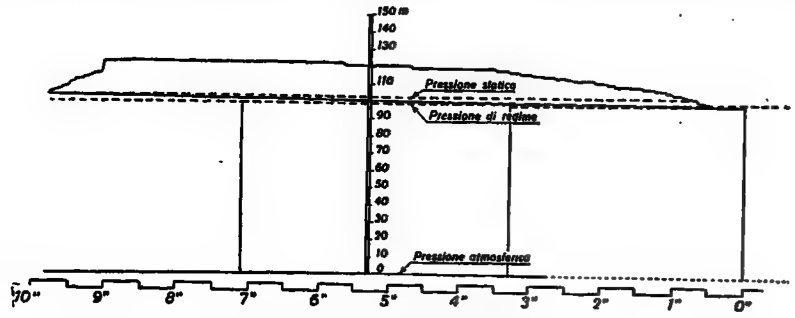


Fig. 4. - Misura eseguita all'impianto di Càneva.

il 1/2 di secondo. Quanto allo stilo scrivente si è riscontrato che spesso è necessaria una pressione troppo forte per incidere la carta diagrammata sul tamburo; perciò si è sostituita alla carta patinata la carta affumicata (1), e la punta dello stilo preme sulla carta affumicata mediante una molletta in bronzo di 1/10 di mm, che senza attrito notevole consente non solo l'iscrizione, ma anche qualche piccolo difetto o di eccentricità dell'asse di rotazione del tamburo o di non esatto parallelismo fra il movimento verticale dello stilo e le generatrici del tamburo.

Quanto all'attrito dello stantuffo contro il cilindro esso è già molto piccolo, perchè l'intercapedine fra stantuffo e cilindro è sempre occupata dall'acqua; tuttavia si è provato a tornire leggerissimamente lo stantuffo e si è ottenuta una maggiore sensibilità senza per questo aver fughe tali da dar luogo ad altre perdite nella precisione delle indicazioni di pressione.

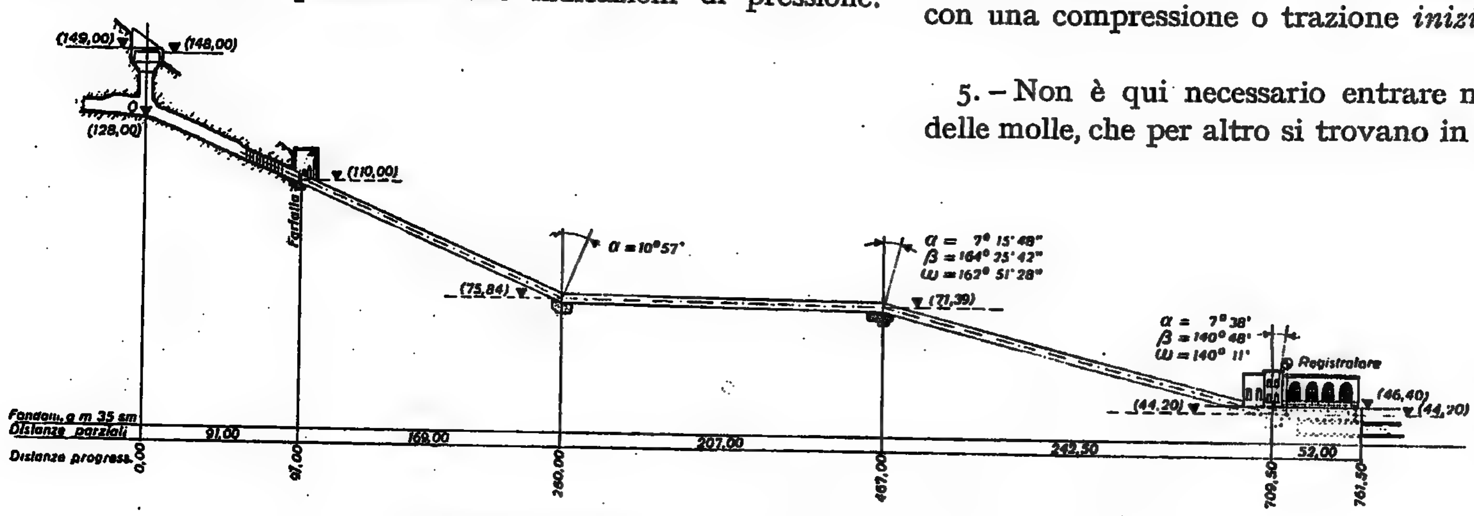


Fig. 5. - Profilo dell'impianto di Càneva (Soc. Idroelettrica Veneta).

Riguardo alle molle si dirà in seguito.

Delle prime misure fatte con tale dispositivo è dato un saggio nella fig. 4 relativa all'impianto di Càneva (fig. 5) della Società idroelettrica Veneta (2). Le caratteristiche di questo impianto sono:

Lunghezza della condotta (dall'apparecchio al termine della parte metallica)	m	654,72
Diametro medio	»	2,815
Lunghezza della galleria compresa fra la tubazione metallica ed il pozzo piezometrico	»	62,57
Diametro della galleria	»	4,00

Da cui

$$\Sigma \frac{L}{\omega} = 110{,}27$$

Le scale dei tempi e delle pressioni sarebbero ricavabili dallo stesso diagramma; sull'originale si ha 1 cmq = 5,51 m/sec, onde, per un'area utile A = 26,82 cmq si ha

$$Q = 5{,}51 \; \frac{gA}{\Sigma \dfrac{L}{\omega}} = 13{,}15 \text{ mc/sec.}$$

Perdite del distributore (della cui misura sarà detto in seguito) mc/sec 0,700; quindi in totale

$$Q_{\text{compless.}} = 13{,}850 \text{ mc/sec.}$$

Una osservazione importante si può fare al diagramma in fig. 4 e cioè che l'area utile risulta molto piccola, specie se si mette a confronto con tutto il campo di azione dell'indicatore che ha per ordinata massima l'altezza relativa a 150 m.

Ora, da quanto si è detto al n. 2, è chiaro che non interessano alla misura i punti del campo di pressione sotto la orizzontale di regime (102 m). E tanto se la prova vien fatta su un impianto a bassa caduta, quanto se vien fatta sotto alta caduta, il tratto utile è sempre quello compreso fra il carico di regime e quello statico (o poco oltre per tener conto delle sovrapressioni). Da ciò sorge il desiderio di sopprimere il tratto inferiore al carico di regime e far sì invece che tutto il campo dell'indicatore sia assorbito dalla sola area utile al diagramma (in scala opportunamente ingrandita). Si pensò di raggiungere lo scopo mediante speciali sistemi meccanici moltiplicatori dell'apparato scrivente (parallelepipedo articolato dello stilo), ma tutti portavano con la moltiplicazione delle leve ad errori grossolani; questo indirizzo fu subito abbandonato e per suggerimento del prof. Capetti, Direttore dell'Istituto di Macchine della R. Scuola di Ingegneria di Padova, si ricorse invece a molle messe in opera con una compressione o trazione *iniziale*.

5. – Non è qui necessario entrare nei particolari costruttivi delle molle, che per altro si trovano in tutti i manuali che trattano dell' argomento, però possiamo ricordare che nell'indicatore, (fig. 3), la pressione che da R si esercita contro lo stantuffo S, muove lo stantuffo e quindi lo stelo I, il quale mediante l'apparato moltiplicatore G indica la pressione in O. In generale il campo di escursione dell'indice O (campo in cui il suo movimento si mantiene esattamente rettilineo) è di 8 o 10 cm; poichè la moltiplicazione del sistema G è di circa 8 ÷ 10 volte, lo stelo I ha escursioni dell'ordine di 1 cm. Il movimento dello stelo è contrastato dalla molla M. Negli indicatori comuni quando nel cilindro la pressione effettiva è zero (pressione atmosferica) lo stantuffo è nella posizione S e la molla è scarica. Quando la pressione ha raggiunto il suo massimo lo stantuffo è in S'; la molla (poichè resta entro il campo di sua elasticità durante questa escursione) dà spostamenti eguali per aumenti eguali della pressione. Al nostro scopo era necessario porre l'origine del diagramma anzichè a zero ad una pressione data e ciò si ottiene adottando una molla che sia tenuta in posto con trazione (o compressione) iniziale, eseguita naturalmente a mezzo della forcella F. Se la molla quando è in posto è inizialmente tesa lo stantuffo non può muoversi dalla sua posizione iniziale fino a che la pressione del fluido che preme da R non raggiunga la tensione della molla. Con lo stantuffo si muove lo stelo, e quindi il diagramma utile dell'indicatore si manterrà tutto al di sopra della quota data, come è da noi desiderato. Il calcolo della molla non presenta speciali difficoltà, ma, dovendo far la-

(1) È sempre meglio affumicare carta già patinata. L'affumicatura riesce assai bene anche con un semplice stoppino imbevuto di olio minerale. Per il fissaggio si adopera una soluzione non troppo carica di gomma lacca in alcool denaturato.

(2) Altre misure si fecero all'impianto del Cismon (Pedesalto) con risultati analoghi (5-VII-1930).

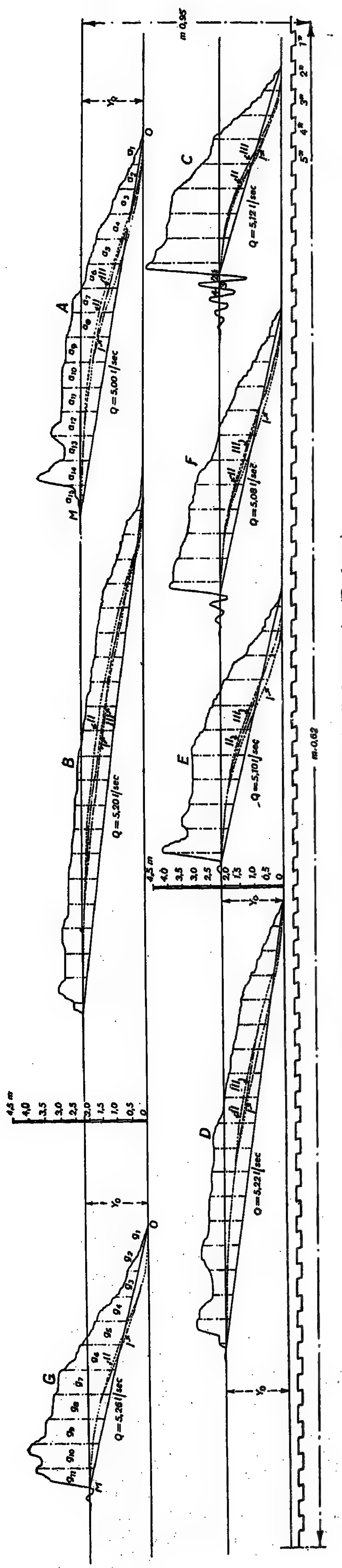


Fig. 6. - Misure di portata ottenute in Laboratorio (Padova).

vorare il materiale a carichi unitari elevatissimi (dell'ordine di 70 kg/cmq), e restare tuttavia sempre nel campo di elasticità del materiale, è consigliabile che la costruzione sia affidata ad una Ditta specializzata. Difatti qualche nostro tentativo non rispose esattamente alle condizioni volute, mentre la Ditta costruttrice dell'indicatore Maihak ci fornì senza difficoltà due molle delle seguenti caratteristiche:

N. 1, che utilizza tutto il campo dell'indicatore per pressioni che vanno da m 9 a m 15 d'acqua. Scala: 1 m di pressione = = 12 mm del diagramma.

N. 2, che utilizza tutto il campo dell'indicatore per pressioni che vanno da m 90 a m 130. Scala: 10 m = 18 mm del diagramma.

La molla N. 1 ci può servire quindi per tutte le prove da farsi su impianti a bassa caduta; la molla N. 2 per quelli fino a 100-120 m di caduta. È pure notevole la semplicità di registrazione della tensione iniziale della molla: avvitando il collarino *C* sulla guaina dello stelo I si può spostare l'origine del diagramma da 0 a 9 o da 0 a 90 m di pressione; in tal modo la molla N. 2 permette le prove di portata per qualunque impianto, a pressione inferiore di 100 m. E così di seguito, con un corredo di cinque o sei molle, è possibile eseguire prove su qualunque altro impianto, a bassa o ad alta caduta.

L'apparecchio descritto permette di fare le misure sempre presso la centrale, qualunque sia il carico, in modo da utilizzare la massima lunghezza della condotta, come è indispensabile per ottenere risultati quanto sia possibile più approssimati.

6. – I diagrammi in figura 6 riportano un gruppo di misure fatte con il nuovo apparato nel Laboratorio di Idraulica della R. Scuola di Ingegneria di Padova. Allo scopo fu provveduta una condotta metallica del diametro interno di cm 8, della lunghezza di m 103,70 (compresi una trentina di pezzi speciali, manicotti, gomiti), che parte da un serbatoio dove l'acqua è mantenuta a quota esattamente costante, con un carico massimo allo sbocco di m 3. Data la modestia di questo carico e la lunghezza rilevante della condotta, la portata massima convogliabile è di litri/sec 6. Lo sbocco avviene in una vasca tarata. Le condizioni di alimentazione o meno della condotta sperimentale non alterano il livello d'acqua nel serbatoio di origine perchè in caso di arresto, anche repentino, del deflusso, il carico d'acqua negli sfioratori di cui è provveduto il serbatoio non supera i cm 0,5, ciò che è affatto trascurabile ai fini della ricerca. Presso lo sbocco si trova la saracinesca di manovra (a volantino) e poco a monte l'apparecchio registratore, inoltre un piezometro di controllo a colonna d'acqua.

La manovra procede nel modo seguente. Posto un certo regime (apertura costante della saracinesca allo sbocco) a mezzo della vasca tarata si controlla la portata e contemporaneamente si legge il carico al piezometro di controllo e ci si accerta che il carico segnato dall'indicatore è quello di regime. Si da quindi moto al tamburo e si inizia la chiusura della saracinesca, con che si ottiene il diagramma di sovrapressione fino a chiusura ultimata.

Ogni misura può essere ripetuta quante volte si vuole (sempre con la identica portata) curando di ripristinare le precedenti condizioni a mezzo del piezometro di controllo.

Furono da noi fatti parecchi gruppi di misure, un gruppo per ogni portata; il gruppo della fig. 6 è relativo alla portata di litri/sec 5,15. Le misure sono contrassegnate dalle lettere *A,B,C,D,E,F*, e ciascuna varia dall'altra soltanto per il modo con cui è stata praticata la manovra di chiusura.

Questa manovra fu fatta ora più lenta ora meno lenta e sempre a mano, onde i grafici variano di volta in volta.

L'esame dei diagrammi riportati dà subito a vedere qualche conclusione importante: la durata della manovra (che era controllata con dispositivo indipendente) è esattamente misurata dalla estensione del diagramma da *O* ad *M'* (*A*). La manovra ha una durata che va da 6'' ($\sim 36\,\mu$) a 16''.5 ($\sim 100\,\mu$). Al momento della chiusura completa la colonna d'acqua è quasi sempre in quiete; ma ove ciò non accada (vedi diagrammi *C* ed *F*) le oscillazioni susseguenti dell'indicatore rivelano esattamente l'andamento della pressione nell'interno della condotta, perchè gli intervalli come 1, 2, 3, del diagramma *C*, dopo la chiusura valgono esattamente 2 μ, come deve essere in ragione del ritmo della condotta.

Disponendo perciò di un apparecchio che non ha sensibile inerzia sono evitate le elaborazioni indispensabili per il manometro a mercurio.

A chi abbia l'occhio assuefatto al tipo di diagramma Gibson fig. 1, potrà sembrare strano che i diagrammi da noi rilevati siano di forma tanto differente, mancando le caratteristiche gobbe, come *e*, *f*, *g* della fig. 1; ma ciò è dovuto proprio all'effetto dell'inerzia $\left(m\,\frac{d^2y}{dt^2}\right)$ del mercurio; difatti se dalle ordinate della curva *Oefg* si detrae l'inerzia $\left(m\,\frac{d^2y}{dt^2}\right)$ si ottiene una curva che ha forma assai prossima a quella dei diagrammi sperimentali da noi rilevati (1).

(1) Per calcolare la $m\,\frac{d^2y}{dt^2}$ senza grossolani errori di graficismo è necessario avere una espressione analitica facilmente derivabile della curva Gibson. Scegliamo pr questo la curva contrassegnata 10 della Memoria Gibson (fig. 7), la cui espressione analitica, ricavata con l'analisi armonica è la

$$y = 86{,}44 - 12\,\mathrm{sen}\,\theta - 3{,}6\,\mathrm{sen}\,2\,\theta - 15{,}3\,\mathrm{sen}\,5\,\theta - 6{,}8\,\mathrm{sen}\,6\,\theta - 5\,\mathrm{sen}\,7\,\theta - 3\,\mathrm{sen}\,8\,\theta - 20{,}7\cos\theta - 6{,}5\cos 2\,\theta - 8{,}2\cos 3\,\theta - 19\cos 4\,\theta + 5{,}7\cos 5\,\theta + \ldots$$

Per verificare i punti calcolati con questa equazione sono stati

Dalle dimensioni della condotta sperimentata si ha

$$\Sigma \frac{L}{\omega} = 19105$$

Le scale dei tempi e delle pressioni sono rilevabili dagli stessi diagrammi: 1 cmq dell'originale corrisponde a 0,65 m. sec.

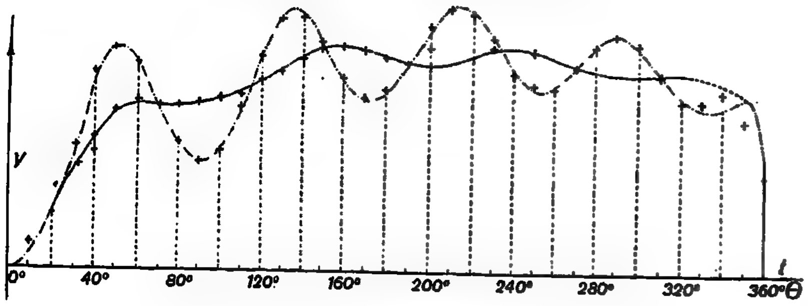


Fig. 7. - Curva 10 di Gibson a gobbe e curva *ribassata.*

Il calcolo dell'area utile si fa col procedimento indicato al n. 2. Ci riferiamo per es. alla curva *G*. Si conduce anzitutto la retta *OM'* e si divide il diagramma così delimitato in tante zone verticali di area g_1, g_2, g_3.... Si calcola o si planimetra l'area totale $A = OM'GO$, nonchè le aree parziali successive g_1, g_2, g_3. Poi i valori di $\Sigma_1 = g_1$, $\Sigma_2 = g_1 + g_2$, ... e di $r_1 = \frac{\Sigma_1}{A}$, $r_2 = \frac{\Sigma_2}{A}$,.... quindi di $(1 - r_1)$, $(1 - r_2)$,.... e finalmente i prodotti $y_0 (1 - r_1)^2$, $y_0 (1 - r_2)^2$,.... (dove y_0 è la distanza fra il carico di regime e quello idrostatico). Partendo poi dalla orizzontale per *M'* si riportano sulle verticali estreme di g_1, g_2,.... le altezze $y_0 (1 - r_1)^2$, $y_0 (1 - r_2)^2$,.... Si ottiene così una prima curva *OIM'*. Di poi si procede nuovamente alla stessa operazione non più partendo dall'area *OM'GO* ma dall'area *OIM'GO* che sarà divisa in aree parziali g_1', g_2', g_3',.... e si trova una nuova curva *O II M'*. L'operazione continua fino a che si ritrovano due curve come *O II M'* coincidenti. Dai grafici riportati è evidente che al massimo due o tre tentativi sono sufficienti allo scopo.

Dai grafici si può anche far risaltare un'altra considerazione e cioè che le manovre hanno un tempo di chiusura che va da 36 μ a 100 μ. Il Gibson consiglia le manovre lente e perciò sarebbe da temere che i diagrammi *C* od *F* della fig. 6 fossero manchevoli. Tuttavia anche in questi casi il computo di *Q* non ne ha risentito conseguenze, ben si intende entro i limiti di approssimazione cui ci siamo attenuti

N.	Misura	Area del diagramma cmq	Portata calcolata litri/sec	Differenza a 5,15 litri/sec	Errore %
I	*A*	14,95	5,00	−0,15	−2,90
II	*B*	15,58	5,20	+0,05	+0,97
III	*C*	15,35	5,12	−0,03	−0,58
IV	*D*	15,65	5,22	+0,07	+1,36
V	*E*	15,30	5,10	−0,05	−0,97
VI	*F*	15,20	5,08	−0,07	−1,36
VII	*G*	15,75	5,26	+0,11	+1,94

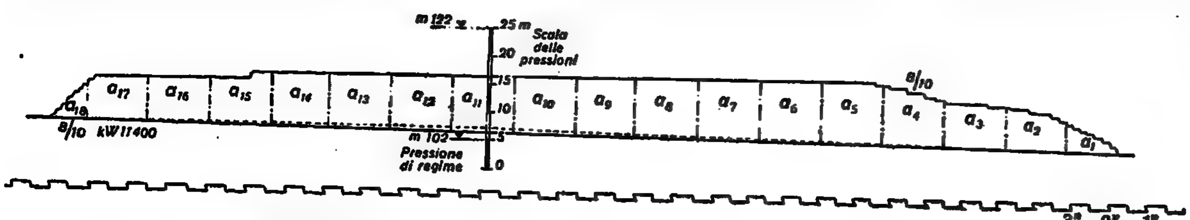


Fig. 8. - Misura di portate eseguita con metodo Gibson all'impianto di Càneva.

7. – A seguito delle misure di laboratorio ebbero luogo quelle sugli impianti industriali, e precisamente sugli impianti di S. Floriano, Caneva e Nove, tutti della Soc. Idroelettrica Veneta. Abbiamo dato prima le caratteristiche dell'impianto di Caneva, facciamo seguire quelle dell'impianto di Nove (1) (fig. 9):

lunghezza della condotta dall'apparecchio al termine della parte metallica .... m 96,78
diametro medio .... » 2,62
lunghezza della parte in galleria » 12,50
diametro della galleria .... » 3,00

Un particolare importante deve essere curato durante la manovra di chiusura per non provocare inconvenienti all'impianto. Ci riferiamo al caso più frequente di impianti a turbine Francis fornite di scarico sincrono. Il Gibson consiglia di escludere il regolatore ed effettuare la manovra a mano. Ciò può però dare luogo a qualche inconveniente se frattanto avviene nella rete un corto circuito; la macchina che di colpo è sollevata del carico aumenta pericolosamente la propria velocità, prima che il manovratore possa chiudere a mano il distributore. Non si consiglierebbe quindi la manovra Gibson; noi abbiamo lasciato inserito il regolatore, però abbiamo aperta di un poco la cateratta del freno ad olio dello scarico sincrono. Con tale precauzione lo scarico sincrono può entrare in azione solo se avviene uno stacco pericoloso, per il quale, per es., l'impianto verrebbe assoggettato ad una pressione superiore ad una quota fissata precedentemente con prove preliminari. La manovra di chiusura per le prove di portata può allora farsi con tutta libertà perchè allo scopo le sopraprèssioni non debbono superare quel limite prefissato.

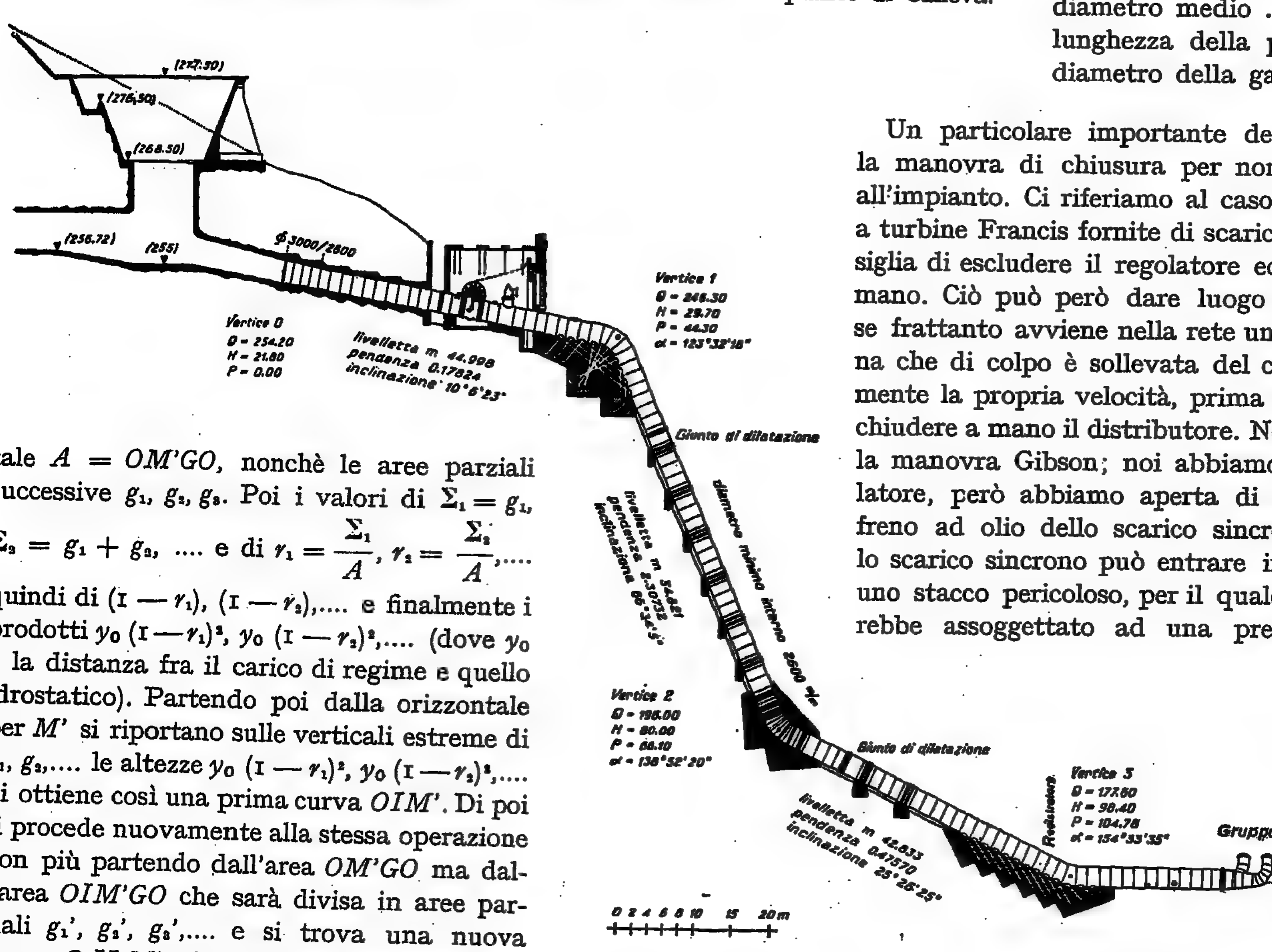


Fig. 9. - Profilo dell'impianto di Nove (Soc. Idroelettrica Veneta).

Praticamente adunque si esegue la manovra a mano dal regolatore, tenendo d'occhio il manometro della turbina in modo da non superare il limite fissato. Per altro se dovesse entrare in azione lo scarico sincrono lo si riconosce

riportati con *crocetta* sulla curva di Gibson. La $\frac{d^2y}{dt^2}$ è allora facilmente calcolabile ed il risultato dell'operazione è che la curva a gobbe si trasforma nella ribassata.

(1) A questo proposito non sarà inutile osservare che il rilievo dei dati di fatto è operazione assai delicata perchè ad esso è affidato tutto il successo delle misure. Non è bene riferirsi ai dati di progetto e perciò il rilievo deve essere fatto sul luogo, possibilmente a tubazione vuota.

immediatamente dal diagramma che presenta caratteristiche oscillazioni (1).

8. – Il metodo Gibson non rileva le perdite a distributore chiuso, che perciò debbono essere determinate con metodi

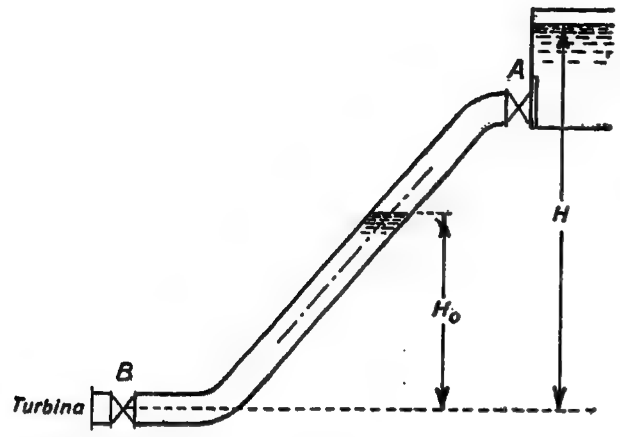


Fig. 10.

speciali. Se i metodi ordinari potessero adoperarsi per la misura delle perdite è verosimile che essi si presterebbero anche per la misura della portata complessiva e quindi il metodo Gibson potrebbe essere invocato solo per confronto con altri metodi. Escludiamo quindi questa ipotesi.

Se la condotta, come in fig. 10, è provveduta della saracinesca A, si chiuda questa saracinesca e si osservi il tempo che mette la tubazione a vuotarsi mentre il distributore è chiuso (valvola B aperta). Poichè il vuotamento non è mai rapidissimo si può, entro un piccolo intervallo, intorno al carico H_0 osservare quali siano le perdite q_0 al minuto secondo e poi porre

$$q = q_0 \sqrt{\frac{H}{H_0}}$$

Il più delle volte la saracinesca A è a farfalla e quindi di rapida manovra, ma purtroppo non è quasi mai a tenuta, alle perdite q bisognerà quindi aggiungere quelle della farfalla. Ciò si può

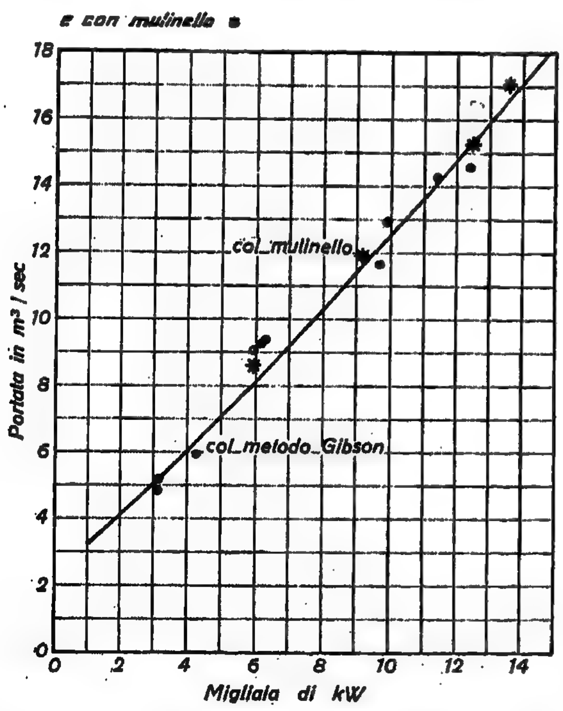


Fig. 11. - Misure di portata all'impianto di Càneva.

facilmente ottenere chiudendo la saracinesca B, a ridosso della turbina, che mai manca e che è a tenuta quasi perfetta. Allora la tubazione che si era prima in parte vuotata, per le perdite del distributore, torna a riempirsi per le perdite della farfalla A. E tenuto conto del tempo che intercede per questo riempimento si hanno direttamente le perdite della farfalla, p. La somma $q + p$ da esattamente le perdite del distributore *chiuso*, sotto il carico H.

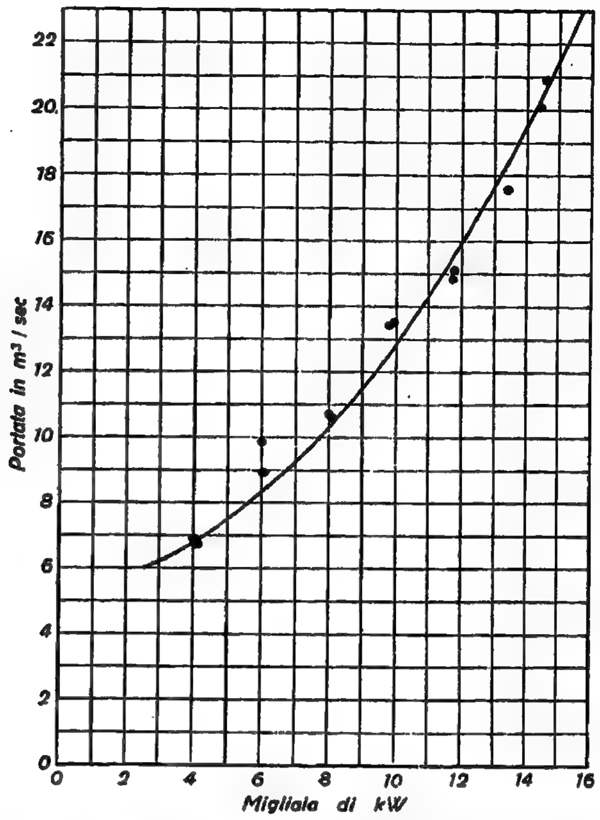


Fig. 12. - Misure di portata all'impianto di Nova.

Misure di portata al gruppo A dell'impianto di Cáneva
(11 settembre 1931)

Apertura	Carico in kW	Portata calcolata mc/sec	Perdite mc/sec	Portata complessiva mc/sec
3/10	3100	4,17	0,70	4,87
3/10	3180	4,44	»	5,14
4 10	4300	5,20	»	5,90
5/10	5900	8,33	»	9,03
5/10	6150	8,58	»	9,28
5/10	6200	8,61	«	9,31
7/10	9700	11,05	»	11,75
7/10	9900	12,25	»	12,95
8/10	11400	13,45	»	14,15
9/10	12400	13,86	»	14,56
9/10	12500	14,32	»	15,02

Misure di portata al gruppo C dell'impianto di Nove
(1 ottobre 1931)

Apertura	Carico in kW	Portata calcolata mc/sec	Perdite mc/sec	Portata complessiva mc/sec
3/10	4080	6,05	0,80	6,85
3/10	4000	6,10	»	6,90
4/10	6050	8,15	»	8,05
4/10	6050	9,05	»	9,85
5/10	8100	9,85	»	10,65
5/10	8000	9,90	»	10,70
6/10	9800	12,60	»	13,50
7/10	11800	14,30	»	15,10
7/10	11720	14,02	»	14,82
8/10	13400	16,80	»	17,60
9/10	14400	19,30	»	20,10
9/10	14580	20,10	»	20,90

(1) Per le prime prove abbiamo avuto il gentile ausilio del collaudatore della Soc. Costruzioni Meccaniche Riva, signor L. Gagliardi, che vivamente ringraziamo. Le successive manovre furono fatte dal personale di servizio delle Centrali.

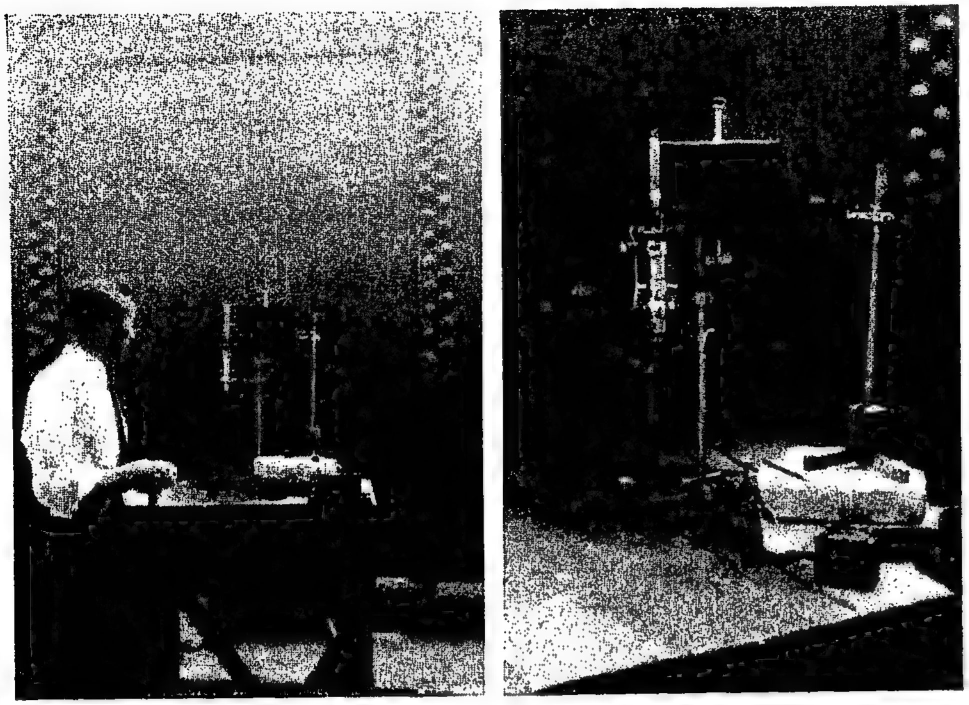


Fig. 13. - Disposizione dell'apparecchio durante le prove.

9. – I risultati definitivi delle misure industriali sono riportati nelle tabelle annesse e nei diagrammi delle figg. 11 e 12; da essi è possibile il confronto fra le misure nostre e quelle eseguite poco tempo addietro per il collaudo del macchinario (in tale occasione le misure furono fatte mediante mulinelli nel canale di scarico della centrale). Nei diagrammi, oltre alla buona concordanza delle misure c'è da osservare però qualche divario fra misura e misura; ciò è dovuto purtroppo a qualche irregolarità che può intervenire durante il funzionamento dell'indicatore. Queste irregolarità però non possono ripetersi sempre nello stesso senso e perciò è consigliabile eseguire una ricca serie di misure per ogni apertura di turbina onde scartare gli eventuali errori o prendere le medie. Le manovre sono rapidissime, ogni misura dura non più di 10 minuti, compresa la manovra di apertura della turbina e le operazioni di lettura del carico.

10. – Mi è oltremodo gradito ringraziare l'ing. M. Mainardis, Direttore dell'esercizio ed il personale della Società Idroelettrica Veneta, non solo per la ospitalità offertami, ma ancor più per le notevoli agevolazioni che essi mi hanno fornito per la preparazione e lo sviluppo delle esperienze sugli impianti.

R. Scuola di Ingegneria, Padova, ottobre 1931.

ING. ETTORE SCIMEMI.

ING. FELICE CONTESSINI

Ricerche sperimentali su calcestruzzi a consistenza "pastosa" e "colabile" con rilevanti percentuali di grossi ciottoli

PREMESSE.

Nel piano generale di sfruttamento idroelettrico del torrente Marmore (1), previsto ed in gran parte attuato dalla SIM (Società Idroelettrica Marmore) del Gruppo SIP, si trovano inseriti due serbatoi di regolazione stagionale: quello di Cignana a quota 2150 s. m. capace di 16 milioni di mc e quello del Goillet più a monte del primo ed a quota 2520, con un invaso utile di 9,5 milioni di mc.

La tecnica e le modalità costruttive dell'opera di sbarramento del primo serbatoio furono già da me ampiamente trattate in questa Rivista (1) ed ora mi limiterò ad aggiungere solo qualche considerazione generica per precisare l'origine delle ricerche sperimentali sui calcestruzzi con rilevanti aggiunte di ciottoli, che formano oggetto di questo studio.

Ricordo che la diga di Cignana è un massiccio in calcestruzzo colato di 153 000 mc che furono gettati negli anni 1926-1928; ha già subìto tre invasi completi ed uno parziale ed il comportamento generale dell'opera è stato ed è pienamente soddisfacente. Tale soddisfazione si concreta nella constatazione che, senza provvedimenti di difesa contro le permeazioni d'acqua, poichè il « siderostene » spruzzato sul paramento fu fino dal primo riempimento raschiato dal ghiaccio o ridotto in scagliette dai rigori invernali, e con una superficie bagnata di 13 000 mq, le perdite d'acqua, quasi completamente localizzate ai giunti di contrazione, non hanno superato i 3 l/sec e tendono a ridursi naturalmente; quest'anno difatti con livello d'acqua a un metro sotto il massimo invaso sommano a circa 2 l/sec.

Nell'insieme dunque il calcestruzzo colato ha dato a Cignana esito assai favorevole e si poteva con sicura fiducia adottare lo stesso tipo di conglomerato per l'altra opera, come si è fatto con la diga dei laghi Gemelli attualmente verso l'ultimazione (2). Ma il desiderio di perfezionare la tecnica costruttiva e migliorare i fattori economici ed anche i recenti indirizzi applicati in importanti opere straniere consigliò un ulteriore studio del problema per via sperimentale onde procedere con più larga visione e razionali criteri alla scelta del tipo di calcestruzzo da impiegare.

La diga per il lago Goillet sarà, a simiglianza di quella di Cignana, a gravità a profilo triangolare con altezza massima di m 38, sviluppo in cresta di m 350 e cubatura di circa 110 000 mc.

Nel progetto la struttura in calcestruzzo è stata prescelta per ottenere un masso veramente monolitico ed è favorita dalle adatte caratteristiche del materiale sabbia e ghiaia che verrà estratto da un vasto cono di dejezione formato da un torrente delle pendici del Monte Cervino.

Gli accertamenti sulle possibilità d'utilizzazione di questo deposito naturale sono stati condotti prelevando campioni di materiale in numerosi pozzi d'assaggio spinti a profondità di parecchi metri e così si è constatato che la sabbia e la ghiaia, esistenti in esuberanza al fabbisogno, hanno eccellenti doti di resistenza — si tratta di gneis e anfiboliti — e grani con dimensioni ben assortite, che la distribuzione è uniforme nel grande ammasso od almeno non si trovano nuclei o strati distinti con granulometrie apprezzabilmente diverse e le maggiori variazioni si verificano negli elementi finissimi (sotto il vaglio di mm 0,36) ed in quelli grossolani (sopra il vaglio di mm 80).

La favorevole e notevole disponibilità di materiale grossolano e la sommaria ma pur certa cognizione di far opera proficua utilizzandolo nella costruzione della diga, fece nascere l'idea di confezionare un calcestruzzo comune ed aggiungere grossi ciottoli nell'impasto. E poichè manifestamente appariva che i vantaggi economici sarebbero stati rilevanti se si fossero potute effettuare aggiunte considerevoli, mentre non si era in grado di stabilire la proporzione nè le caratteristiche e le proprietà dei nuovi impasti, fu deciso di ricorrere all'indagine sperimentale con ricerche di laboratorio. Queste, che hanno raggiunto particolare ampiezza per le miscele contenenti ciottoli, hanno pure portato ad istituire un raffronto fra calcestruzzi a consistenza « pastosa » e « colabile » confezionati con cementi a diversa resistenza normale e dosaggi variabili; ciò ha infine condotto alla scelta più conveniente del tipo e della quantità di cemento.

DATI CARATTERISTICI DELLE PROVE.

Sono state eseguite 5 serie di prove contraddistinte come appresso: la serie 1 riguarda calcestruzzo con materiale 0÷80 mm, la serie 2 differisce dalla precedente per l'aggiunta di ciottoli 80÷100 mm nella dose del 10 % in volume assoluto, nella serie 3 l'aggiunta è doppia cioè 20 %, e nella 4 si arriva al 30 %.

Le percentuali 10, 20 e 30 sono riferite alla muratura e indicano che 1 mc di impasto si compone rispettivamente di 900 litri di calcestruzzo e 100 litri di ciottoli, 800 di calcestruzzo e 200 di ciottoli, ecc.

La serie 5 è un conglomerato con elementi fino a 60 mm ricavato da quello di 80 mm.

Ogni serie di prove comprende due tipi di calcestruzzo distinti dalla consistenza in « pastoso » e « colabile ». Per « pastoso » va inteso un impasto che non può scorrere in canali, tuttavia sufficientemente plastico da assicurare in opera una massa omogenea e compatta senza bisogno di battitura ma con semplice aggiustatura a mano effettuata dagli uomini predisposti al getto (1); per « colabile » s'intende un impasto quasi fluido, cioè scorrevole in lunghi canali che va in opera da solo. Queste definizioni si riferiscono al calcestruzzo con ghiaia fino a 80 mm; per quelli contenenti elementi maggiori le diciture non trovano pari corrispondenza in pratica ed il distacco risulta tanto maggiore quanto più alto è il contenuto in ciottoli.

Sia nel tipo « pastoso » come nel « colabile » si sono sperimentati 5 valori del rapporto *cemento: acqua* nei limiti da 0,8 a 1,6.

Le prove sono state ripetute con tre cementi artificiali aventi diverse resitenze normali.

La composizione granulometrica impiegata come miscela base è quella corrispondente alla distribuzione *media* naturale

(1) *L'Energia Elettrica*, dicembre 1928 - gennaio 1929.

(2) *Sincronizzando*, dicembre 1929.

(1) Rispetto alla distinzione fatta dal Regolamento Italiano in « conglomerato plastico » e « conglomerato fluido o colato », il calcestruzzo « pastoso » presenta un grado di fluidità intermedio.

dei materiali 0÷80 mm giacenti nel deposito alluvionale che si dovrà sfruttare ed è riprodotta nella fig. 1 insieme alle linee di composizione limite ed a quella teorica di massima compattezza.

La detta composizione base non si scosta molto da quella teorica di Fuller-Bolomey (1) e perciò non si è ritenuto necessario modificarla, nè si è giudicato conveniente togliere gruppi di elementi intermedi, come è stato praticato di recente in qualche costruzione americana (2), per migliorare la qualità della miscela. Del resto i vantaggi che sembra offrano i calcestruzzi irregolarmente graduati (3) non sono di importanza tale da giustificare l'alterazione di una linea granulometrica continua quando questa si accosti a quella teorica di massima compattezza e per di più sia disponibile in un vasto deposito alluvionale. Naturalmente durante la costruzione della diga la composizione prestabilita verrà mantenuta mediante opportune vagliature e misure.

Circa le modalità di esecuzione dei provini (in totale 150 cubi di calcestruzzo) furono impiegate forme di ghisa da 30 cm di lato, la stagionatura avvenne all'aria in ambiente umido e lo schiacciamento a 28 giorni di maturazione.

Nei singoli gruppi di prove si fece restare fisso il dosaggio dell'acqua e la quantità, in peso, mat. $<$ 0,36 mm+cemento allo scopo di operare a fluidità costante. Questa peraltro non fu controllata con speciali metodi o apparecchi ma confrontando i singoli impasti con miscele campioni che venivano eseguite di tanto in tanto e che erano state preventivamente fissate in modo da corrispondere alle definizioni già enunciate per il calcestruzzo « pastoso » e « colabile ». Il metodo è tutt'altro che rigoroso, ma per un occhio addestrato è facile conseguire risultati uniformi e praticamente accettabili.

Il quantitativo di mat. $<$ 0,36 mm+cemento fu stabilito in modo che, in ogni caso rimanesse prossimamente verificata la relazione: vuoti mat. $<$ 0,36 = vol. as. mat. $<$ 0,36+vol. as. cemento+acqua, dove il volume dei vuoti si riferisce al materiale assestato. Bisogna tuttavia notare che se è possibile ricavare in laboratorio campioni di calcestruzzo ben legato, compatto e lavorabile con la semplice uguaglianza della relazione precedente, in cantiere, ove si gettano notevoli masse di calcestruzzo ed è facile la separazione degli elementi più grossolani, occorre sempre un certo eccesso della parte legante (« colla di cemento ») poichè in queste circostanze il volume dei vuoti non corrisponde più al materiale assestato ma al materiale preso alla rinfusa e quindi cresce variamente secondo il grado di costipamento durante la posa in opera.

La questione che maggiormente preoccupò nel condurre le dette indagini fu la notevole dimensione del materiale in relazione a quella dei cubi di prova in quanto i ciottoli passanti al vaglio da 10 cm potevano avere lunghezze fino a 20 cm e quindi raggiungere i 2/3 del lato dei cubi di calcestruzzo. Per attenuare la sproporzione e valutarne l'importanza si tenne come dimensione massima dei ciottoli 15 cm per i cubi da 30 e parallelamente a questi provini se ne prepararono alcuni da 50 cm con materiale più grossolano che avrebbero dovuto servire da termini di confronto con i primi. Pur con questi accorgimenti i risultati presentano delle irregolarità sensibili dipendenti in genere da rotture difettose dei provini riscontrate particolarmente in quelli con le più elevate percentuali di ciottoli.

I dati caratteristici sulle miscele, sui dosaggi e sulle resistenze a compressione, ottenute coi diversi cementi, sono riportati sulle Tabelle da I a V; dall'esame di esse e dei grafici, sui quali è detto più avanti, si traggono alcune chiare osservazioni che oltre a precisare le direttive per il caso che interessa direttamente, forniscono anche affermazioni utili e di indole generale sull'impiego del particolare tipo di calcestruzzo nelle grandi costruzioni.

(1) *L'Energia Elettrica*, gennaio 1929.

(2) *Engineering News Record*, 24 ottobre 1929 e *L'Energia Elettrica*, ottobre 1929.

(3) *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, n. 4, 5, 6 del 1931.

RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO, MODULO DI FINEZZA E DOSAGGIO DELL'ACQUA.

Nella fig. 2 sono tracciate le composizioni granulometriche delle diverse serie di prove sul calcestruzzo « pastoso », mentre quelle relative al « colabile » risultano così vicine alle precedenti che per la chiarezza del grafico si è preferito tralasciarle.

La linea della serie 1 corrisponde alla « *media* del banco » (fig. 1) con l'aggiunta del mat. $<$ 0,36+cemento, le altre ne

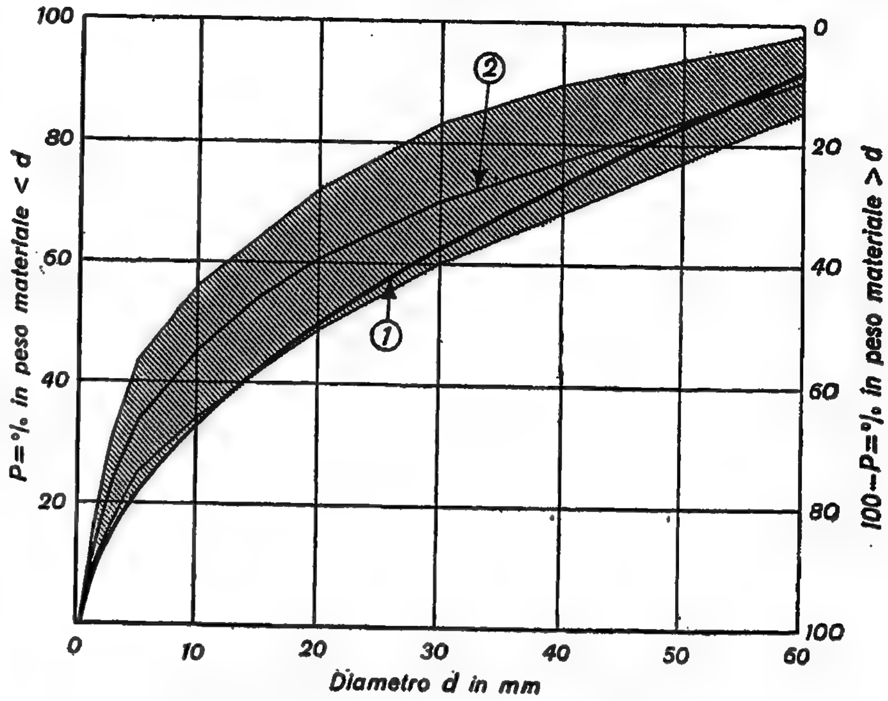


Fig. 1. - Composizione granulometrica naturale e teorica.

1) composizione teorica Fuller-Bolomey:

$$P = 100 \frac{\sqrt{d} - \sqrt{d_1}}{\sqrt{D} - \sqrt{d_1}}; \quad D = \text{mm } 70; \quad d_1 = \text{mm } 0{,}36$$

2) composizione media del banco.

discendono tenuto conto delle variazioni apportate dai materiali aggiunti (*Serie* 2, 3 *e* 4) o tolti (*Serie* 5).

Nel disegno la scala delle ascisse è logaritmica per dare maggiore estensione al materiale minuto, ed in basso sono segnati i diametri dei vagli adoperati mentre in alto si trova la graduazione stabilita dalle norme americane per calcolare il modulo di finezza M secondo i criteri informativi di Abrams ai quali abbiamo preferito riferire le prove per ricondurre i risultati ad un metodo unico.

Il modulo di finezza, come è noto, è un numero atto a definire la costituzione granulometrica di una miscela di materiali e si ricava dalla somma dei rifiuti, espressi in % rispetto al peso totale, su una serie stabilita di setacci; inoltre il modulo di finezza ha alcune importanti proprietà che lo legano alla resistenza e al dosaggio dell'acqua e quindi il suo impiego può tornare vantaggioso nello studio di un calcestruzzo.

Riguardo alla resistenza, secondo le note esperienze di Abrams, essa cresce insieme al modulo di finezza della miscela che ha servito a formare l'impasto: l'aumento è assai sensibile fino a valori di M intorno a 5,5 poi si attenua e sembra che le resistenze più elevate si ottengano con M fra 6,0 e 6,5.

Nelle nostre ricerche il modulo varia gradatamente da 4,97 per la composizione con ghiaia fino a 60 mm, a 6,54 per quella contenente il 30 % di ciottoli; segue che per una data consistenza, un dato tipo di cemento ed a parità del rapporto cemento/acqua, ammettendo come equivalenti due calcestruzzi aventi lo stesso C/A, si deve riscontrare un aumento di resistenza del calcestruzzo nel passare da $M = 4{,}97$ ad $M = 6{,}54$.

In realtà, dall'esame particolareggiato delle tabelle, l'incremento della resistenza appare incerto e saltuario a causa dei rilevanti scarti nei valori sperimentali tanto che non è possibile formulare alcunchè di concreto sulla proprietà enunciata; ma che l'incremento, almeno entro certi limiti, debba verificarsi è ovvio, se si considera che per uguali volumi di muratura con percentuali diverse di ciottoli 10, 20, 30 %, a parità delle altre condizioni, e quindi con le stesse quantità di cemento, i calce-

strutti componenti presentano dosaggi di cemento crescenti nelle proporzioni corrispondenti a 1,11, 1,25, 1,43 rispetto a quello del calcestruzzo senza ciottoli.

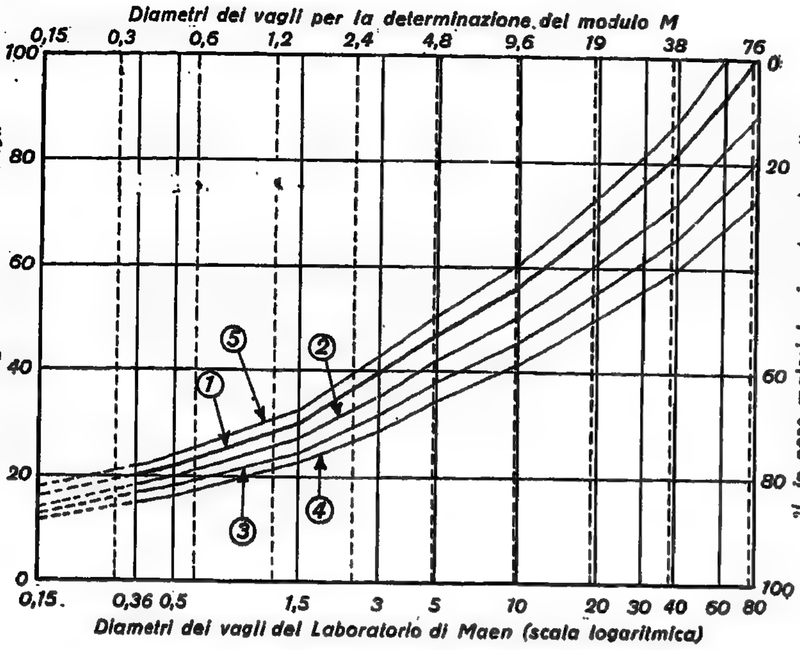


Fig. 2. - Composizione granulometrica dei diversi calcestruzzi sperimentati:

1) Calcestruzzo 1ª serie 0–80 mm, M = 5,30
2) » 2ª » 0–80 + 10% ciottoli, » = 5,77
3) » 3ª » 0–80 + 20% » » = 6,18
4) » 4ª » 0–80 + 30% » » = 6,54
5) » 5ª » 0–60 mm » » = 4,97

La conferma sperimentale si ha con i cubi da 50 cm per i quali vale la seguente tabella:

Modulo di finezza (mat.+cemento)	5,30	5,77	6,18	6,54
Peso di 1 mc di conglomerato fresco tonnellate	2,44	2,46	2,48	2,50
Resistenza a compres. a 28 giorni in kg/cmq	94,0 79,0	95,4 105,5	111,0 120,5	106,0 118,0
Valore medio della resistenza	86,5	100,4	115,8	112,0
Incremento percentuale	100	116,0	133,8	129,5

Il valore 86,5 è inferiore per 14,5 kg/cmq al corrispondente provino da 30 cm (Tabella I) e si crede che anche gli altri risultati siano in difetto. Ciò appare giustificato dalle osservazioni fatte durante lo schiacciamento dei cubi, che venne eseguito nel Laboratorio Prove Materiali del R. Politecnico di Milano con una pressa sulla precisione della quale non vi può essere alcun dubbio.

« Sotto il carico crescente della pressa i cubi cedono eccentricamente e a prova ultimata mentre una metà circa del cubo appare soltanto fessurata, l'altra risulta in parte sfasciata »; « la rottura più difettosa è quella del cubo contenente il 30% di ciottoli; nell'esaminare i cubi rotti si nota che i ciottoli si tolgono con facilità dalle loro sedi e si osserva che la parte superficiale dei cubi è più asciutta mentre il nucleo centrale è ancora umido ». La conclusione più importante è che la stagionatura a 28 giorni è troppo limitata per cubi di 50 cm; tuttavia i risultati ottenuti appaiono esaurienti, per quanto ci interessava di dimostrare, e conformi alle citate esperienze di Abrams.

Il modulo di finezza interviene sotto un altro aspetto ed in forma più decisiva a modificare la resistenza in quanto per una data consistenza e natura dei materiali aggregati, la quantità d'acqua d'impasto (A) risulta inversamente proporzionale al modulo di finezza (M) del calcestruzzo.

Nella Tabella VI sono esposti i dati effettivi e di calcolo delle prove eseguite e l'enunciato precedente appare pienamente verificato tanto che è possibile ricavare una espressione molto semplice e precisa per l'acqua d'impasto in funzione del modulo di finezza e indipendentemente dal cemento.

Si ha cioè $A = \frac{K}{M}$ dove per la costante K le esperienze forniscono:

1060 per la consistenza « pastoso »
1140 » » » « colabile »

L'utilità di questa formula è evidente sia che venga applicata al progetto di una miscela sia per controlli in cantiere, ma naturalmente l'uso dei coefficienti ricavati per K non può essere esteso oltre i limiti assegnati al tipo di materiale, ai gradi di fluidità ed alle caratteristiche di composizione dei calcestruzzi sperimentati.

Se per ogni qualità di cemento si riportano nel solito grafico, avente per ascisse il fattore cemento/acqua ed ordinate le resistenze dei calcestruzzi, i valori delle Tabelle I - V, senza tener conto delle diverse composizioni granulometriche, si ottengono le rappresentazioni delle fig. 3, 4 e 5 nelle quali si osserva come i dati sperimentali delle diverse serie si confondano fra loro e si distribuiscano lungo una ristretta striscia del piano con scarti massimi non superiori al $\pm 10\%$ rispetto alla linea che ne individua l'andamento medio. Vi sarebbe da fare eccezione per il gruppo di prove eseguite con il cemento da 330 kg/cmq nelle quali le resistenze del calcestruzzo $0 \div 80$ si abbassano con regolarità ed in misura apprezzabile da quelle medie, ma di contro si nota che esse sono più basse di quelle del conglomerato 0—60 mentre dovrebbero essere superiori e quindi nessuna particolare distinzione è praticamente possibile; tuttavia è interessante rilevare come sui risultati dei cubi da 50 cm si delinei la possibilità pratica di trasformare la funzione $f(R, C/A)$ nell'altra $f(R, C/A, M)$, rappresentazione questa più complessa ma più precisa della prima in quanto ad una curva ne sostituisce un fascio con parametro M.

In pratica però gli esperimenti su provini cubici da 50 cm sono da considerare come eccezionali, per particolari esigenze e speciali attrezzature, ed in via normale la dimensione preferita è quella da 20 cm, più raramente quella da 30 quando il calcestruzzo contenga ghiaia grossa che, se vi si trova in quantità notevole dà luogo inevitabilmente a scarti nei resultati per irregolarità di schiacciamento. Pure inevitabili, in questo genere

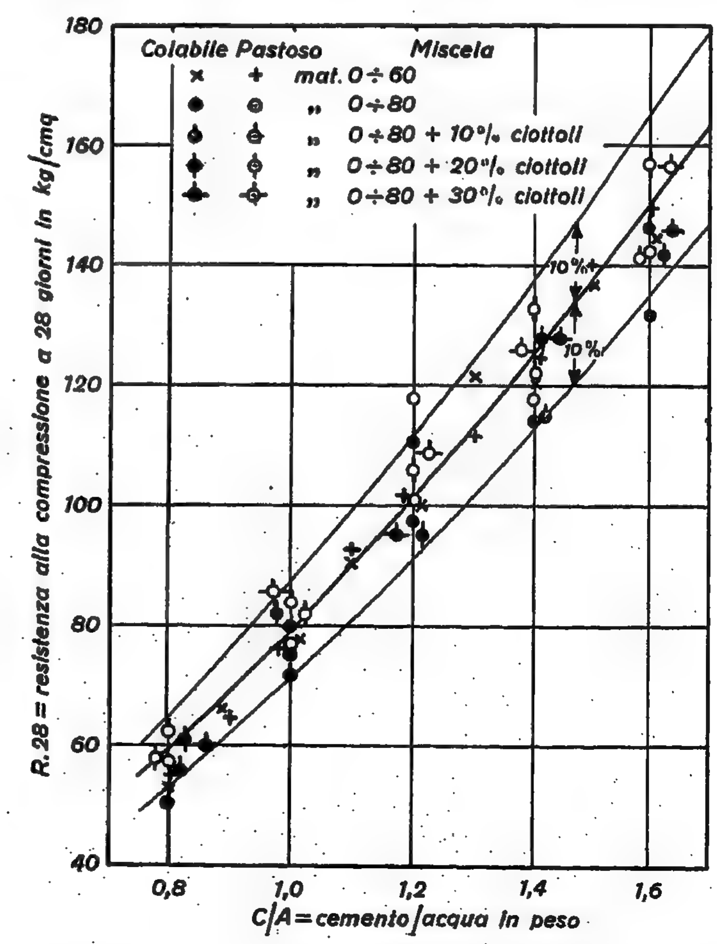


Fig. 3. - Calcestruzzi con cemento a resistenza normale di 415 kg/cmq a 28 giorni.

di ricerche a scopo pratico, sono le oscillazioni nei vari fattori fisici e chimici, cosicchè in definitiva si ritengono accettabili le approssimazioni ricavate e poichè nel caso in esame l'influenza *diretta* del modulo di finezza sulla resitenza rientra negli stessi limiti delle incertezze sperimentali, sembra giustificato prescindere da tale influenza anche nella considerazione di semplificare le indagini. Ma ricordo che, al di fuori degli scarti dei campioni di laboratorio, nel calcestruzzo in forti masse la resistenza migliora col crescere del modulo di finezza e pertanto questo elemento diviene decisivo allorchè si tratti di scegliere tra calcestruzzi che a pari rapporto C/A, compattezza e lavorabilità dell'impasto, differiscono soltanto per le caratteristiche granulometriche.

I grafici delle fig. 3-5 possono riunirsi in uno, più espressivo e generale (fig. 6), con l'aiuto di un diagramma ausiliario che abbia per ascisse le resistenze della malta normale (r_{mn}) dei cementi sperimentati, per ordinate le resistenze (R. 28) del calcestruzzo e come parametro il fattore C/A; in tal modo è facile giungere alla famiglia di curve della figura 6 applicabile a calcestruzzi confezionati con cementi aventi resistenze normali da 300 a 500 kg/cmq a 28 giorni.

Stabilita la resistenza richiesta al calcestruzzo ed il quantitativo d'acqua in base alla fluidità, il dosaggio del cemento dipende dalla sua resistenza normale e cresce col diminuire di questa, mentre il costo del cemento segue una legge inversa; d'altra parte per mantenere all'impasto la fluidità stabilita occorre che la quantità cemento + mat. finissimo rimanga costante e pertanto ad una riduzione del primo deve corrispondere un aumento del secondo, per cui la scelta del tipo di cemento rimane anche legata alla possibilità di disporre determinati quantitativi di materiale finissimo a prezzo conveniente.

Calcestruzzo « pastoso » e « colabile ».

Dalla relazione $A = \frac{K}{M}$ con i valori assegnati a K si ricava, per qualunque grado di M, $A_p < A_c$, indicando con gli indici p e c le due consistenze del calcestruzzo « pastoso » e « colabile », e per il dosaggio di cemento $C_p < C_c$.

La differenza $C_c - C_p$, rappresenta pertanto il risparmio di cemento che si può conseguire confezionando, a parità di tutti gli altri elementi, un calcestruzzo « pastoso » in luogo di uno « colabile »: essa varia con il modulo di finezza ed anche con la

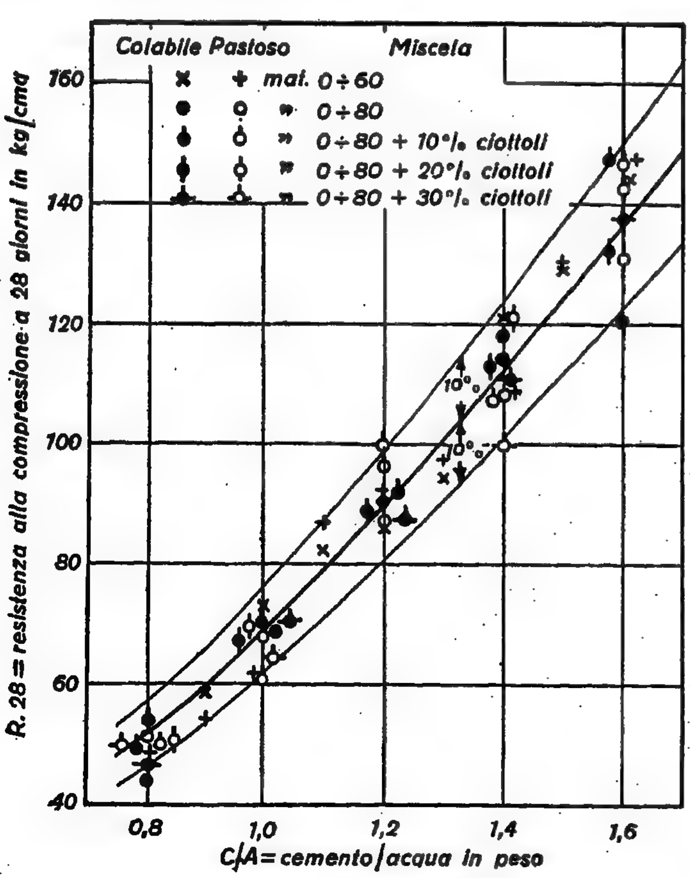


Fig. 4. - Calcestruzzi con cemento a resistenza normale di 385 kg/cmq a 28 giorni.

qualità del cemento e la resistenza richiesta al calcestruzzo. Nei casi ordinari disponendo di un cemento con $r_{mn} = 400$ kg/cmq e materiale fino a 60÷80 mm il risparmio di cemento sta nell'ordine di 20 kg per mc.

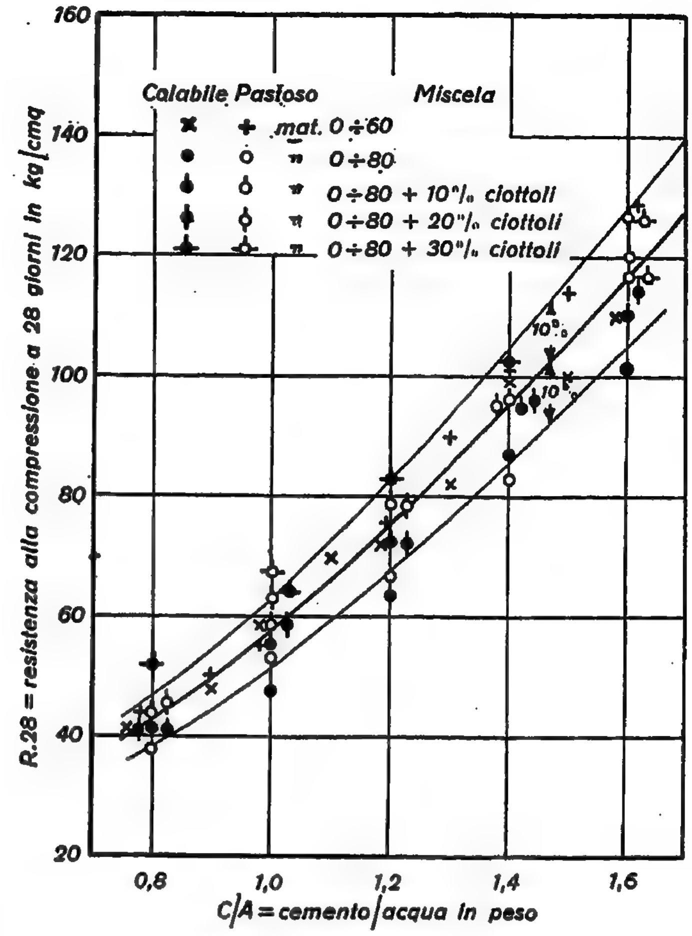


Fig. 5. - Calcestruzzi con cemento a resistenza normale di 330 kg/cmq a 28 giorni.

Naturalmente vale qui l'osservazione già fatta e cioè che, come conseguenza della minor quantità di cemento, si richiede un più elevato tenore di materiale finissimo e qualora questo dovesse ricavarsi attraverso impianti di frantumazione e macinazione occorrerebbe tenerne adeguato conto nel preventivo generale di spesa.

In proposito di calcestruzzi pastosi e colabili conviene accennare che la stagionatura a 28 giorni, assunta come termine comune per il confronto dei due tipi, non sembra molto indicata se si ammette che il calcestruzzo colato migliori con la stagionatura più di quello battuto; ma questa proprietà è nota solo sommariamente e, per quanto consta, non è stata finora convalidata con ricerche particolari ed estese nel tempo cosicchè in mancanza di sicuri elementi di giudizio si è preferito tenere come base la stagionatura di 28 giorni senza alcun termine correttivo.

Un punto che può interessare i due tipi di calcestruzzo è la diversa contrazione che presentano durante l'indurimento e a tal riguardo sono state eseguite delle precise osservazioni su provini prismatici di cm 10×10×50 misurandone la variazione di lunghezza con un calibro della casa Amsler che consente approssimazioni di 1/100 di mm. I provini vennero tolti dopo 24 ore dalle forme di legno e tenuti all'aria in ambiente riparato a temperatura di 18÷20° C.

Nella fig. 7 sono riportati i dati di composizione dei calcestruzzi ed i grafici risultanti nei quali si riconosce come per le due qualità di cemento il ritiro sia maggiore nei provini con più acqua, mantenendosi uguali le altre condizioni, e tale differenza stia fra 6 e 8 centesimi di mm per metro.

Calcestruzzo con ciottoli.

La pratica di annegare nelle masse di calcestruzzo blocchi di pietra per cercare di abbassare il costo dell'opera non ha sortito, in genere, risultati veramente soddisfacenti specie nelle costruzioni celeri dove occorrono imponenti attrezzature per poter mantenere il rifornimento del pietrame a livello con

il veloce ritmo del getto del calcestruzzo; invece con l'introduzione di pietre di limitata grossezza o di ciottoli direttamente nella miscela del calcestruzzo all'atto dell'impasto il problema appare indirizzato più vantaggiosamente.

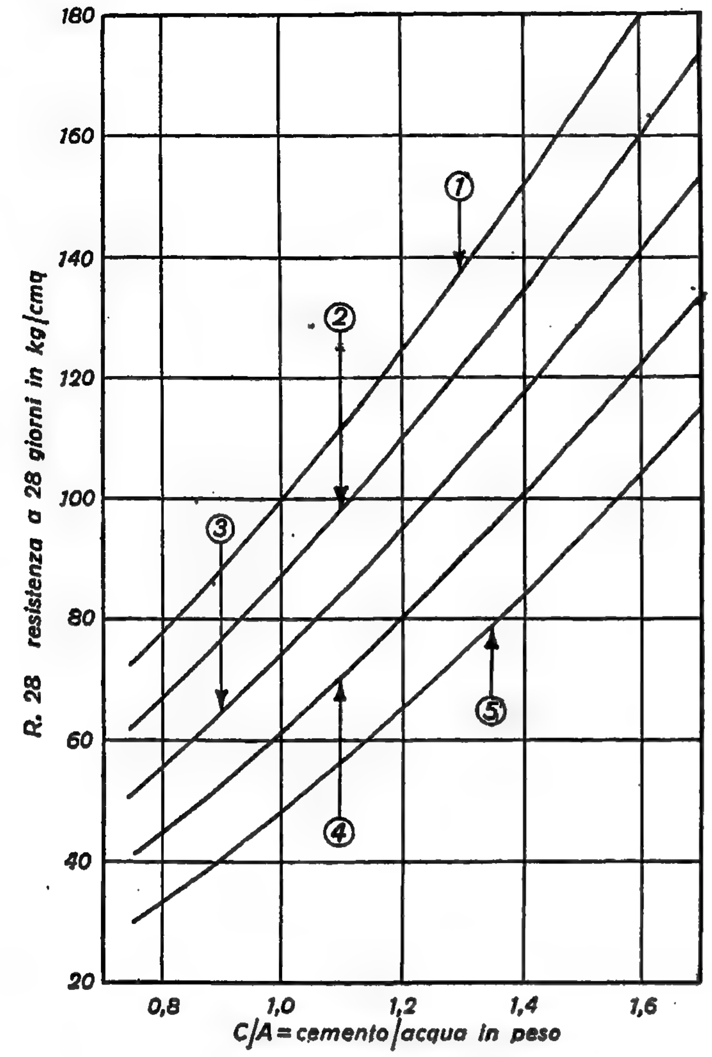


Fig. 6. - Calcestruzzi con cementi alle seguenti resistenze:

1)	res.	m.	n.	a	28 giorni,	500	kg/cmq
2)	»	»	»	»	»	450	»
3)	»	»	»	»	»	400	»
4)	»	»	»	»	»	350	»
5)	»	»	»	»	»	300	»

Le caratteristiche proprie di un calcestruzzo con ciottoli che valgano a farlo preferire ad un calcestruzzo comune si possono rilevare dall'esame delle tabelle I-V nelle colonne relative alle osservazioni e, con espressione più evidente, nei grafici della fig. 8. Sostanzialmente i vantaggi si riassumono in: aumento del modulo di finezza, minor dosaggio d'acqua e di cemento, riduzione di sabbia e ghiaia, maggior densità dell'impasto e prevedibilmente, minor ritiro durante l'indurimento.

Per contro con il crescere della percentuale di ciottoli si richiedono delle accortezze nell'installazioni di cantiere e le impastatrici debbono prevedersi più resistenti, inoltre va tenuto presente che la lavorabilità dell'impasto diventa sempre più difficile e se un calcestruzzo con ghiaia fino a 80 m/m può, in opera, essere aggiustato con una certa facilità, un calcestruzzo con ciottoli risulta più pesante e tenace ed è necessario poter disporre di un mezzo di distribuzione facilmente spostabile su tutti i punti del cassero di getto se si vuol conseguire uniforme distribuzione dei materiali ed economia di « colla di cemento ».

Non è poi da credere che l'introduzione separata dei ciottoli porterebbe a migliori vantaggi, anzi sicuramente le complicazioni sarebbero più grandi nelle installazioni di trasporto e non si potrebbe conseguire nè uniformità di distribuzione dei ciottoli nella massa nè elevate percentuali come si ottengono aggiungendo i ciottoli durante l'impasto.

Purtroppo le prove eseguite sulla manipolazione degli impasti, riguardano quantità di qualche centinaio di litri e sono affatto insufficienti a fornire indicazioni esatte sul comportamento di grandi volumi. Si può tuttavia ritenere con qualche fondamento che mentre limitate percentuali di ciottoli (fino al 15% circa) (1) vengono agevolmente assorbite dalla massa, percentuali più elevate tendono a provocare la separazione dei materiali e quindi la formazione di ammassi di ciottoli a grande porosità. Su questo punto, di palese interesse, si richiedono evidentemente ulteriori accertamenti sperimentali.

Un'interessante applicazione atta a chiarire e precisare il merito precipuo del calcestruzzo con ciottoli, e cioè la riduzione del quantitativo di cemento, è quella esposta qui appresso e riguardante il calcestruzzo previsto per la costruzione della diga Goillet.

Come è già stato accennato i numerosi assaggi eseguiti nel vasto deposito naturale nella piana del Breuil (Cervino) hanno permesso di conoscere, oltre la composizione granulometrica media dei materiali compresi fra 0,36 e 80 mm riportate nella fig. 1, la disponibilità di materiale finissimo, inferiore a mm 0,36 e materiale grossolano superiore a 80 mm.

Riguardo al primo si può fare assegnamento su un quantitativo medio di 180 ÷ 190 kg per mc di calcestruzzo scavando opportunamente in punti diversi del banco e mescolando i materiali oppure aprendo cave di prestito. Il secondo invece si trova in esuberanza e si tratterà soltanto d'impiantare un frantoio per ridurre i ciottoli più grossi alle dimensioni previste per l'impiego (foro da 15 cm).

Per il calcestruzzo della diga Goillet si ammette di impiegare la composizione granulometrica media naturale fino a 80 mm, tutto il materiale finissimo dato come disponibile e si fa l'ipotesi, prevedibilmente realizzabile, di un'aggiunta di grossi ciottoli di 450 kg per mc pari al 20 % in volume assoluto. Il modulo di finezza medio risulterà pertanto $M = 6{,}18$, salvo le alterazioni e varianti di cantiere che andranno controllate.

Circa la consistenza da assegnare al calcestruzzo appare senz'altro preferibile il tipo « pastoso » il quale, con le caratteristiche assegnategli, mediante una semplice manipolazione senza battitura fornisce una massa ben compatta come un calcestruzzo colato; la differenza con questo sta solo nel fatto, già accennato, che la posa in opera non può avvenire per scorrimento in lunghi canali, ma con carrelli o benne trasportati con ferrovie o teleferiche o con adattamento di nastri trasportatori che ricevano l'impasto dalle betoniere e lo depositino sul posto di lavoro.

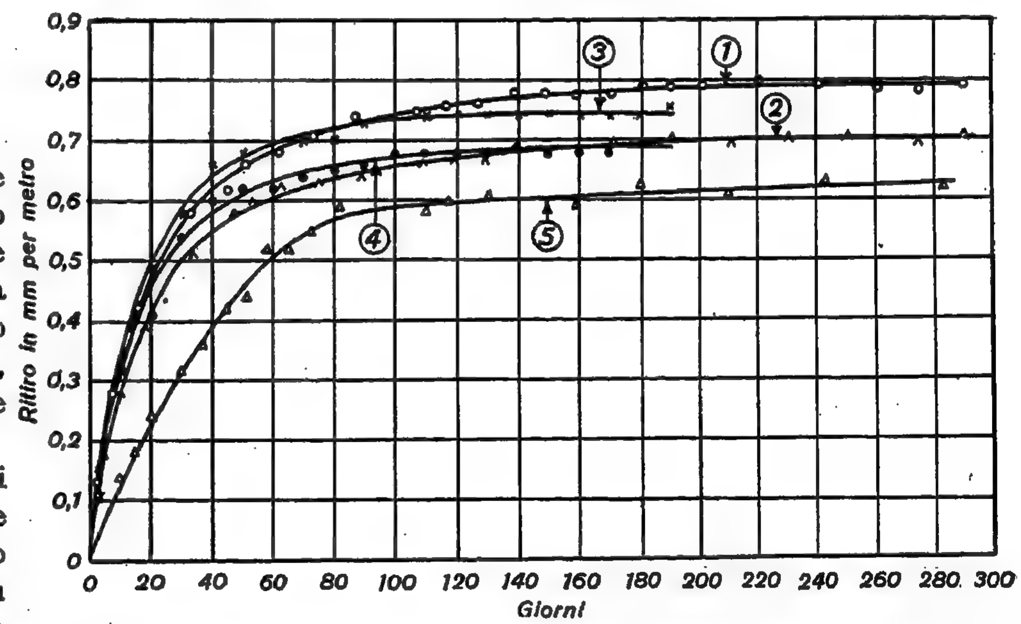


Fig. 7 - Ritiro di provini di calcestruzzo (prismi di cm 10 × 10 × 50)

Tipo cemento		Dosaggio acqua in l/mc	
1) artif.	Lauriano	210	Calcestruzzi con mat. 0 ÷ 40 mm eseguiti in laboratorio; dosaggio cemento 200 kg/mc
2) »	»	180	
3) »	Italcementi	240	
4) »	»	200	
5) »	»	205	Calcestruzzo della diga di Cignana prelevato durante il getto; cemento circa 210 kg/mc.

(1) Questa percentuale, secondo la definizione data in precedenza, si riferisce alla muratura (calcestruzzo con ciottoli) mentre rispetto al calcestruzzo 0-80 mm risulta 17,6 %.

La resistenza a compressione a 28 giorni che si richiede è di 90 kg/cmq e corrisponde a dieci volte la massima sollecitazione esistente al piede della diga.

Per $R = 90$ kg/cmq il grafico riassuntivo della fig. 6 ed i dati della Tabella VI forniscono per i diversi cementi:

r_{mn} kg/cmq	$\frac{C}{A}$	$C = \frac{C}{A} \frac{1060}{6,18}$ kg/mc	Mat. < 0,36 kg/mc
500	0,92	158	217
450	1,03	177	198
400	1,15	198	177
350	1,30	224	151
300	1,46	251	124

Pertanto il cemento più conveniente è quello con resistenza normale di 400 kg/cmq che, con dosaggio di 198 kg/mc, importa una aggiunta di materiale finissimo di 177 kg, di poco inferiore a quella prevista (1).

Senza l'aggiunta di ciottoli avremmo invece $M = 5,30$ ed i quantitativi precedenti si modificherebbero così:

r_{mn} kg/cmq	$C = \frac{C}{A} \frac{1060}{5,30}$ kg/mc	Mat. < 0,36 kg/mc
500	184	266
450	206	244
400	230	220
350	260	190
300	292	158

La scelta dovrebbe quindi cadere sul cemento da 350 con dosaggio di 260 kg/mc e 190 di materiale finissimo che raggiunge il limite della disponibilità del banco.

Estendendo questo ragionamento agli altri tipi di calcestruzzo si ricava (1) la seguente tabella:

Composizione della miscela	(Tipo di cemento) r_{mn} in kg/cmq	Dosaggio cemento riferito		Spesa per il cemento L./mc	Mat. < 0,36 kg/mc
		al calc.	alla mur.		
0-80	350	260	260	74,20	190
0-80+10% ciott.	350	266	239	68,20	171
0-80+20% »	400	248	198	58,00	177
0-80+30% »	400	266	186	54,50	174
	(450)	(239)	(167)	(50,20)	(183)

Preso come riferimento il calcestruzzo 0-80 si trova dunque che l'aggiunta del 10 % di ciottoli offre un risparmio di spesa di L. 6 al mc; l'aggiunta del 20 % L. 16,20 ed il 30 % L. 19,70, notando per quest'ultima che il vantaggio potrebbe essere ancora più grande se si facesse uso di un cemento da 450 del quale ne sarebbero sufficienti kg 167. Ma è da escludere che con tale quantitativo possa confezionarsi un calcestruzzo con buoni requisiti di lavorabilità, in quanto nella miscela per la presenza della rilevante quantità di ciottoli verrebbe ad essere sensibilmente ridotto l'effetto legante e lubrificante del cemento non sostituibile, oltre un certo limite, con materiali fini inerti.

Le cifre sopraesposte vanno moltiplicate, per la diga Goillet, per 110 000 e così si giunge ad un risparmio di spesa veramente apprezzabile che supera ad evidenza le eventuali maggiori spese per installazioni di cantiere e manipolazione dei materiali grossolani.

Come è ovvio, il vantaggio apparirebbe ancora più elevato se si facesse riferimento ad un normale calcestruzzo colato.

Osserviamo infine che il lato economico dell'indagine può estendersi anche alla sostituzione della sabbia e ghiaia in ciottoli (assai evidente nella fig. 8) ed alle ridotte dimensioni dell'opera se si tiene conto delle variazioni di peso della muratura.

Torino, settembre 1931-IX.

ING. FELICE CONTESSINI.

Nel licenziare la presente Nota desidero ricordare e ringraziare l'Ing. G. Wetter che mi fu di valido aiuto nella esecuzione delle prove.

F. C.

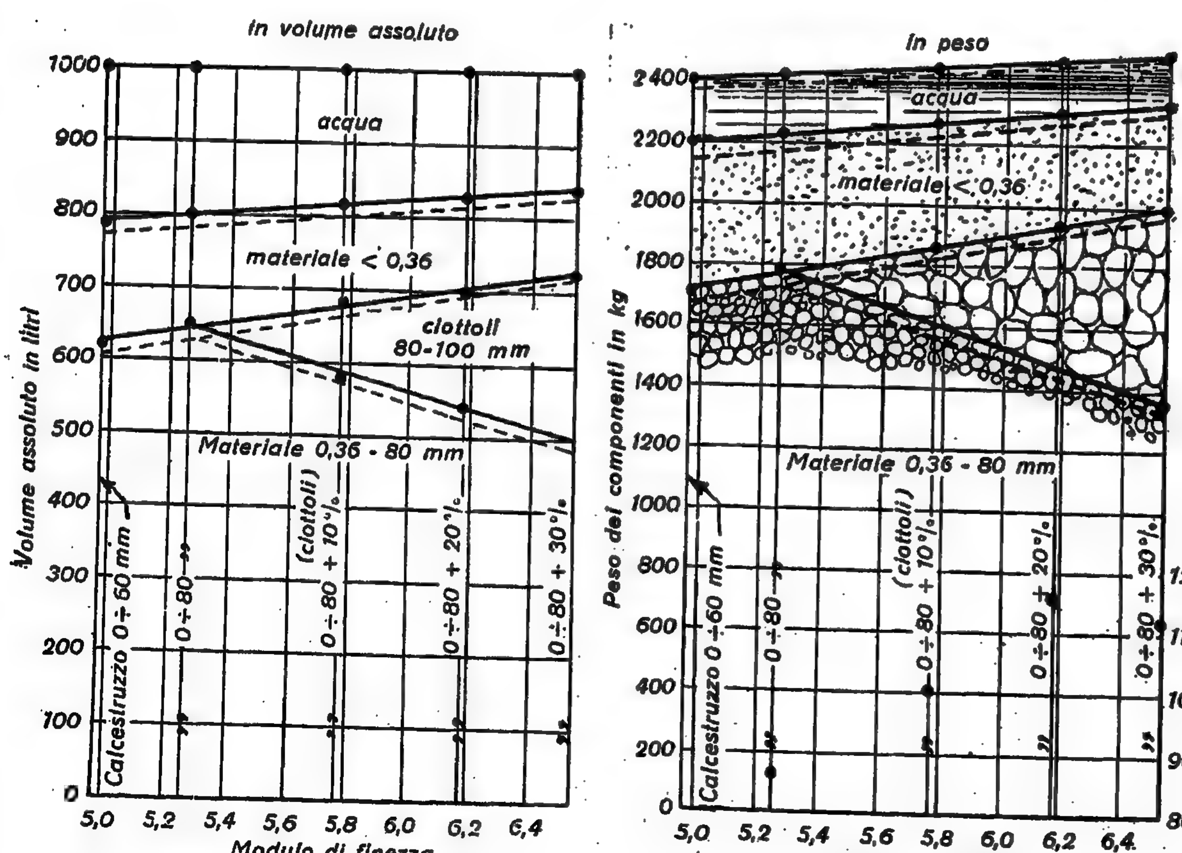


Fig. 8. - Composizione di 1 mc di calcestruzzo con e senza ciottoli.
(le linee intere si riferiscono al calcestruzzo « pastoso », quelle a tratti al calcestruzzo « colabile »).

(1) I prezzi assunti per la spesa del cemento sono:

cemento con resistenza normale a 28 giorni kg/cmq	350	400	450
prezzo in fabbrica Lire al Q.le	11,30	12,10	12,90

per i trasporti in ferrovia, teleferiche e relativi carichi e scarichi si ammette complessivamente una maggiorazione su ogni quintale di cemento di L. 17,20 intendendovi compreso l'ammortamento delle teleferiche.

(1) In pratica converrebbe stabilire in 200 il dosaggio del cemento e maggiorare il quantitativo di mat. finissimo per avere una certa eccedenza di « colla di cemento » sui vuoti, come è stato detto in precedenza.

TABELLA I.

Serie 1: Calcestruzzo con mat. da 0 a 80 mm.

C/A	Dosaggio cemento kg/mc	R. 28 del calcestruzzo confezionato con cemento avente r_{mn} di kg/cmq 415	385	330	Osservazioni
0,8	160	57,5	51,2	38,2	*Tipo pastoso:*
1,0	200	77,0	67,8	53,1	Mat. 0,36-80 mm . kg 1785 » <0,36+cemen. » 450
1,2	240	101,0 (86,5)	96,5	67,3	acqua .... » 200
1,4	280	118,0	108,5	83,4	Peso 1 mc calcestr. fresco .... kg 2435
1,6	320	142,5	131,2	107,2	
0,8	176	50,5	43,8	41,2	*Tipo colabile:*
1,0	220	75,5	68,9	47,3	Mat. 0,36-80 mm . kg 1730 » <0,36+cemen. » 450
1,2	264	97,5	90,5	63,8	acqua .... » 220
1,4	308	114,0	114,5	87,8	Peso 1 mc calcestr. fresco .... kg 2400
1,6	352	132,0	120,5	101,5	

TABELLA II.

Serie 2: Calcestruzzo 0-80 mm + 10 % mat. 80-100 mm.

C/A	Dosaggio cemento kg/mc	R. 28 del calcestruzzo confezionato con cemento avente r_{mn} di kg/cmq 415	385	330	Osservazioni
0,8	148	62,5	50,0	44,0	*Tipo pastoso:*
1,0	185	84,0	61,1	58,9	Mat. 0,36-80 mm . kg 1610 » 80-100 ..... » 250
1,2	222	118,0 (100,4)	88,3	79,0	» <0,36+cemen. » 410 acqua .... » 185
1,4	259	122,1	107,3	96,7	
1,6	296	142,0	147,0	120,5	Peso 1 mc calcestr. fresco .... kg 2455
0,8	160	56,1	49,5	41,2	*Tipo colabile:*
1,0	200	72,0	70,6	55,6	Mat. 0,36-80 mm . kg 1570 » 80-100 ..... » 250
1,2	240	111,5	91,8	72,8	» <0,36+cemen. » 410 acqua .... » 200
1,4	280	115,5	118,8	95,5	
1,6	320	146,5	148,2	110,5	Peso 1 mc calcestr. fresco .... kg 2340

TABELLA III.

Serie 3: Calcestruzzo 0-80 mm + 20 % mat. 80-100 mm.

C/A	Dosaggio cemento kg/mc	R. 28 del calcestruzzo confezionato con cemento avente r_{mn} di kg/cmq 415	385	330	Osservazioni
0,8	138	58,2	50,6	45,6	*Tipo pastoso:*
1,0	172	82,0	70,3	63,7	Mat. 0,36-80 mm . kg 1480 » 80-100 ..... » 450
1,2	206	106,0 (115,8)	100,0	78,8	» <0,36+cemen. » 375 acqua .... » 172
1,4	241	133,3	121,5	95,5	
1,6	275	157,2	143,8	127,0	Peso 1 mc calcestr. fresco .... kg 2477
0,8	148	60,8	54,2	41,2	*Tipo colabile:*
1,0	185	81,8	68,4	58,5	Mat. 0,36-80 mm . kg 1445 » 80-100 ..... » 450
1,2	222	94,8	88,9	72,5	» <0,36+cemen. » 375 acqua .... » 185
1,4	259	127,8	113,2	96,5	
1,6	296	141,6	132,5	114,6	Peso 1 mc calcestr. fresco .... kg 2455

TABELLA IV.

Serie 4: Calcestruzzo 0-80 mm + 30 % mat. 80-100 mm.

C/A	Dosaggio cemento kg/mc	R. 28 del calcestruzzo confezionato con cemento avente r_{mn} di kg/cmq 415	385	330	Osservazioni
0,8	129	72,2	50,3	57,1	*Tipo pastoso:*
1,0	161	85,0	64,8	67,8	Mat. 0,36-80 mm . kg 1360 » 80-100 ..... » 630
1,2	193	109,0 (112,0)	74,5	99,0	» <0,36+cemen. » 350 acqua .... » 161
1,4	226	126,0	100,0	116,5	
1,6	258	157,2	107,2	117,0	Peso 1 mc calcestr. fresco .... kg 2501
0,8	138	60,2	46,8	52,0	*Tipo colabile:*
1,0	172	81,0	70,2	64,2	Mat. 0,36-80 mm . kg 1330 » 80-100 ..... » 630
1,2	206	94,7	87,5	83,4	» <0,36+cemen. » 350 acqua .... » 172
1,4	241	127,8	110,8	102,8	
1,6	275	145,8	138,2	126,7	Peso 1 mc calcestr. fresco .... kg 2482

Nota. – C/A = cemento/acqua in peso; R. 28 = resistenza a compressione del calcestruzzo a 28 giorni pei cubi di 30 cm di lato; r_{mn} = resistenza a compressione della malta normale a 28 giorni. Il numero entro parentesi rappresenta la resistenza media di due cubi di 50 cm di lato. Peso specifico del materiale 2,75 t/mc; peso specifico del cemento 3,1 t/mc; densità mat. 0,36-80 mm 180 t/mc.

TABELLA V.

Serie 5: Calcestruzzo 0-60 mm contenuto in quello 0-80 mm.

$\frac{C}{A}$	Dosaggio cemento kg/mc	R. 28 del calcestruzzo confezionato con cemento avente r_{mn} di kg/cmq 415	385	330	Osservazioni
0,8	168	55,0	46,8	44,0	*Tipo pastoso:*
1,0	210	76,3	62,0	55,0	Mat. 0,36-60 mm . kg 1710 » <0,36+cemen. » 480
1,2	252	101,3	91,5	75,2	acqua .... » 210
1,4	294	124,8	108,0	102,5	Peso 1 mc calcestr. fresco .... kg 2400
1,6	336	149,5	147,5	129,5	
0,8	184	52,8	62,5	41,5	*Tipo colabile:*
1,0	230	77,0	73,2	58,8	Mat. 0,36-60 mm . kg 1650 » <0,36+cemen. » 480
1,2	276	99,8	86,2	72,0	acqua .... » 230
1,4	322	120,8	120,0	99,5	Peso 1 mc calcestr. fresco .... kg 2360
1,6	368	144,3	143,8	109,3	

TABELLA VI.

Composizione della miscela di calcestruzzo	Modulo di finezza M	Acqua d'impasto l/mc effettiva A	calcolata	$M \times A$
Calcestruzzo « pastoso »			$A' = \frac{1060}{M}$	Valore medio 1060
Cemento + mat. 0–60 mm ...	4,97	210	213	1044
» + » 0-80 » ...	5,30	200	200	1060
» + 0-80 + 10% 80-100	5,77	185	184	1067
» + » + 20% »	6,18	172	172	1063
» + » + 30% »	6,54	161	162	1053
Calcestruzzo « colabile »			$A' = \frac{1140}{M}$	Valore medio 1140
Cemento + mat. 0-60 mm ...	4,92	230	232	1132
» + » 0-80 » ...	5,28	220	216	1162
» + 0-80 + 10% 80-100	5,77	200	198	1154
» + » + 20% »	6,18	185	184	1143
» + » + 30% »	6,54	172	174	1125

Prove dimostrative con raddrizzatori a vapore di mercurio a controllo di griglia per correnti industriali

Invitati dal Tecnomasio Italiano Brown Boveri, una ventina di Tecnici Italiani ebbero campo di assistere il 17 novembre scorso nella sala prove della S. A. Brown Boveri & Cie di Baden ad una serie di interessanti prove dimostrative eseguite su raddrizzatori a controllo di griglia.

Le prove vennero precedute da una breve conferenza illustrativa che servì a mettere al corrente gli intervenuti su quanto erano stati invitati ad assistere e ad esporre lo svolgimento del programma.

Il principio fondamentale sul quale si basa l'azione di questi nuovi raddrizzatori è essenzialmente il seguente. Se si applicano agli apparecchi, di fronte agli anodi, in posizione conveniente delle griglie speciali e si dà loro una opportuna polarità, si può comandare a volontà l'adescamento dell'arco fra anodo e catodo, e quindi il passaggio della corrente, fino a tanto che l'anodo sarà positivo, ritardando il punto di adescamento rispetto all'inizio della semionda positiva di tensione fino a renderlo impossibile.

Contrariamente a quanto succede nelle solite valvole termojoniche utilizzanti un vuoto elevato o dei gas rari, non è possibile ottenere nei raddrizzatori a vapore di mercurio una regolazione o interruzione dell'emissione mediante la polarizzazione della griglia, perchè l'arco, una volta adescato, permane fino ad interrompersi naturalmente da sè solo al momento del passaggio della corrente attraverso le zero, comunque sia polarizzata la griglia.

Se questa è polarizzata positivamente o non è affatto polarizzata, il funzionamento del raddrizzatore sarà in pratica equivalente a quello di un raddrizzatore solito privo di griglie. Se per contro si dà alla griglia un potenziale negativo rispetto al catodo, la carica statica formatasi attorno ad essa arresta gli elettroni che tentassero di passare dal catodo all'anodo positivo. Si impedisce così l'adescamento dell'arco anche durante la semionda positiva e il raddrizzatore funziona praticamente da interruttore mantenendo interrotto il flusso d'energia attraverso quel determinato anodo.

Si supponga ora d'aver dato alla griglia una polarizzazione positiva. L'arco si adescherà all'inizio della semionda positiva di tensione, e rimarrà adescato fino al momento del passaggio della corrente per lo zero anche nel caso in cui si modifichi la polarizzazione della griglia nel corso del periodo della semionda, facendole assumere un potenziale negativo.

Se poi si mantiene la polarizzazione negativa della griglia, l'arco non potrà più riadescarsi all'inizio delle prossime semionde positive e nel corso delle stesse.

Se per contro, nel corso del periodo di una di queste semionde, si altera la polarizzazione della griglia da negativa a positiva, l'arco si riadescherà istantaneamente e permarrà fino alla fine della semionda.

Sfruttando questa preziosa proprietà della griglia, alternandone in modo conveniente la polarizzazione mediante l'uso di semplici contattori e servendosi di ingegnose combinazioni è possibile giungere ai risultati più svariati.

Gli intervenuti ebbero campo di assistere ad una serie di prove dimostrative eseguite su apparecchi industriali, disponibili in sala prove, utilizzati per le applicazioni seguenti:

1) Regolazione graduale della tensione della corrente continua erogata da un raddrizzatore (750 kW, 700 V) dal valore normale allo zero mediante controllo di griglia.

2) Messa in marcia da fermo e regolazione di velocità di un motore a corrente continua da ca. 2000 kW alimentato a tensione variabile da un raddrizzatore a controllo di griglia, senza ricorrere alla regolazione del campo.

3) Interruzione istantanea di un corto circuito di ca. 12000 Amp. sul lato a corrente continua del raddrizzatore col semplice controllo di griglia.

4) Conversione statica di frequenza, a rapporto rigido e rapporto variabile, di corrente trifase a 50 periodi in corrente monofase a 16,7 per. (Potenza dell'apparecchio convertitore ca. 1500 kW) Proiezione d'oscillogrammi. Alimentazione di un motore monofase a collettore da 400 HP sotto carico.

5) Conversione di corrente continua in corrente trifase (ca. 750 kW) con un apparecchio alimentante una rete indipendente e successivamente una rete in parallelo con alternatori sincroni. Proiezione d'oscillogrammi.

6) Funzionamento e regolazione di velocità di un motore a corrente continua da 50 kW privo di collettore.

7) Avviamento da fermo, funzionamento e regolazione di velocità sotto carico, inversione di marcia e ricupero di un motore senza collettore da 40 kW alimentato da una rete monofase a frequenza industriale.

8) Prova d'interruzione istantanea di corti circuiti su una linea a corrente continua a 1500 V mediante interruttore a vapore di mercurio (potenza normale del circuito ca. 750 kW).

Dallo svolgimento e dai risultati delle prove risultò evidente la grande portata che potranno avere i nuovi apparecchi nei diversi rami della tecnica delle costruzioni elettromeccaniche e nelle differenti applicazioni industriali.

Si possono attendere col massimo interesse i risultati delle prove che verranno fatte fra non molto con un locomotore trifase da 2 × 500 HP del Sempione in corso di modificazione. Esso verrà equipaggiato con uno dei nuovi apparecchi per renderlo atto a funzionare con motori privi di collettore, in regime di marcia e di ricupero, alimentato da corrente monofase a qualsiasi frequenza compresa fra 16 e 50 periodi.

Caratteristica principale del locomotore sarà, oltre l'assenza completa di collettori, pur avendo i motori le stesse proprietà di funzionamento di quelli a collettore, la mancanza assoluta di inseritori a gradini, resistenze d'avviamento e invertitore di marcia. Tutti questi organi saranno sostituiti da un apparecchio a vapore di mercurio a controllo di griglia.

Nel giorno precedente alle prove i Tecnici Italiani avevano visitato le officine di Muenchestein della Soc. An. Brown Boveri & Cie e il grandioso impianto idroelettrico di Ryburg-Schwoerstadt sul Reno.

***

Le prove alle quali hanno potuto assistere i nostri Colleghi, costituiscono senza dubbio una primizia delle più interessanti.

Esse hanno loro consentito, più che di abbracciare il vastissimo campo e le svariate possibilità che sembrano dischiudersi alla applicazione pratica dei nuovi apparecchi, talmente molteplici da lasciare disorientati gli stessi costruttori, di rendersi conto personalmente che nuove vie stanno aprendosi alla tecnica delle correnti forti. Gli intervenuti hanno riportato l'impressione che nei laboratori di ricerche, nelle sale prove e negli uffici tecnici delle grandi Case costruttrici ferve il lavoro per

allargare il campo delle recentissime investigazioni, per studiare e perfezionare i nuovi trovati allo scopo di prepararne, assicurarne e metterne a punto lo sfruttamento industriale nella maniera più estesa.

Il progresso nella tecnica delle costruzioni e applicazioni elettromeccaniche e in quella degli impianti elettrici, per quanto incessante e imponente, si limitava ormai, se così è lecito esprimersi, a battere il passo in tutti i rami, o meglio si svolgeva senza eccessive sorprese su direttive ben tracciate e individuate, fatta eccezione per un solo campo, quello dei raddrizzatori.

Questi apparecchi, che nella loro forma di impiego per potenze e tensioni rilevanti fecero la prima apparizione nell'immediato dopoguerra, riuscirono gradatamente a prender piede ed a imporsi anche in ambienti che si erano dimostrati restii alla loro applicazione e che volevano loro negare qualsiasi importanza pratica. Il successo dei raddrizzatori diede ragione a coloro, che con spirito lungimirante di previsione, sicuro intuito e ferma tenacia, vollero appoggiarne e spingerne lo sviluppo con tutti i mezzi.

Ed il successo dei raddrizzatori per medie e grandi potenze costituisce invero uno dei fatti più salienti della tecnica dell'ultimo decennio e forma indubbiamente un vanto dell'ingegno e dello spirito pratico europeo. Ma anche l'ulteriore sviluppo di questi apparecchi sembrava vincolato fino ad oggi da determinati fattori dovuti sia alle loro qualità intrinseche (p. es. alla loro irreversibilità), sia a quelle degli impianti che essi dovevano alimentare (p. es. al limite della tensione d'esercizio della corrente continua per gli impianti industriali e di trazione).

I tentativi e gli studi incessanti, intrapresi da oltre una decina di anni, allo scopo di estendere l'impiego delle valvole termojoniche, modificate opportunamente, agli usi industriali per correnti forti, non sembravano aver sortito fino agli ultimi tempi nessun effetto pratico ad onta delle previsioni e speranze più rosee affacciate di quando in quando da singoli tecnici. Le cause dell'insuccesso risiedevano sostanzialmente in alcune caratteristiche proprie di questi apparecchi, non ultimo il loro scarso rendimento, che non si lasciavano modificare e non consentivano di renderli adatti ai nuovi usi.

Queste difficoltà sembrano ora superate se si usano, anzichè valvole funzionanti in atmosfera di gas rari o a vuoto elevatissimo, apparecchi raddrizzatori in atmosfera di vapori di mercurio a pressione ridottissima.

Dalle succinte notizie finora pubblicate è assai arduo formarsi un esatto concetto del funzionamento di questi apparecchi, delle loro possibilità di sviluppo e di applicazione e poco si conosce ancora della loro costruzione.

I brevi accenni apparsi sui periodici tecnici farebbero supporre dell'esistenza di due classi fondamentali di apparecchi: la prima costituita dai raddrizzatori a vapore di mercurio con catodo di mercurio e l'altra dai cosidetti thyratron. Questi ultimi possono essere sostanzialmente apparecchi simili ai primi, provvisti essi pure di catodo di mercurio. La loro costruzione sotto questa forma sembra però essere stata abbandonata e sostituita da quella di thyratron in atmosfera a vapori di mercurio con catodo incandescente.

Il controllo della corrente anodica avviene per ambedue le classi a mezzo di griglie polarizzate con corrente continua, corrente alternata o corrente continua ed alternata sovrapposte. L'effetto del controllo di griglia è unilaterale, nel senso che esso comanda praticamente solo l'adescamento dell'arco fra catodo e anodo, ma non ha nessuna influenza sul suo spegnimento. Data l'assenza di qualsiasi inerzia magnetica o meccanica, quest'effetto è istantaneo.

Il rendimento degli apparecchi, analogamente a quello dei raddrizzatori comuni, è elevatissimo, specialmente per tensioni superiori a 1000 volt.

Un terza interessante possibilità di raddrizzare corrente alternata in continua e viceversa, specialmente adatta per tensioni altissime e forti correnti, è stata prospettata recentemente dall'Ingegnere Kesselring coll'uso di raddrizzatori meccanici sincroni. La commutazione e interruzione della corrente alternata avrebbero luogo a mezzo di un elettrolito speciale, già sperimentato con successo nella costruzione di interruttori di nuovo tipo. Esso consentirebbe una interruzione di corrente senza dar luogo ad archi di rottura, anche con correnti di intensità elevatissime, per tensioni di ritorno fino a circa 4000 volt.

In base alle previsioni e ai calcoli preliminari del Kesselring le potenze unitarie che si possono raggiungere con questo genere di raddrizzatori sarebbero di gran lunga superiori a quelle consentite dai raddrizzatori a vapori di mercurio.

Non mancano, come si vede, le prospettive più promettenti di vedere risolti in un avvenire assai prossimo molti problemi, che era vano affrontare coi mezzi finora disponibili.

Quali siano questi problemi, fino a che punto e in che maniera potranno venire effettivamente risolti, è impossibile precisare in questo momento in mancanza di qualsiasi particolare, più o meno completo, di carattere tecnico e economico e di ogni e qualsiasi esperienza pratica. La soluzione industriale di un determinato problema non può essere infatti frutto unicamente delle ricerche di laboratorio, dello studio negli uffici tecnici e dell'esperimento in sala prove, ma deve scaturire dai risultati dell'applicazione pratica, i soli che possano essere interamente probativi in proposito.

Una delle realizzazioni di portata maggiore consentita dai nuovi apparecchi dovrebbe indubbiamente essere la soluzione e l'eliminazione del problema della commutazione, abolendo i vincoli da essa imposti: soluzione ottenuta col sostituire un raddrizzatore al collettore, eliminazione ricorrendo all'uso di uno dei nuovi apparecchi per alimentare con corrente alternata a frequenza variabile a piacimento delle comuni macchine prive di coll ttore.

È quindi in ultima analisi un nuovo mezzo dalle innumeri applicazioni che sta per venire acquisito alla tecnica, capace di dare ai problemi della regolazione della potenza soluzioni più complete di quelle attuate e attuabili finora e più confacenti alle esigenze di molti servizi.

Un campo poi che dovrebbe risentire un effetto più o meno immediato della messa a punto e costruzione industriale dei nuovi apparecchi è quello della trazione elettrica.

Il raddrizzatore è stato negli ultimi anni uno degli elementi principali che hanno concorso allo sviluppo ed alla diffusione del sistema di trazione a corrente continua, sia per forti intensità di corrente che per elevate tensioni. Due sono stati invece gli ostacoli maggiori che si dovettero sormontare e che tuttora limitano il campo di applicazione di questo sistema: la commutazione per le macchine e la rapida interruzione dei corti circuiti e estinzione degli archi a corrente continua per tutto l'impianto.

Abolite le limitazioni dovute alla commutazione ed eliminati i pericoli della permanenza degli archi a corrente continua, riducendone la durata a una piccola frazione della minima tuttora consentita dall'uso degli interruttori ultrarapidi, la convenienza dell'adozione di un sistema a corrente continua ad altissima tensione (p. es. 10-15 kV al filo di contatto) appare degna della massima considerazione. E non è escluso che, come i nuovi apparecchi sembrano rendere industrialmente attuabile anche il sistema a corrente alternata a frequenza industriale, con minori complicazioni di quanto è stato fatto o tentato di fare finora, la questione del sistema più conveniente di trazione elettrica, per il momento sopita, venga posta di nuovo all'ordine del giorno e rientri in una fase acuta.

e. s.

ING. HANS GUSTAVO LUTZ

L'impianto idroelettrico dell'Isarco

(Continuazione e fine, vedi Fasc. XI, Vol. VIII, Novembre 1931, pag. 960)

SOMMARIO

PARTE III - Descrizione della Centrale « *Carlo Cicogna* ».

A) Disposizione generale.
B) Fabbricato e fondazione.
C) Macchinario idraulico.
 1) Impianto per energia a scopi industriali.
 2) » » » per trazione elettrica.
D) Macchinario elettrico.
 1) Alternatori per energia industriale a 42-50 ~.
 2) » a 16 2/3 periodi per trazione.
 3) Gruppi per i servizi interni.
 4) Gru.
E) Impianti esterni di trasformazione.
 1) Impianto a 235 kV.
 2) Trasformazione 10/21 kV.
 3) Stazione di trasformazione 4/65 kV a 16 ²/₃ periodi.
 4) Impianto servizi interni.
F) Quadri.

PARTE III.

DESCRIZIONE DELLA CENTRALE « CARLO CICOGNA »

A) DISPOSIZIONE GENERALE.

Come si è già detto nel precedente articolo, il canale di restituzione ha la ragguardevole lunghezza di m 600. Ne è motivo la circostanza che il terreno previsto originariamente per l'ubicazione della Centrale, venne più tardi riconosciuto di estensione insufficiente per il caso molto probabile, ma non ancora definito, che la stazione di trasformazione fosse costruita per funzionare a 235 kV. Si è perciò scelto l'unico terreno esistente di dimensioni adatte, situato più a monte del punto di restituzione, sulla riva destra dell'Isarco, limitata da un lato dal fiume e dall'altra dalla falda montana.

Sulla sponda sinistra dell'Isarco corrono parallelamente la strada nazionale e la linea ferroviaria del Brennero.

Un ponte in ferro sull'Isarco, della lunghezza di m 50 fra gli appoggi e della portata di t 150, collega la Centrale con detta strada, ed un binario di raccordo, lungo m 300, permette il trasporto dei carri ferroviarii dalla Stazione di Cardano direttamente nella Centrale sotto la grue scorrevole (fig. 49).

Il fabbricato della Centrale è stato addossato il più possibile alla montagna. Esso misura m 120 di lunghezza, m 13 di larghezza e m 18 di altezza. Un avancorpo a tre piani, posto al centro della facciata verso l'Isarco, contiene a pianterreno gli uffici ed i magazzini, al primo piano i locali di smistamento dei cavi (sottoquadro) ed al secondo piano la sala dei quadri generali di comando.

Nel fabbricato principale, e precisamente nella parte a monte dell'avancorpo, sono installati i 5 gruppi per produzione di energia a scopo industriale, in quella a valle i tre gruppi per l'energia per trazione. È riservato il posto per un eventuale futuro quarto gruppo.

La larghezza della Centrale e gli spazi liberi tra i singoli gruppi sono stati dimensionati allo stretto necessario per garantire la comoda circolazione attorno al macchinario e la buona sorveglianza, ritenendo più conveniente di potere disporre di due spazi di una certa ampiezza per lo scarico del macchinario in arrivo e per il montaggio, piuttosto che largheggiare in superficie libere fra i singoli gruppi. La stazione di trasformazione a 235 kV è disposta a monte dell'avancorpo e quella a 65 kV venne in un primo tempo prevista disposta simmetricamente a valle. La sala dei quadri di comando si sarebbe in tal guisa trovata al centro, tra il macchinario a 16 2/3 e quello a 42-50 periodi e le due stazioni di trasformazione con la possibilità di vedere direttamente le due stazioni esterne e, portandosi sul vicino balcone prospiciente la sala macchine, anche il macchinario.

In seguito si è trovato opportuno di trasferire la stazione esterna a 65 kV all'attuale posto a valle della Centrale, perchè lo spazio in prossimità dell'avancorpo si era dimostrato troppo esiguo, ma sopratutto perchè non si è voluto occupare stabilmente uno spazio tanto prezioso per la installazione di un cantiere e per lo scarico e lo smistamento dei materiali in arrivo coi trasporti ferroviari che giornalmente affluivano numerosi.

L'officina meccanica è installata in apposito piccolo fabbricato a monte della Centrale e contiene anche una stazione di trasformazione da 21 000/500 V della S.T.E. ed una stazione di motopompe dell'Acquedotto Municipale della Città di Bolzano, il quale utilizza delle sorgenti venute alla luce durante gli scavi delle fondazioni della Centrale.

Tutto il terreno occupato dalla installazione è cintato ed inaccessibile alle persone estranee all'esercizio.

A monte dell'impianto sono state costruite 3 case di abitazione per il personale, due con 6 alloggi cadauna ed una con 3. Un quarto fabbricato, più discosto, contiene bagni, docce, lavanderie e locali di riunione del Dopolavoro. Il terreno prospiciente le case di abitazione è stato adibito ad orti e giardini a disposizione del personale.

Il fabbricato della Centrale e le case di abitazione per il personale furono eseguite secondo i piani elaborati dal Dr. Ing. Eugenio Mollino di Torino.

B) FABBRICATO E FONDAZIONE.

Trovandosi l'impianto di tutte le turbine sotto il piano della sala-macchine, le fondazioni dovettero essere spinte alla profondità di 13 metri sotto il piano di campagna. Ciò richiese considerevoli lavori di scavo, per complessivamente ca. mc 50 000 in terreno per la massima parte alluvionale e di ghiaia compatta. Solamente nel tratto interessante il canale di fuga, si incontrò ad una certa profondità ancora la roccia. Per tenere asciutto lo scavo dalle abbondanti acque freatiche, vennero scavati due pozzi, uno a monte e uno a valle dello scavo, e 6 pompe centrifughe estrassero l'acqua per tutta la durata della costruzione. La massima portata constatata alle pompe fu di 600 litri/sec. Uno dei pozzi è stato mantenuto in azione e fornisce attualmente l'acqua di raffreddamento per i cuscinetti. Il fondo dello scavo venne sistemato con una platea di calcestruzzo di m 1 di spessore e su questa vennero gettate le fondazioni dell'edificio e dei macchinari.

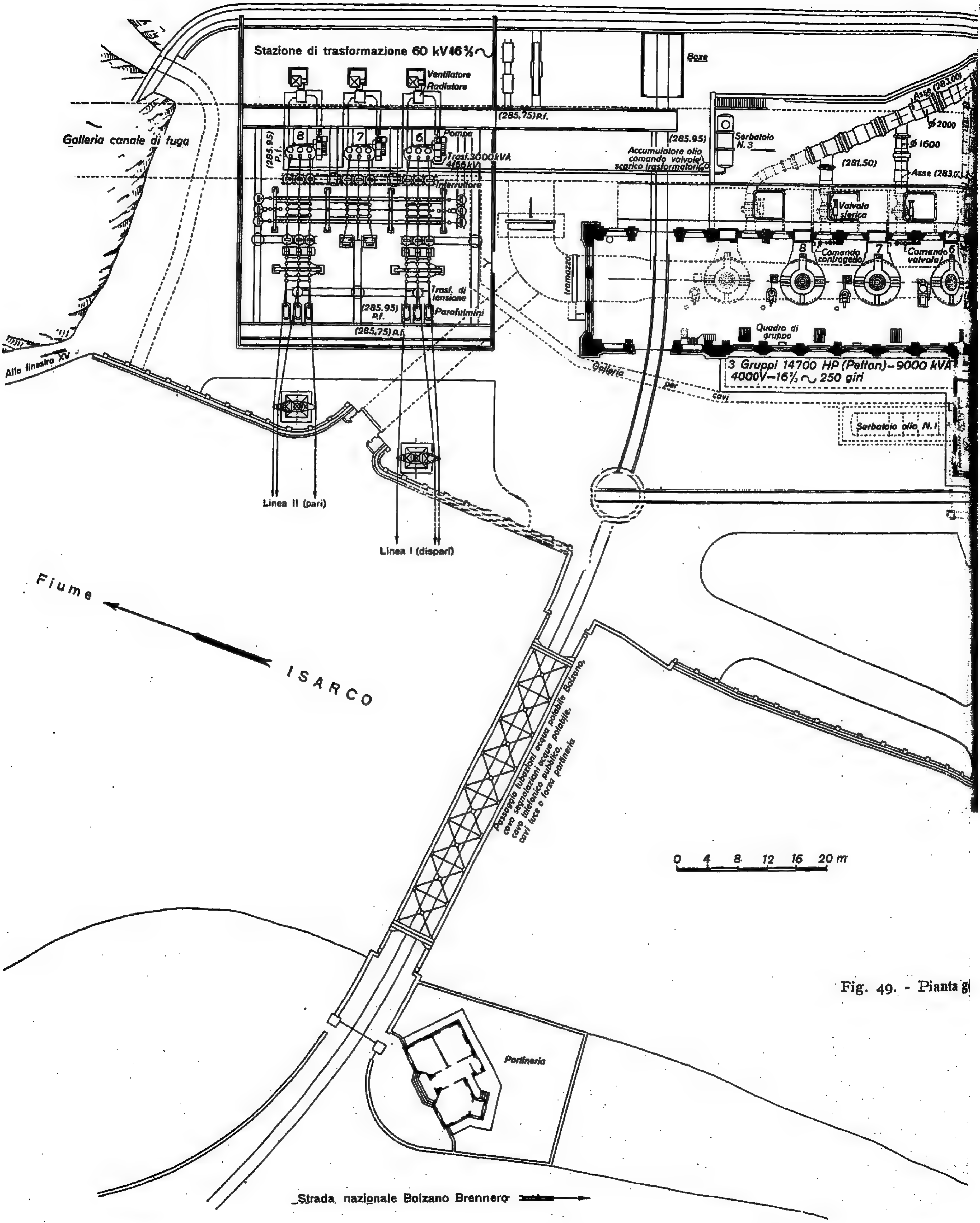
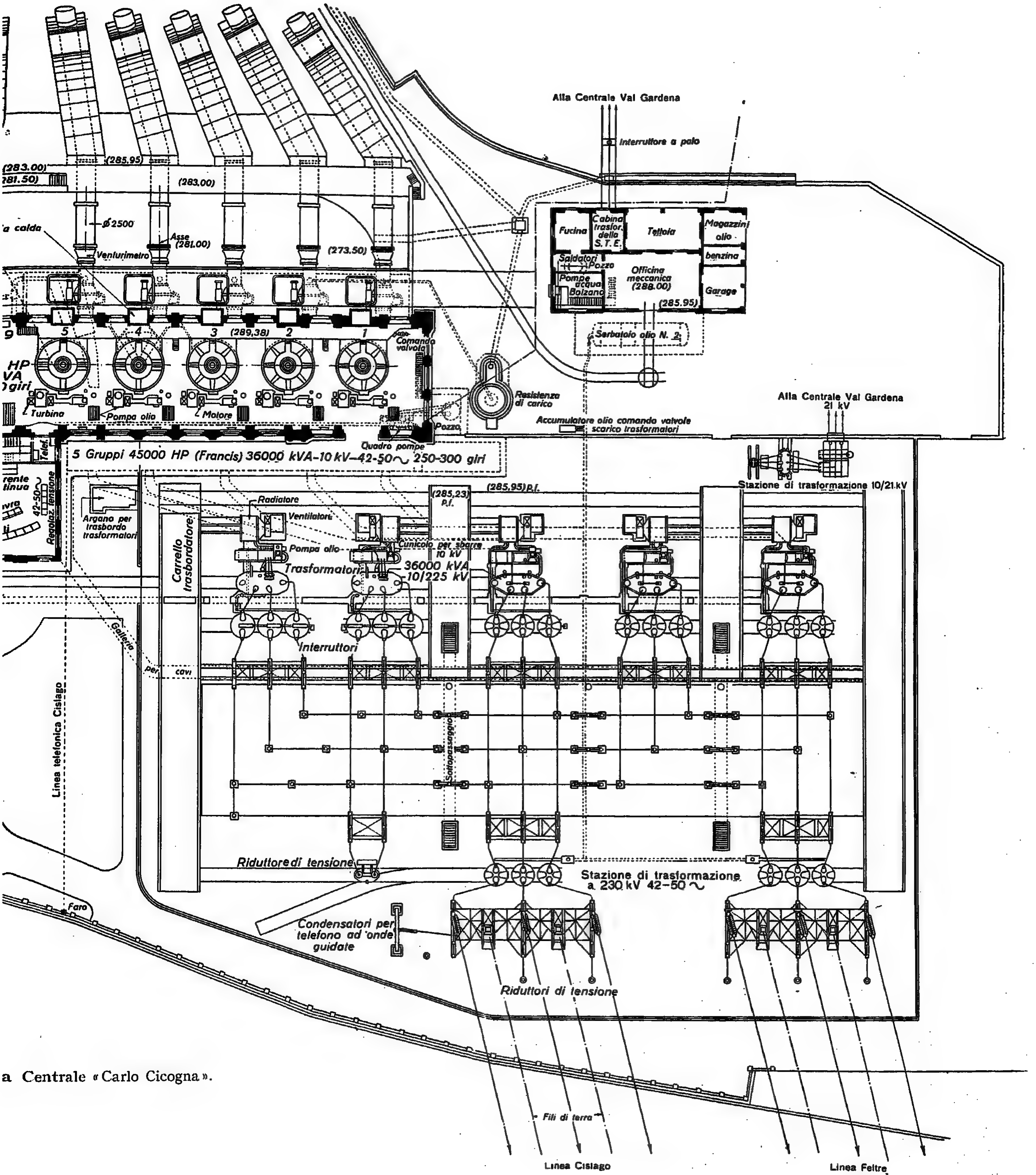


Fig. 49. - Pianta g

La fig. 50 *a*) rappresenta la sezione orizzontale a quota 275 in corrispondenza degli scarichi delle turbine Francis e degli scarichi sincroni.

I tubi di rivestimento in lamiera di ferro vennero annegati in costruzione, mentre invece per le spirali delle turbine, si dovettero lasciare dei vani verso il corridoio laterale, per poterle in-



a Centrale «Carlo Cicogna».

trodurre di fianco (fig. 50 *b*)). La parte delle fondazionide gli alternatori, sovrastante a detti vani, venne armata in ferro, per avere la possibilità di montare l'alternatore anche prima che fosse definitivamente murata la chiocciola della turbina. Dalla fig. 50 *c*) si può rilevare come venne messa a posto la chiocciola, attraversando il vano.

Assai più semplice fu l'esecuzione delle fondazioni dei gruppi di trazione. Come appare dalla pianta della fig. 49, un canale centrale raccoglie l'acqua di scarico delle ruote Pelton (nella pianta della fig. 50 *c*) è disegnato il pozzetto di comunicazione). All'uscita dalla Centrale è installato lo stramazzo, del quale si parlerà più avanti; dopo questo il canale piega a destra e imbocca nel canale generale di fuga (fig. 49); il canale centrale di fuga è coperto da una solida volta, sulla quale appoggiano direttamente i gruppi di trazione.

L'intero fabbricato della Centrale è visibile nella fotografia della fig. 51. Una sezione trasversale in corrispondenza dei gruppi a 42-50 periodi è riportata nella fig. 51: il fabbricato

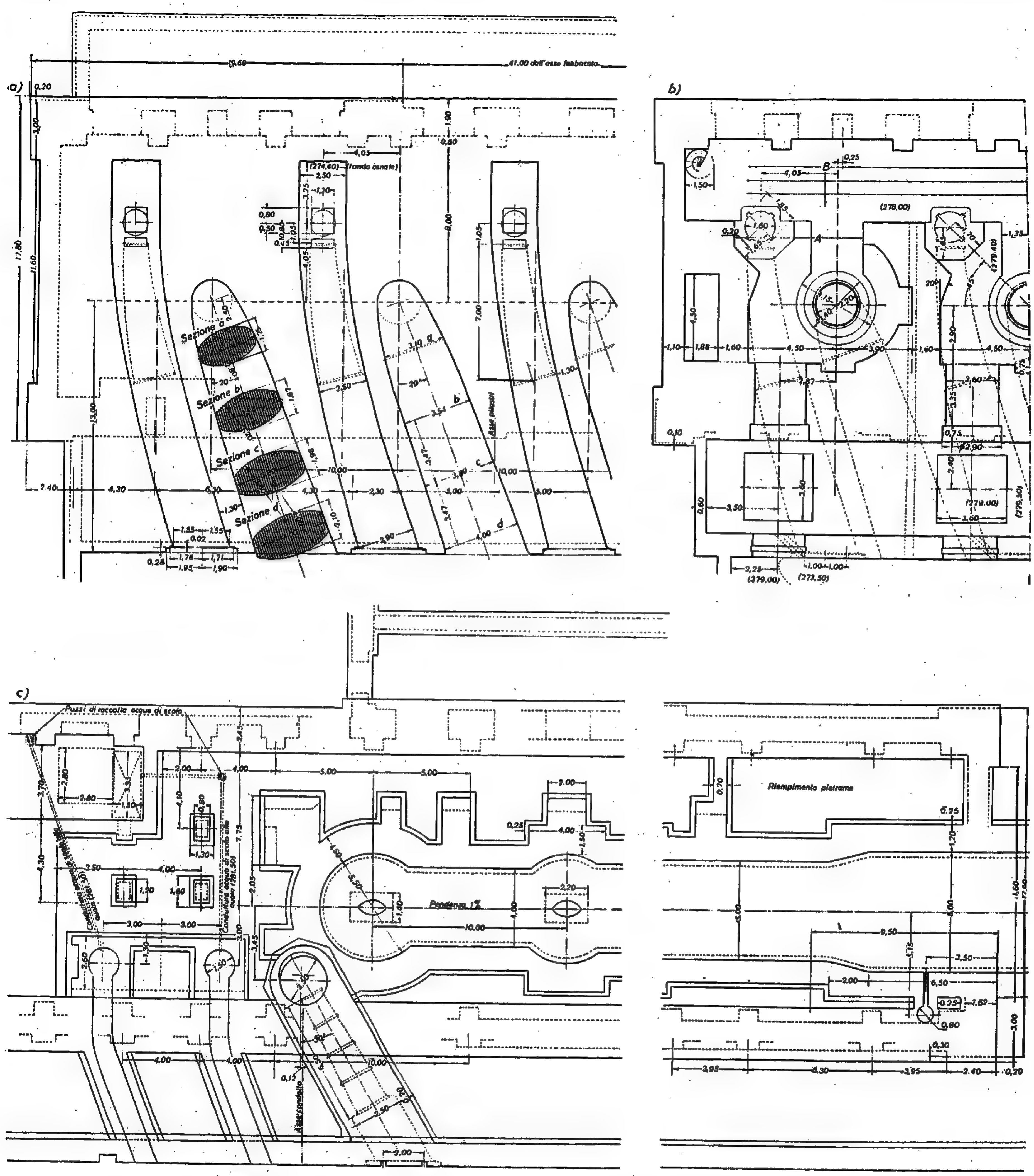


Fig. 50. - *a*) Pianta delle fondazioni in corrispondenza degli scarichi delle turbine Francis; *b*) pianta delle fondazioni in corrispondenza delle spirali (rilevare il vano *A* lasciato aperto per l'introduzione della spirale dal corridoio *B*); *c*) pianta delle fondazioni in corrispondenza delle turbine Pelton.

e la trave portante il piano di scorrimento della gru, sono in cemento armato e quest'ultima è divisa nella sua lunghezza in 3 parti da due fughe di dilatazione.

Il soffitto della Centrale è stato eseguito con laterizi forati (sistema Perret) portati da travature appese alle armature di coperto, ma da queste indipendenti.

Nel soffitto vennero praticate quattro grandi aperture con chiusura manovrabile dal piano di scorrimento della grue, aperture che, per essere in corrispondenza diretta di quattro abbaini aperti nel tetto, servono efficacemente alla ventilazione della sala.

La decorazione interna è stata eseguita con molta semplicità, lasciando completamente visibili le strutture e ricavando nei grandi pilastri di ossatura qualche riquadro e qualche graffito; un po' di decorazione è stata apportata alla parte centrale della parete corrispondente dell'avancorpo.

Uno zoccolo in lastre di marmo « olivello » assicura la pulizia delle pareti nella parte bassa, contribuendo nel contempo a

dare un aspetto alquanto proprio e distinto. La decorazione esterna è stata improntata alla struttura generale imposta dalla disposizione interna del macchinario; e così sopra uno zoccolo in pietra viva che giunge sino ai davanzali delle fine-

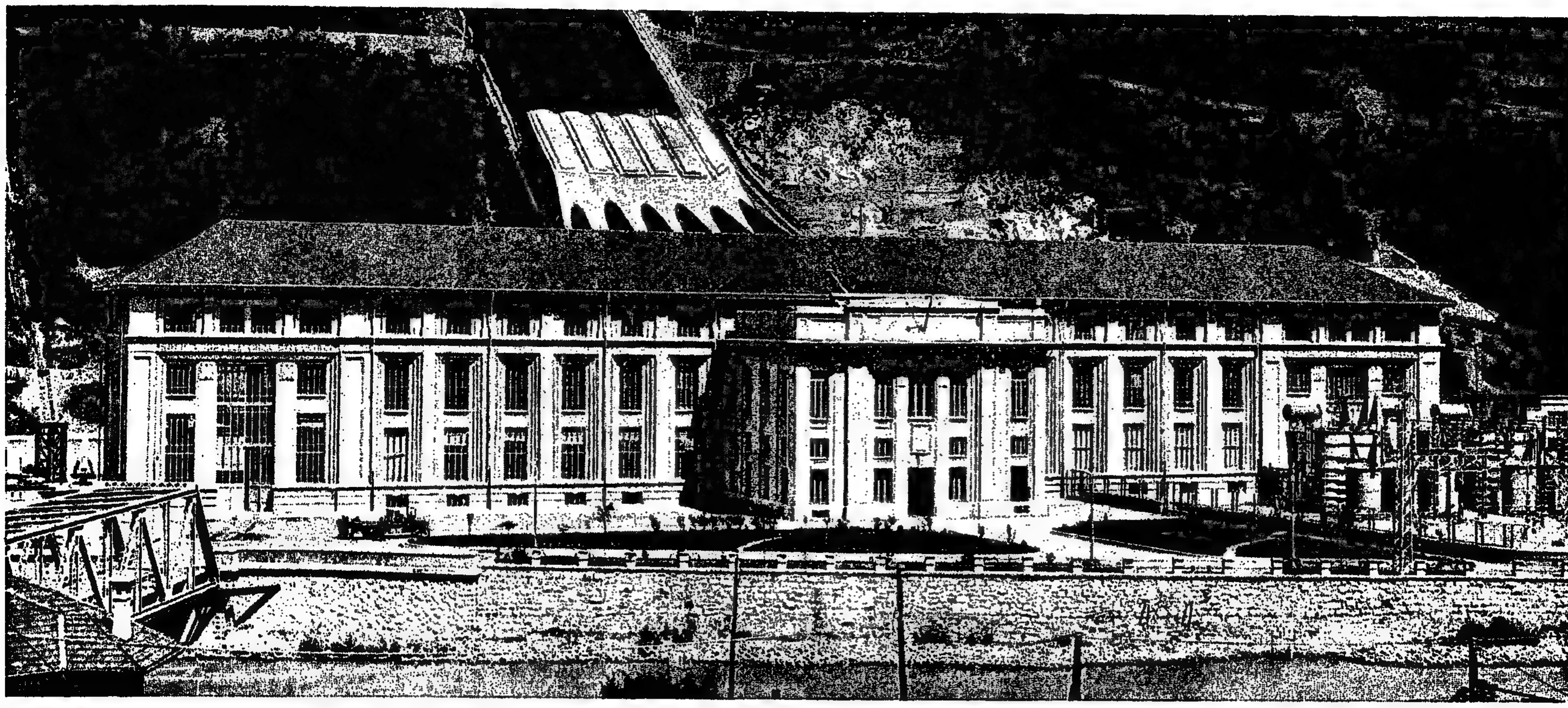


Fig. 51. - Veduta della Centrale « Carlo Cicogna ».

stre, si alzano le spalle delle aperture sino al piano di scorrimento della grue, e le aperture, suddivise per necessità tecniche e pratiche nel senso orizzontale in due parti, formano architettonicamente un solo vano, mentre le luci sopra il piano di scorrimento della grue formano un tutto unico col cornicione di coronamento. Si sono lasciate in evidenza le grandi aperture di estremità dell'edificio, aperture munite di vetrate in ferro, apribili a seconda della necessità o per una limitata altezza oppure, con speciali dispositivi ed accorgimenti, per tutta l'altezza di m 11, per rendere possibile l'introduzione nella Centrale dei grandi trasformatori.

Lo zoccolo è, come detto, in pietra e l'intonaco di tutte le restanti parti delle fronti, a semplici e larghe sagomature eseguite in malta di cemento e graniglia di marmo, al naturale, senza alcuna coloritura nè lavorazione di raspa o di martellina, che danno l'affidamento di una conservazione illimitata, pur non togliendo nulla alla grandiosità dell'edificio.

C) Macchinario idraulico.

1) Impianto per energia a scopi industriali (vedi fig. 52).

Data la notevole differenza tra il livello del canale di fuga e la quota naturale del terreno, l'installazione di turbine ad asse orizzontale, fino allora di preferenza adottate in Italia, presentava difficoltà notevoli, risultando un'altezza di aspirazione di 6 a 7 metri. Questa circostanza, e più ancora la prospettiva di un rendimento del 2 % superiore consigliarono l'adozione del tipo di turbina ad asse verticale.

Le 5 turbine Francis, rappresentate in sezione nella fig. 53 ed in sezioni varie ed in pianta nella fig. 54, sono state costruite per i seguenti dati: potenza massima HP 45 000, potenza normale HP 41 000, portata massima mc/sec 25, portata normale mc/sec 22,5, salto netto medio m 155, giri 252-300 per 42-50 periodi.

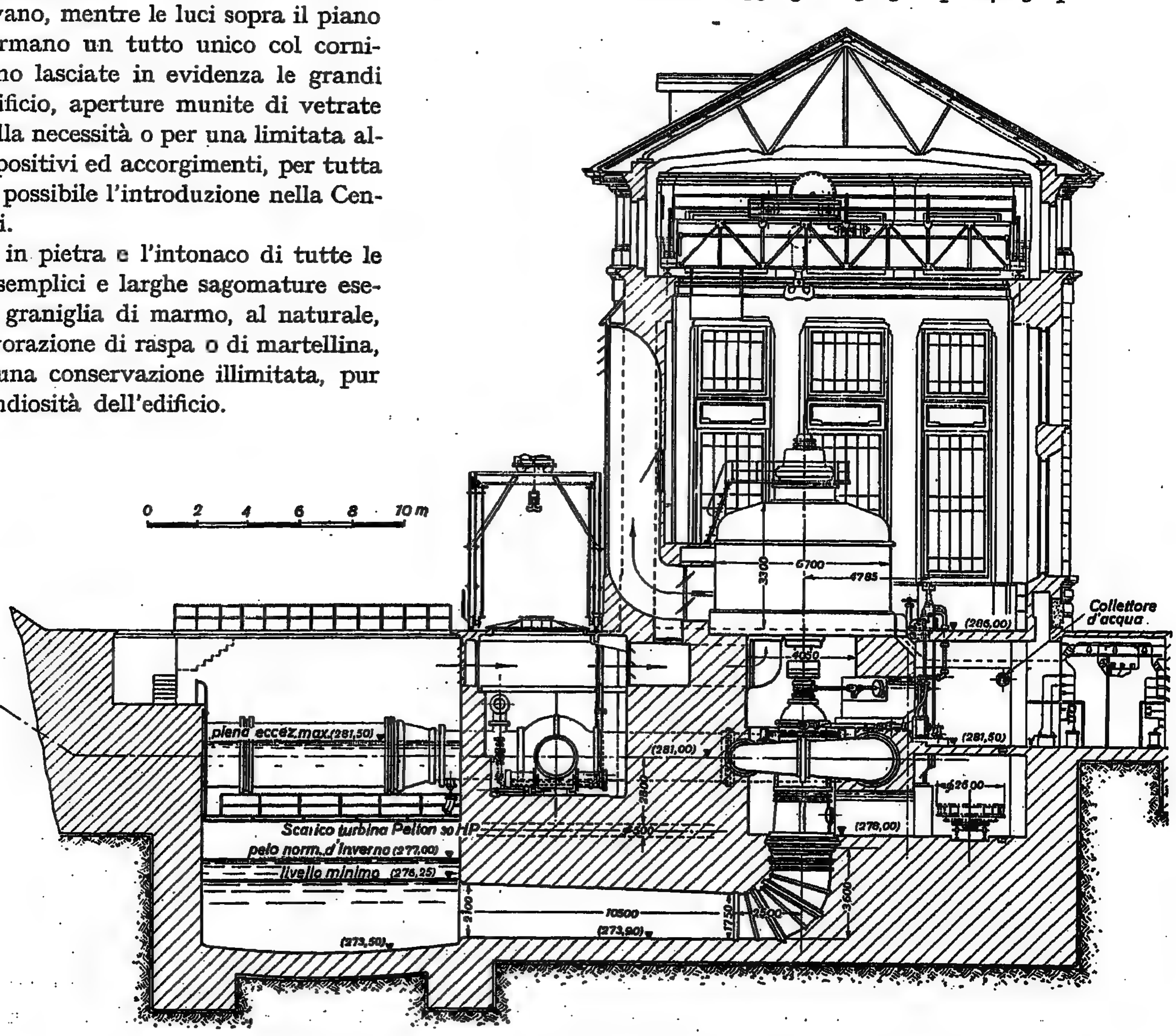


Fig. 52. - Sezione trasversale della Centrale in corrispondenza dei gruppi a 42-50 periodi.

Essendo la quota minima invernale nel canale di fuga di 277 s. l. m. e quella della ruota di 281, ne risulta un'aspirazione massima di m 4. In caso di piene eccezionali l'acqua raggiunge nel canale di fuga la quota massima di 281,50.

Il distributore è a sua volta costituito da un sistema di 20 pale fucinate in un sol pezzo con i rispettivi perni, il cui simultaneo moto di rotazione è comandato da un complesso di leve e bielle facenti capo all'anello di regolazione.

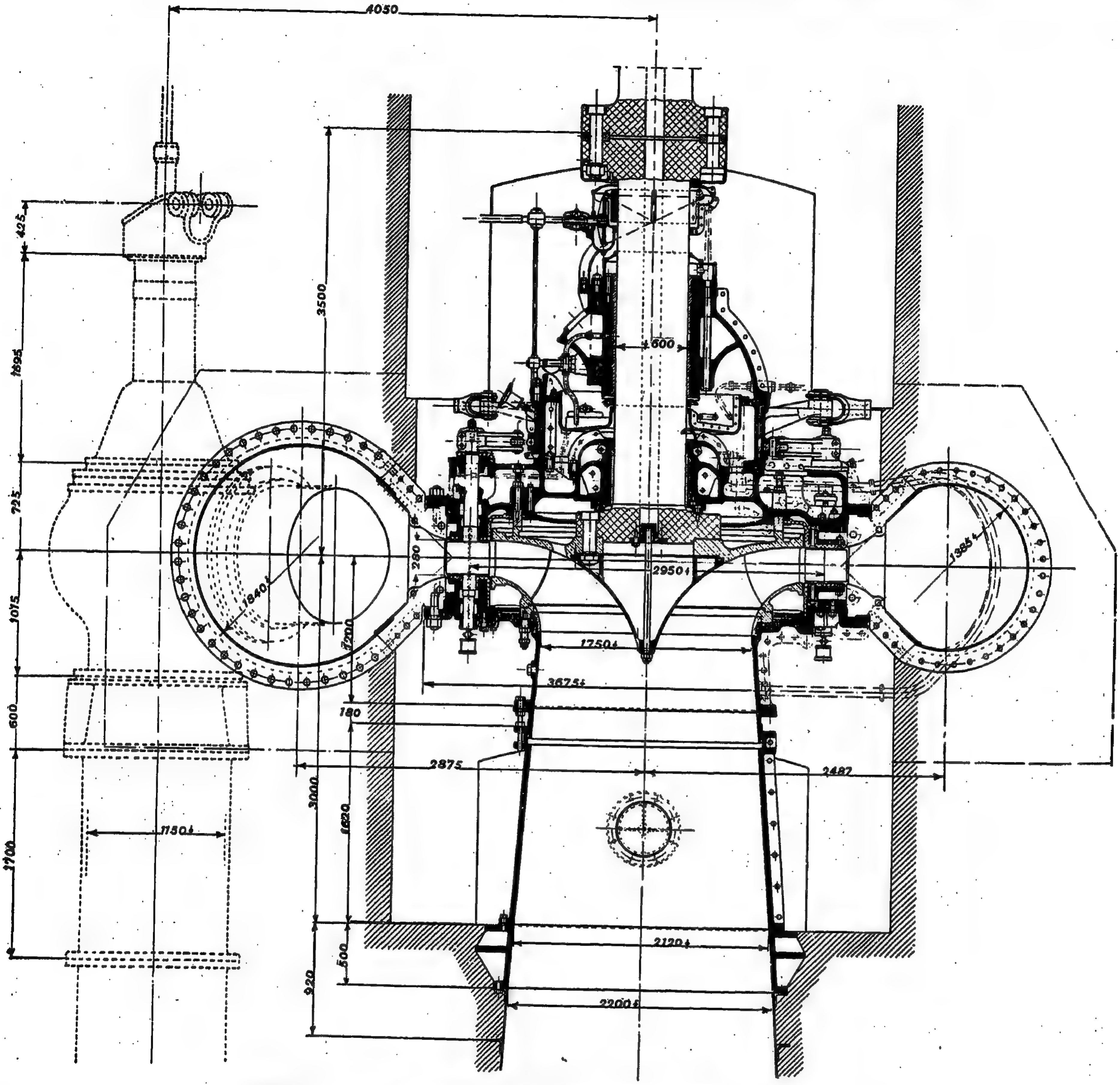


Fig. 53. - Sezione verticale di una delle turbine Francis da HP 45 000.

La camera forzata a spirale è annegata nel blocco delle fondazioni, mentre l'aspiratore, costituito da un tratto troncoconico verticale e da un tratto orizzontale a sezioni schiacciate, è rivestito in metallo sino alla fine del gomito di raccordo dei due rami.

La camera forzata (fig. 55) è costruita in robuste lamiere d'acciaio chiodate, divisa per necessità di trasporto in 4 settori (con piani di divisione a 90°), collegati fra di loro mediante flangie in acciaio fuso, e munita nella sua parte centrale di un anello pure in acciaio fuso, i cui collegamenti interni, opportunamente profilati, costituiscono il pre-distributore della turbina, contribuendo ad avviare l'acqua nella direzione e con la velocità più opportuna al distributore. La camera è stata provata in fabbrica alla pressione di 30 atm.

La ruota, fusa in bronzo, pesa kg 8000; essa è munita di cono d'accompagnamento, che si protende nel tubo aspirante, e di anelli di equilibratura della spinta assiale, ed è collegata a mezzo di bulloni calibrati alla flangia terminale inferiore dell'albero motore; può essere smontata ed estratta verso il basso quando si rimuova il primo tratto verticale del tubo aspirante, opportunamente diviso in 4 settori e preceduto da un apposito anello di smontaggio (fig. 56).

Come si vedrà più avanti lo smontaggio della ruota può anche essere effettuato dall'alto, asportando il rotore dell'alternatore.

Tutti i coperchi sono muniti di fodere ricambiabili; la costruzione di quelli superiori permette di smontare agevolmente i premistoppa dei perni del distributore e di cambiare la guarnizione. Sugli stessi coperchi superiori è montato, con larga base

di appoggio, il sopporto di guida, la cui lubrificazione è assicurata per mezzo di una pompetta ad ingranaggi montata sul sopporto stesso ed aspirante l'olio da un sottostante serbatoio. Il funzionamento della pompetta è controllabile al piano superiore a mezzo di un indicatore installato sulla colonnetta dei manometri.

Il peso delle parti rotanti della turbina, dell'alternatore e dell'eccitatrice, aumentato della spinta idraulica sulla ruota (un complesso di ca. 200 t in condizioni normali di funzionamento) è portato dal perno di sospensione del tipo Michell a blocchetti oscillanti, montato sulla crociera superiore dell'alternatore (al disotto dell'eccitatrice), nell'interno di una capace vasca piena d'olio, opportunamente mantenuto a bassa temperatura da un energico sistema di raffreddamento. L'acqua di raffreddamento è normalmente fornita da una pompa centrifuga che l'aspira da uno dei due pozzi costruiti per tenere

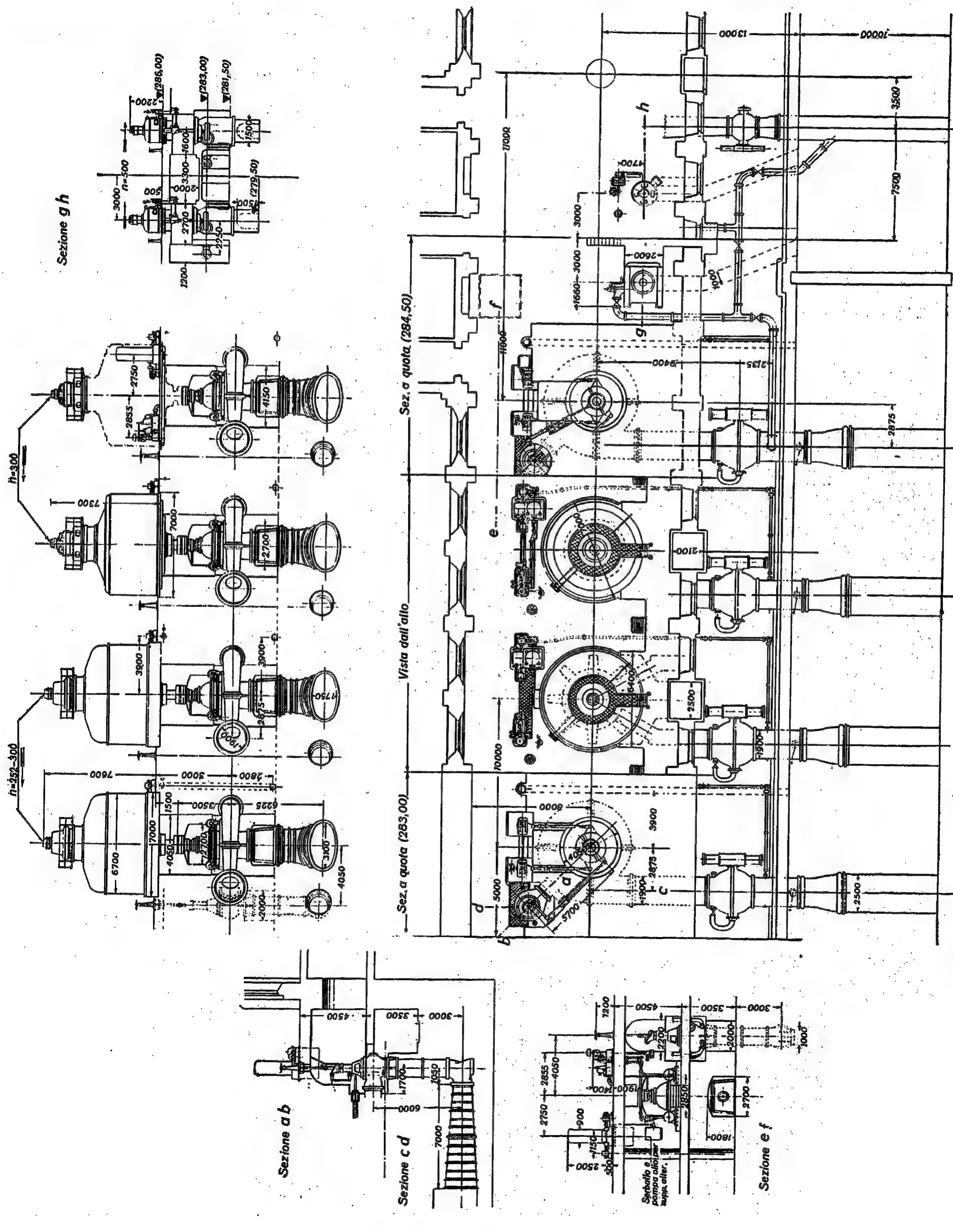


Fig. 54. - Sezioni e pianta delle 5 turbine Francis da HP 45 000 e delle 2 Pelton da HP 500.

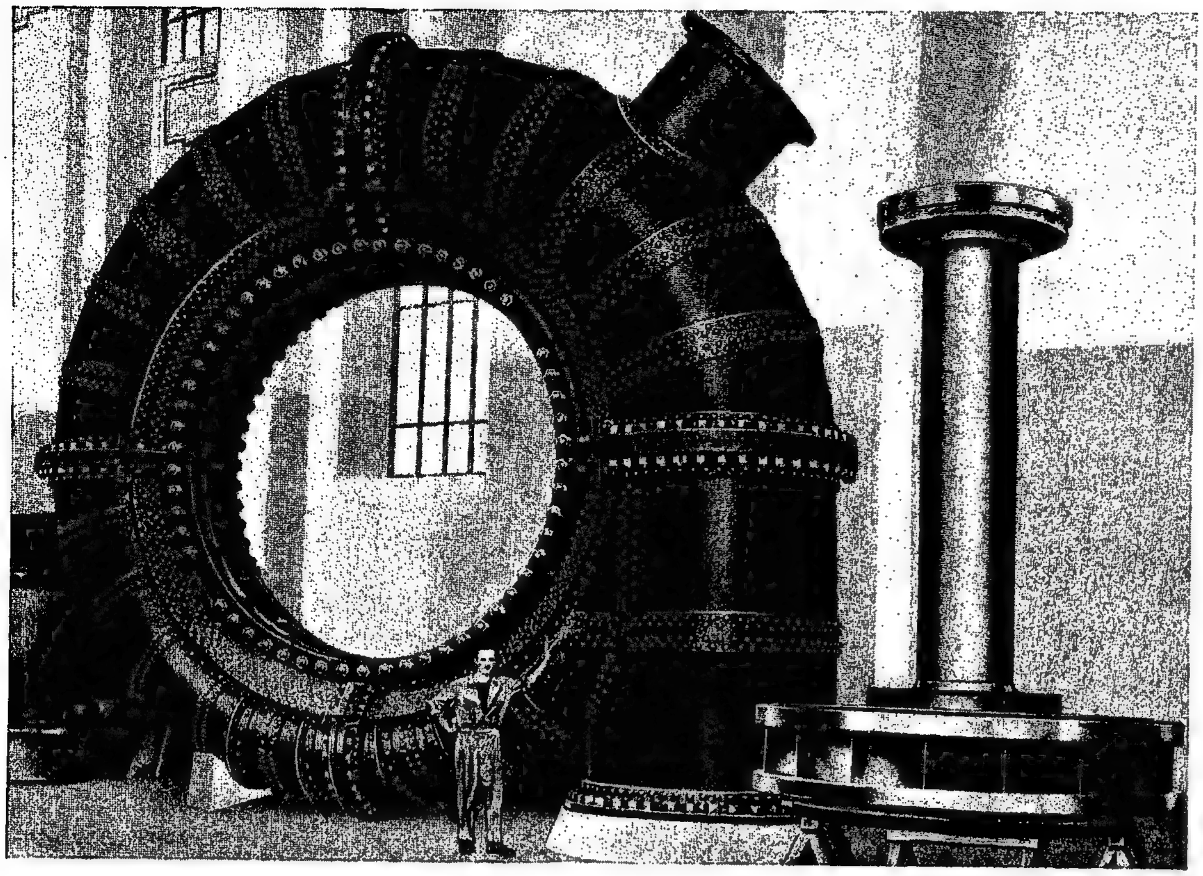


Fig. 55. - Camera a spirale di una delle turbine Francis da HP 45 000.

asciutto lo scavo della Centrale durante la costruzione. Una valvola automatica commuta la derivazione di raffreddamento del completo gruppo turbina-alternatore su una presa diretta della tubazione forzata, qualora dovesse fermarsi la pompa, e la riinserisce sulla pompa quando questa ritorna nuovamente in funzione. Al piano superiore è controllabile quale dei due sistemi è in funzione.

Su di un fianco della camera a spirale, all'incirca di fronte all'imbocco della stessa, si apre la bocca d'attacco del corpo dello scarico sincrono, la cui valvola, comandata dal regolatore attraverso un distributore ed un servomotore idraulico, deve aprirsi rapidamente all'atto della chiusura della turbina, per richiudersi poi lentamente, con moto frenato da un apposito dispositivo a cateratta, dopo aver dato libero passaggio alla massa d'acqua che non ha potuto liberamente fluire attraverso le pale del distributore.

Il comando dello scarico sincrono può essere effettuato a mano a mezzo di colonnetta di manovra collocata nel superiore locale degli alternatori.

Il canale di scarico della valvola sincrona, costituito da un tratto verticale, un gomito ed un tratto orizzontale, è completamente rivestito in metallo.

L'albero motore comanda, attraverso una coppia di ingranaggi cilindrici e una seconda coppia conica, il contralbero di comando del pendolo del regolatore. Il sistema è studiato in modo da essere reso indipendente dagli allungamenti che l'albero motore subisce per effetto degli sbalzi di temperatura a cui è inevitabilmente sottoposto.

Il complesso degli organi costituenti il regolatore, che è del tipo a pressione costante con accumulatore d'olio a campana d'aria, è collocato, nella sua quasi totalità, nella sala superiore della Centrale, di fianco alle carcasse degli alternatori. Su di un apposito basamento sono montati il pendolo a forza centrifuga (col relativo cambio di velocità), il distributore a flotteur, il relais col dispositivo di compensazione automatica della staticità ed i relativi organi di collegamento e comando (fig. 57). Il cambio della velocità corrispondente alle due periodicità 42-50 avviene modificando il rapporto della trasmissione tra l'albero motore ed il pendolo.

Nell'interno di un secondo basamento, sormontato dalla cassa d'aria cilindrica in lamiera di acciaio, ed inferiormente prolungantesi, al disotto del pavimento della Centrale, in un ampio serbatoio riempito di olio e munito di sistema di raffreddamento, è alloggiata la pompa principale del regolatore, del tipo rotativo ad alette (fig. 58), comandata da una turbinetta Pelton di circa 30 HP, con tubazione propria derivata, a monte della valvola sferica, dalla tubazione forzata; oppure, in caso di mancato funzionamento di quest'ultima, da un motore elettrico della stessa potenza. La trasmissione del moto avviene a mezzo di catene calibrate che permettono alla pompa di marciare a circa 500 giri. La portata di tale pompa si aggira intorno agli 8 l/sec e la pressione normale dell'olio nell'interno della cassa d'aria è di 10÷12 atm.

Nel corridoio longitunale che corre sotto la sala degli alternatori ed in prossimità di ciascuna spirale, sono montati i due servomotori di comando dell'anello di regolazione, alimentati dall'olio in pressione proveniente dalla cassa d'aria e adibiti alla manovra delle pale del distributore (v. fig. 54).

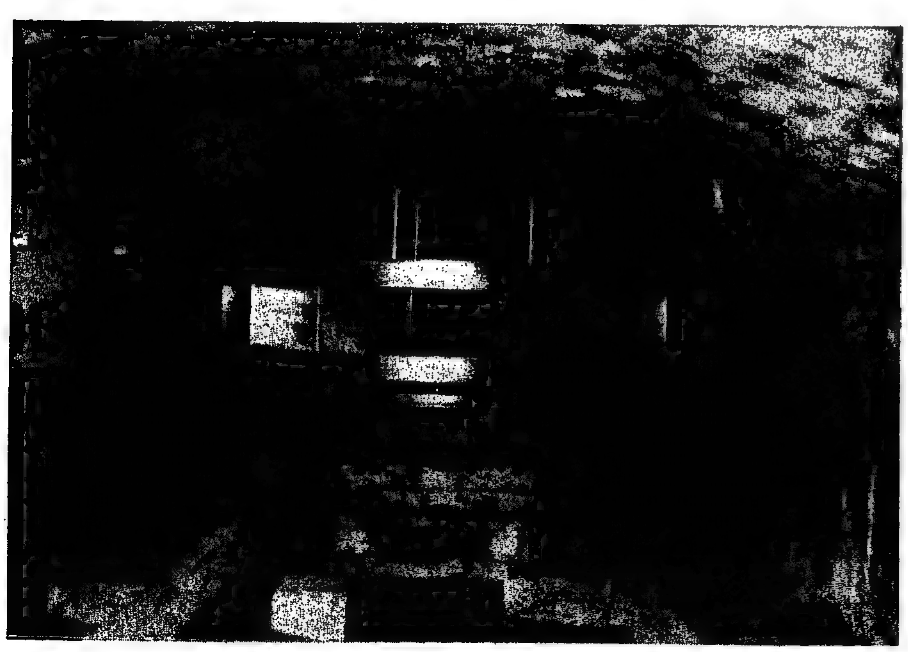


Fig. 56. - Smontaggio dal basso della ruota di una Francis.

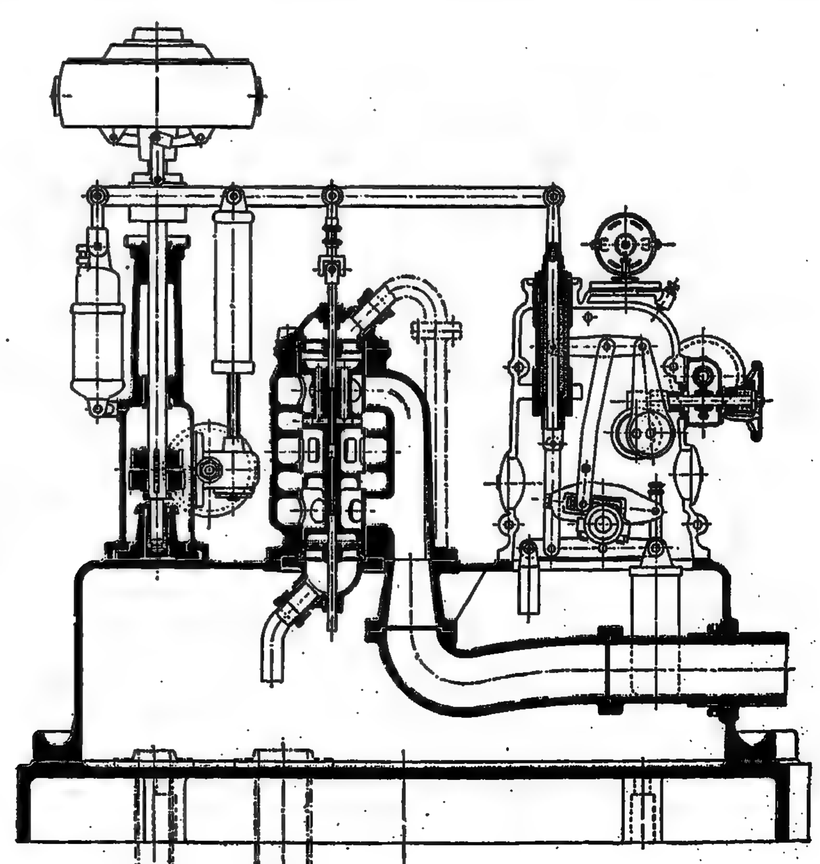


Fig. 57. - Regolatore di velocità delle turbine Francis.

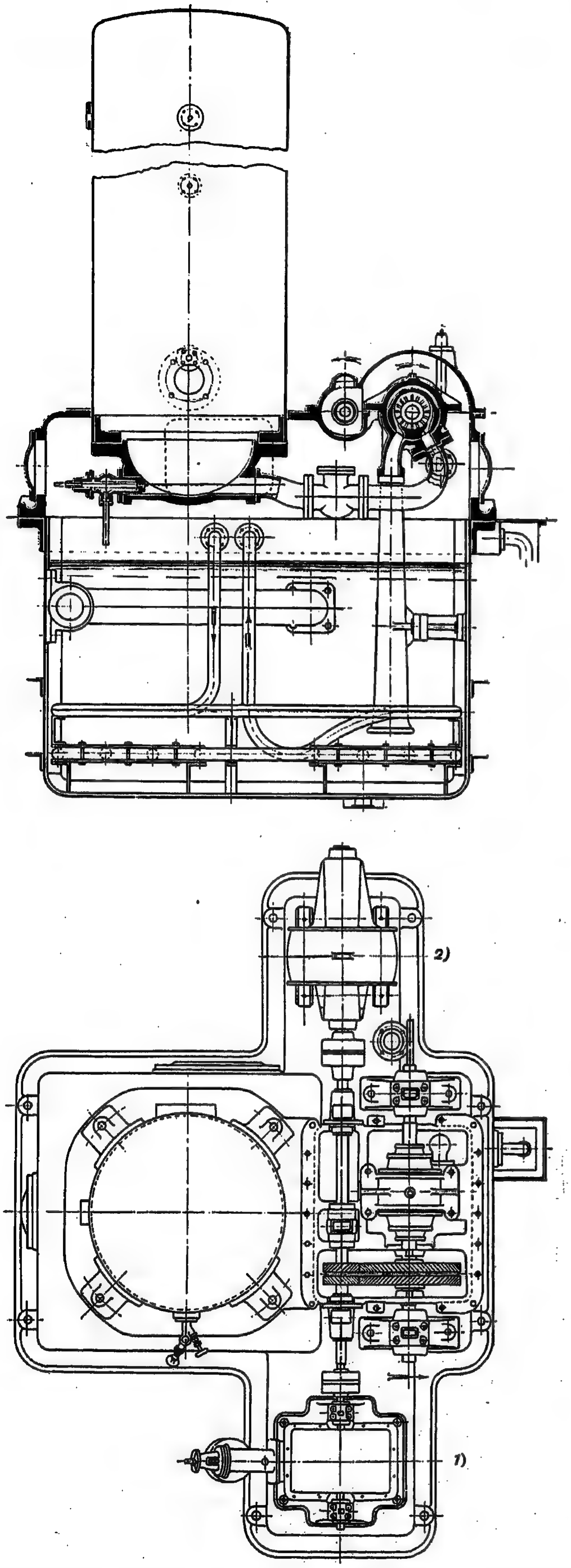


Fig. 58. - Pompa d'olio del regolatore delle turbine Francis, comandata da una Pelton di 30 HP 1) o da un motore elettrico di riserva 2) della stessa potenza.

Ogni gruppo è munito di tutti gli strumenti di misura necessari per la lettura della pressione, della velocità, del grado di vuoto, della temperatura dei sopporti, ecc.

Sono inoltre previsti due dispositivi di sicurezza atti a garantire la fermata del gruppo nel caso in cui questo per un motivo qualsiasi tenda a sfuggire. Uno dei dispositivi provoca in tale evenienza la chiusura del distributore, l'altro, entrando in funzione a velocità superiore, provoca invece la chiusura della valvola sferica di intercettazione.

L'albero della turbina, del diametro di mm 600 ha l'estremità superiore flangiata per l'accoppiamento con quello dell'alternatore pure flangiato. Tra le due flangie è inserito un anello di spessore in due pezzi facilmente smontabili, il che permette di fare girare l'alternatore da solo come motore sincrono per la determinazione del rendimento.

Il peso totale di una turbina è di 220 t.

Rendimenti.

Per la determinazione dei rendimenti un gruppo venne caricato con una resistenza ad acqua che permise di variare il carico a volontà sino ad un massimo di 33 000 kW.

Per stabilire la potenza resa all'albero della turbina si moltiplicò l'energia misurata ai morsetti dell'alternatore col valore reciproco del rendimento convenzionale dell'alternatore in base alle Norme A.E.I. 1922, diminuito dell'1% assoluto a pieno carico per tenere conto delle perdite non misurabili.

L'acqua venne misurata mediante l'impianto di mulinelli già descritto; trovandosi però questo alla distanza di m 600 dalle turbine, si dovette anzitutto determinare la quantità d'acqua di infiltrazione nella galleria di restituzione, onde poterne tenere debitamente conto. La misura fu facile: si chiusero le paratoie al termine del canale di fuga e si abbassò il livello nel canale con le pompe di prosciugamento, osservando in seguito di quanto si alzava il pelo (con le pompe ferme e tutte le tubazioni chiuse) in un dato tempo. Il risultato si constatò praticamente identico a quello ottenuto con un altro metodo, e cioè misurando le infiltrazioni mediante stramazzo al termine del canale di fuga, dopo preventivo completo vuotamento.

Una volta regolato il carico delle turbine al valore desiderato, si bloccò il regolatore, perchè non potesse più avvenire nessuna variazione nel deflusso dell'acqua. Solo dopo 10 minuti di regime costante si iniziarono le letture del carico e dei mulinelli, come descritto a pag. 988.

La differenza massima riscontrata nelle misure ripetute per lo stesso punto di carico, risultò solo di 1,5 % tra i valori massimo e minimo rilevati, il che prova che le misure eseguite danno affidamento di esattezza. Il massimo rendimento verificato in due punti toccò il 92 %; per le curve definitive si tenne conto della media aritmetica dei vari valori di uno stesso punto.

I rendimenti medii ottenuti con la ruota costruita per ambo le velocità corrispondenti a 42 e a 50 periodi, sono illustrati nei diagrammi della fig. 59 *a* per il funzionamento a 50 periodi e della fig. 59 *b* per 42 periodi.

Per comodità i risultati sono raggruppati nella seguente tabella:

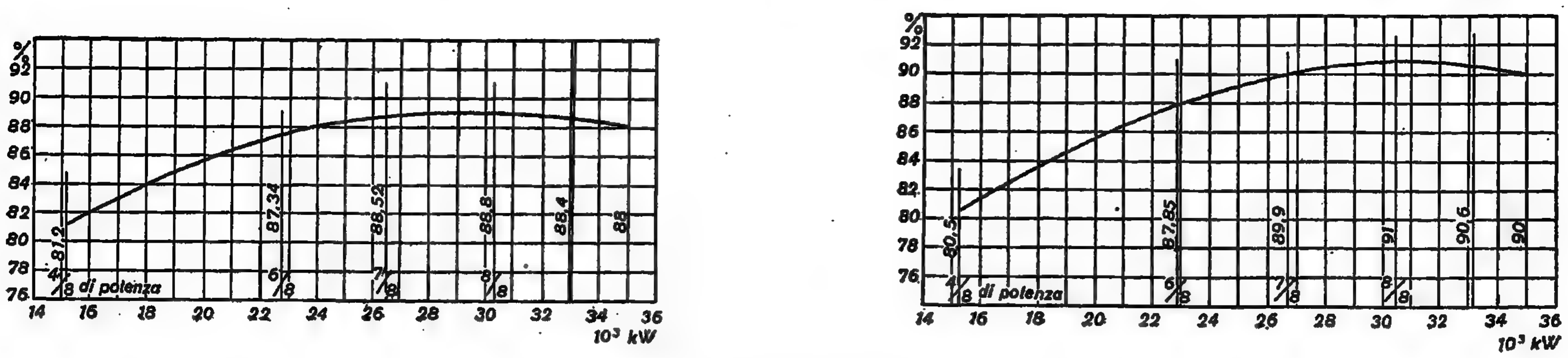
Grado di carico	Potenza all'asse in kW	Rendimenti in % a periodi	
		50	42
23/20(*)	35 000	90	88
11/10	33 000	90,6	88,4
1/1	30 500	91	88,8
7/8	26 650	89,9	88,5
6/8	22 900	87,85	87,5
4/8	15 250	80,5	81,2

(*) Distributore tutto aperto.

Nelle perdite a carico della turbina è compresa l'acqua occorrente per la turbinetta di 30 HP azionante la pompa d'olio, ed è esclusa invece l'energia assorbita dalla piletta.

2) Impianto per energia per la trazione elettrica.

La fornitura di energia per esercizio di una linea ferroviaria di relativamente breve percorso, quale la Bolzano-Brennero (di 80 km), imponeva al costruttore delle turbine delle condi-



a) b)

Fig. 59. - Diagrammi di rendimento delle turbine Francis da HP 45 000: *a*) a 42 periodi; *b*) a 50 periodi.

zioni assai difficili da soddisfare per il fatto che si ripetono con relativa frequenza periodi di carico nullo (perchè non vi sono treni in circolazione) e perchè a causa delle fortissime pendenze della linea il carico massimo di punta arriva fino al settuplo del carico medio, rapporto estremanente elevato.

Ambedue queste circostanze escludevano l' impiego di turbine Francis, vantaggiosamente adottate in altri impianti per il servizio di trazione elettrica, ed imponevano invece il tipo Pelton.

Vennero quindi installati tre gruppi uguali (di cui uno di riserva) ad asse verticale ed a getti multipli, corrispondenti ai seguenti dati principali:

caduta netta	m	152
portata	l/sec	9 500
potenza massima	HP	14 700
giri		250

Le tre turbine non sono di costruzione identica, poichè quelle dei gruppi 7 e 8 vennero commesse ad un fornitore e quella del gruppo 6 ad un altro.

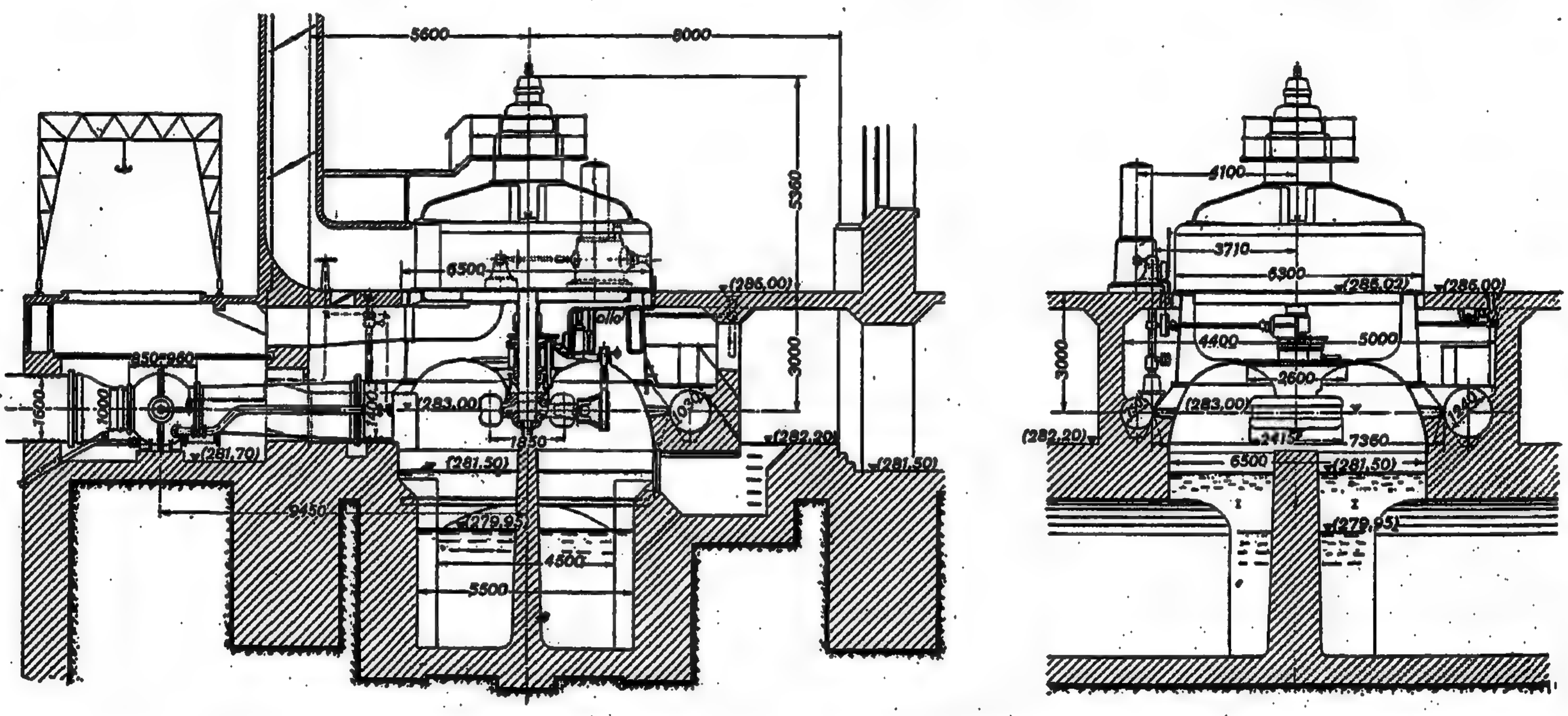
Ogni turbina è accoppiata ad un alternatore della potenza di 9000 kVA.

Tenendo conto della caduta relativamente bassa in rapporto al notevole volume d'acqua ed alla elevata velocità specifica della ruota, i due costruttori delle turbine seguirono due vie differenti per porre la macchina nelle migliori condizioni idrauliche possibili agli effetti dei rendimenti, ottenendo ambedue il risultato molto soddisfacente che al carico medio normale (tolte le punte) di ca. HP 2500 il rendimento è già l'80 % ca.

Le costruzioni sono differenti, in quantochè uno dei costruttori ha adottato 4 getti con deviatori a tegolo, mentre l'altro ha preferito 5 getti ed ha sostituito i deviatori con uno scarico sincrono.

Le ruote sono poste a quota 283 cioè soltanto a ca. m. 1,50 sopra la quota massima del pelo d'acqua del canale di fuga. Per evitare che il funzionamento repentino dello scarico sincrono abbia a provocare delle ondate d'acqua che possono investire la ruota, si è stabilito di farlo sboccare nel canale di fuga generale delle turbine Francis.

Nei rimanenti dettagli i due gruppi sono pressochè uguali (ved. figg. 60 *a*), *b*), *c*), 61 *a*), *b*), 62 *a*), *b*) e 63). Una piccola differenza è nel numero di pale, che in una ruota (quella dei gruppi 7, 8) è di 20 pale, nell'altra è di 22. Ogni ruota forma un



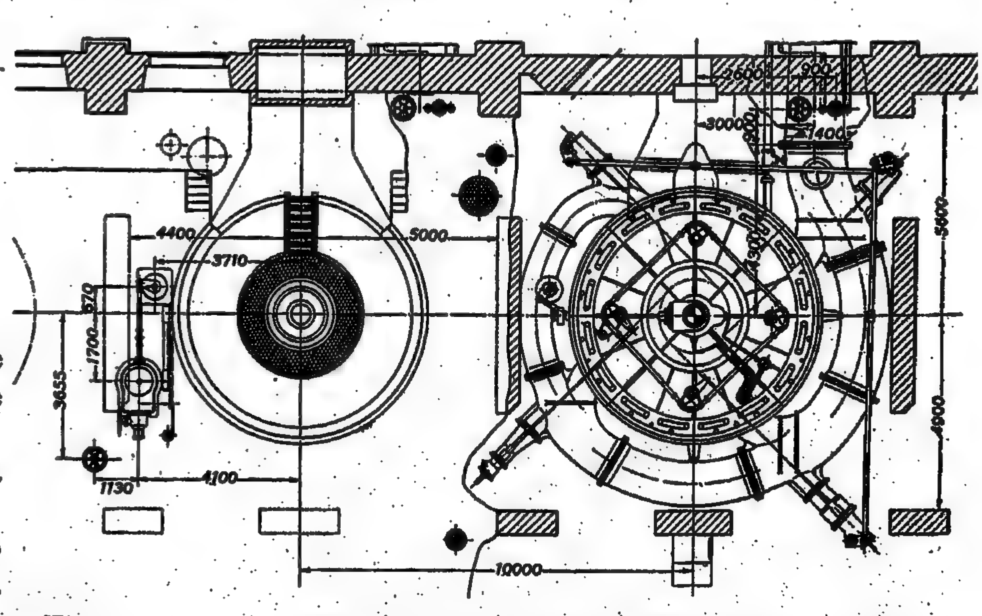
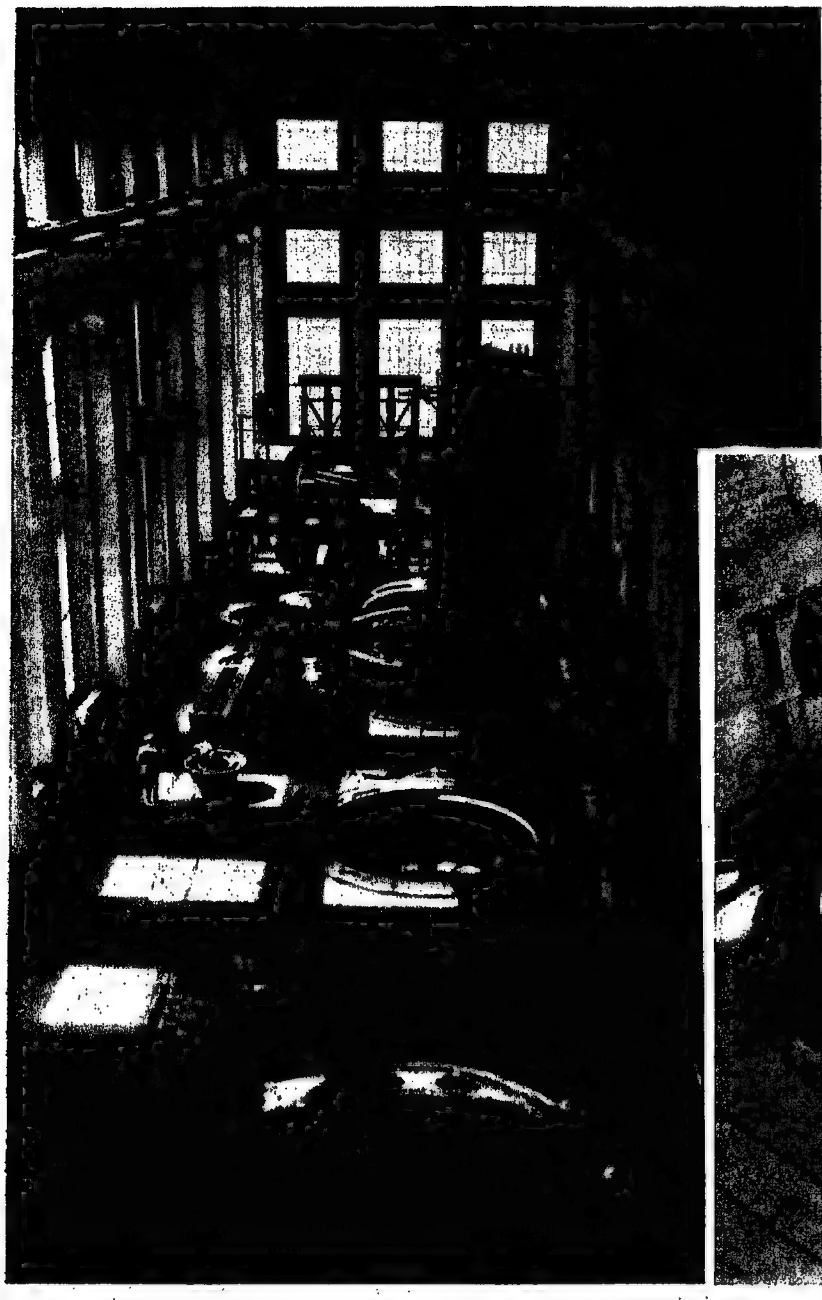


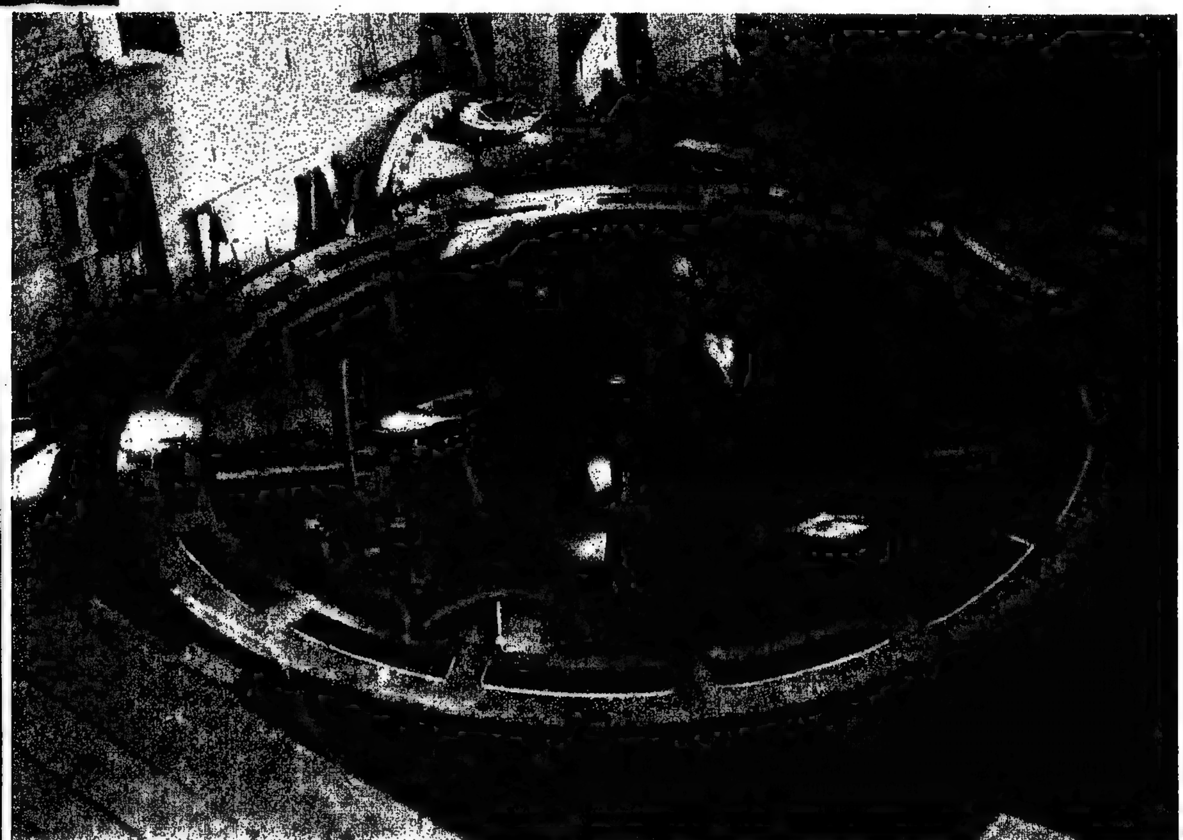
Fig. 60 *a*) e *b*). - Sezioni verticali della turbina Pelton 7 da HP 15 000; *c*) pianta e sezione orizzontale al disopra degli ugelli della stessa turbina.

sol pezzo col disco e col mozzo ed è calettata all'estremità inferiore dell'albero comune alla motrice ed al generatore, che gira in due soli supporti di guida, uno facente parte della turbina e l'altro dell'alternatore, ed è sorretta da un supporto portante montato sulla crociera superiore dell'alternatore.

Per facilitare lo smontaggio della piletta, si può fare appoggiare l'albero sul pilastro eretto appositamente sotto di esso. Il

supporto portante, che fa parte della fornitura dell'alternatore, è del tipo a settori sorretti da molle ed è raffreddato con acqua circolante nella vasca dell'olio; l'olio a sua volta è messo in circolazione dal piatto stesso, per forza centrifuga. Alla lubrificazione dei due cuscinetti di guida provvede invece una apposita





Figg. 61 *a*), *b*). - Turbine Pelton durante il montaggio.

pompa che aspira l'olio da un serbatoio disposto nel coperchio della turbina e lo spinge attraverso un serpentino di raffreddamento nel serbatoio superiore (v. fig. 64); ivi l'olio attraversa una rete filtrante e si ripartisce attraverso due tubazioni distinte sui due cuscinetti, ritornando alla vasca inferiore.

Per l'avviamento si preleva l'olio da un serbatoio di riserva, aprendo i due rubinetti bypass. Appena avviato il gruppo i rubinetti vengono chiusi ed il serbatoio di riserva si riempie automaticamente; la pompa è azionata dall'albero principale mediante coppia di ruote d'ingranaggio.

L'acqua di raffreddamento per tutto il gruppo è presa dalla valvola commutatrice automatica, già descritta.

L'alternatore è sorretto da una incastellatura metallica che appoggia direttamente sulla cassa della turbina, assicurando al complesso la più grande compattezza e rigidità. Si accede all'albero motore, ai supporti, agli organi di trasmissione azionanti il regolatore di velocità attraverso ampie aperture praticate nell'incastellatura stessa.

Questa, nella parte superiore, è inoltre immurata nella soletta in cemento armato che forma il piano della sala-macchine, al fine di aumentarne la resistenza ai momenti di torsione. Il regolatore di velocità (e la relativa pompa d'olio) è installato nella sala macchine di fianco all'alternatore ed è azionato a mezzo di trasmissione a cinghie da un contr'albero, a sua volta comandato dall'albero-motore attraverso una coppia di ingranaggi conici. Nelle turbine a 4 getti una seconda coppia di ingranaggi cilindrici è interposta tra l'ingranaggio conico e l'albero motore, onde permettere a quest'ultimo la libera dilatazione dovuta al riscaldamento.

Tutti e tre i gruppi sono muniti di contro-getto per l'arresto in ca. 5 minuti primi.

S'intende che anche per i gruppi di trazione, tutti i comandi delle valvole di intercettazione e di riempimento delle chiocciole, gli organi per l'avviamento del gruppo, gli strumenti di controllo della pressione, della circolazione dell'olio e dell'acqua, si trovano installati nella sala-macchine vicino al gruppo stesso.

Regolatori di velocità delle turbine a 4 getti.

Allo scopo di ottenere dei buoni rendimenti per tutte le potenze comprese fra HP 2000 e quella massima di HP 14 700, si adottò una regolazione speciale della portata dei singoli getti in modo da rendere possibile il funzionamento nei modi sottoindicati, per ciascuno dei quali la portata dei getti può assumere tutti i valori fra lo zero ed il massimo in rapporto al carico della turbina:

a) con solo tre getti;

b) con tutti e quattro i getti;

c) con regolazione successiva, e cioè, con tre getti ad egual portata e il quarto che entra in azione appena il carico della turbina aumenta e la portata degli altri tre getti ha raggiunto un determinato valore; dopo di ciò se si ha un ulteriore aumento del carico della turbina, è la portata del quarto getto che cresce più rapidamente di quelle degli altri tre, stabilendo contemporaneamente in essi la portata massima.

La regolazione della portata della turbina in funzione del carico viene effettuata dal regolatore ad olio tipo speciale, a pressione costante, per servizio di trazione elettrica (v. fig. 65).

Una pompa ad ingranaggi montata sul cassone-base del regolatore, che serve contemporaneamente da serbatoio per l'olio, manda l'olio nella grande cassa cilindrica situata sopra il cassone che, contenendo nella parte superiore un cuscino d'aria compressa dall'olio in pressione, serve da accumulatore di olio in pressione. Da questa cosidetta « cassa d'aria », durante la regolazione della turbina, l'olio viene spinto nei tre servomotori: due di questi sono disposti sulla stessa turbina e ser-

vono alla regolazione della portata; un terzo si trova sul cassone del regolatore ed aziona i tegoli deviatori. Sul cassone del regolatore è anche montato il pendolo che, reagendo prontamente alle variazioni di carico, fa entrare in azione i servomotori anzidetti mantenendo alla turbina il numero di giri prescritto. La velocità della turbina può venire variata a seconda delle esigenze del servizio, mediante l'azione del cosidetto variagiri, montato sul pendolo e manovrabile sia a mano che elettricamente dal quadro. Un apposito dispositivo, manovrabile anche durante l'esercizio, permette di variare il cosidetto grado di irregolarità, cioè la differenza di velocità della turbina fra il pieno carico e la corsa a vuoto. Il pendolo è munito inoltre di un limitatore del carico e di un dispositivo di chiusura automatica della turbina nel caso di caduta della cinghia di comando.

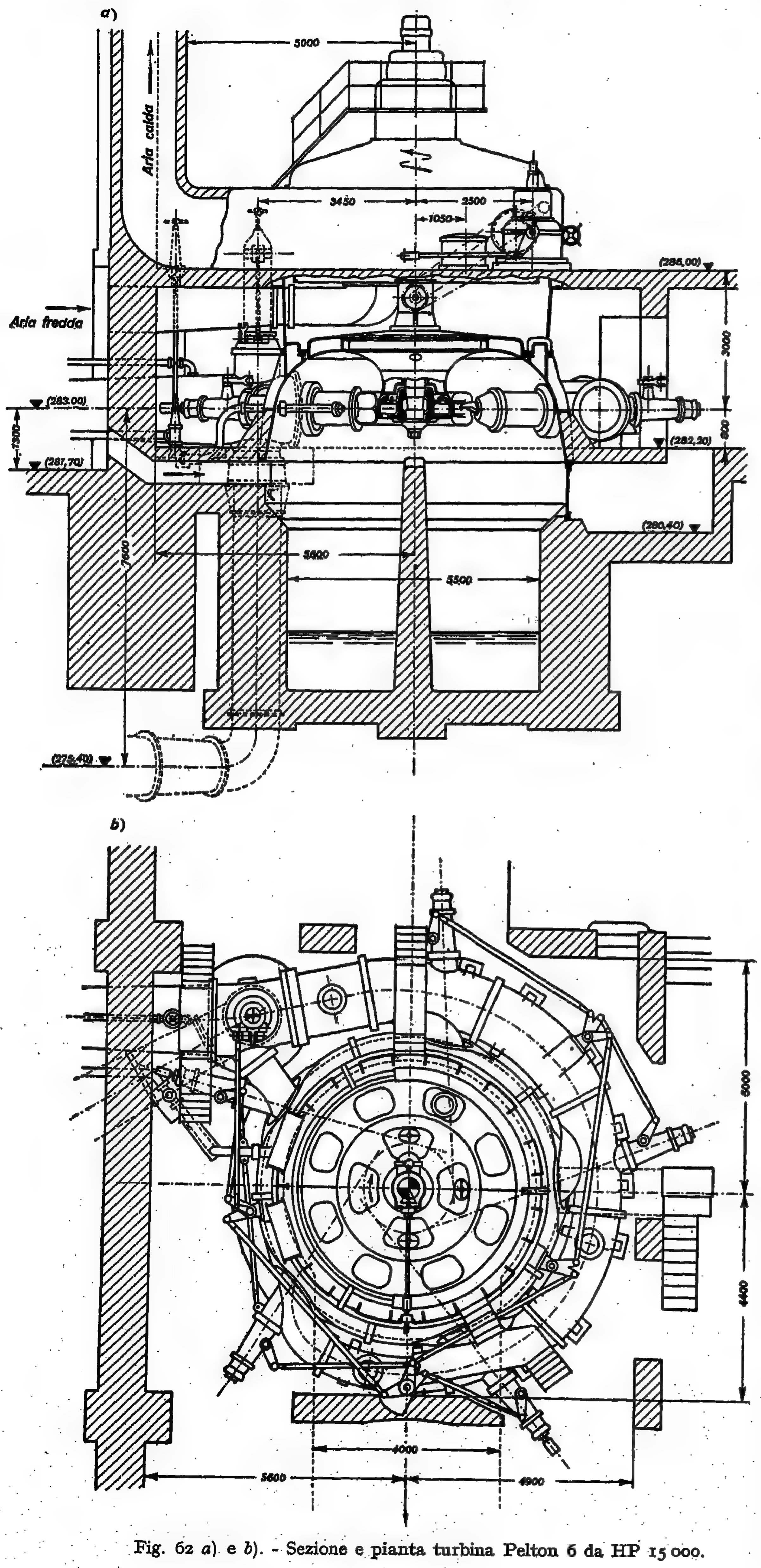


Fig. 62 *a*) e *b*). - Sezione e pianta turbina Pelton 6 da HP 15 000.

Regolatore della turbina a 5 getti.

La regolazione di carico e di velocità è ottenuta con aghi parzializzatori di bronzo, direttamente comandati dal regolatore automatico di velocità, essendo stati soppressi i deviatori del getto. Questa disposizione ha consentito d'avvicinare al massimo gli ugelli iniettori alla ruota, realizzando una condizione essenziale per il buon rendimento della macchina, ed ha inoltre permesso di eliminare completamente tutti i collegamenti meccanici ed asservimenti imposti dal comando dei deviatori abbinati agli aghi parzializzatori, semplificando notevolmente la costruzione.

A contenere le sopraelevazioni di pressione per colpi di ariete dovuti a rapide regolazioni entro i limiti stabiliti, si è provveduto mediante l'adozione di uno scaricatore sincrono a chiusura automatica lenta, comandato dallo stesso regolatore di velocità. Lo scaricatore sincrono è provvisto di un dispositivo che permette l'erogazione a volontà d'un quantitativo d'acqua costante compreso fra zero e la massima portata della turbina.

Dei cinque getti iniettori, tre sono sempre sotto il controllo del regolatore automatico di velocità, due, mediante apposito dispositivo a comando idraulico, possono essere inseriti o disinseriti a volontà onde ridurre il grado di parzializzazione dei tre primi per il caso di prolungato esercizio a carico fortemente ridotto, ed elevare così il rendimento globale del gruppo.

La fig. 66 illustra come è stato realizzato lo schema di regolazione, secondo le caratteristiche menzionate.

Un apposito apparecchio di sicurezza a scatto, direttamente montato sull'albero-motore del gruppo, può determinare, attraverso ad appositi contatti elettrici, l'arresto della turbina in caso di eccesso di velocità, provocando la chiusura della valvola principale di isolamento.

Il regolatore automatico di velocità è munito di servomotore ad olio a pressione istantanea (v. figg. 66 e 67), ed è provvisto di comandi elettrici a distanza per l'apparecchio variagiri, allo scopo di facilitare le operazioni di messa in parallelo, presa e riduzione di carico, e di dispositivo di sicurezza, pure comandato elettricamente dal quadro, per determinare la rapida chiusura della turbina.

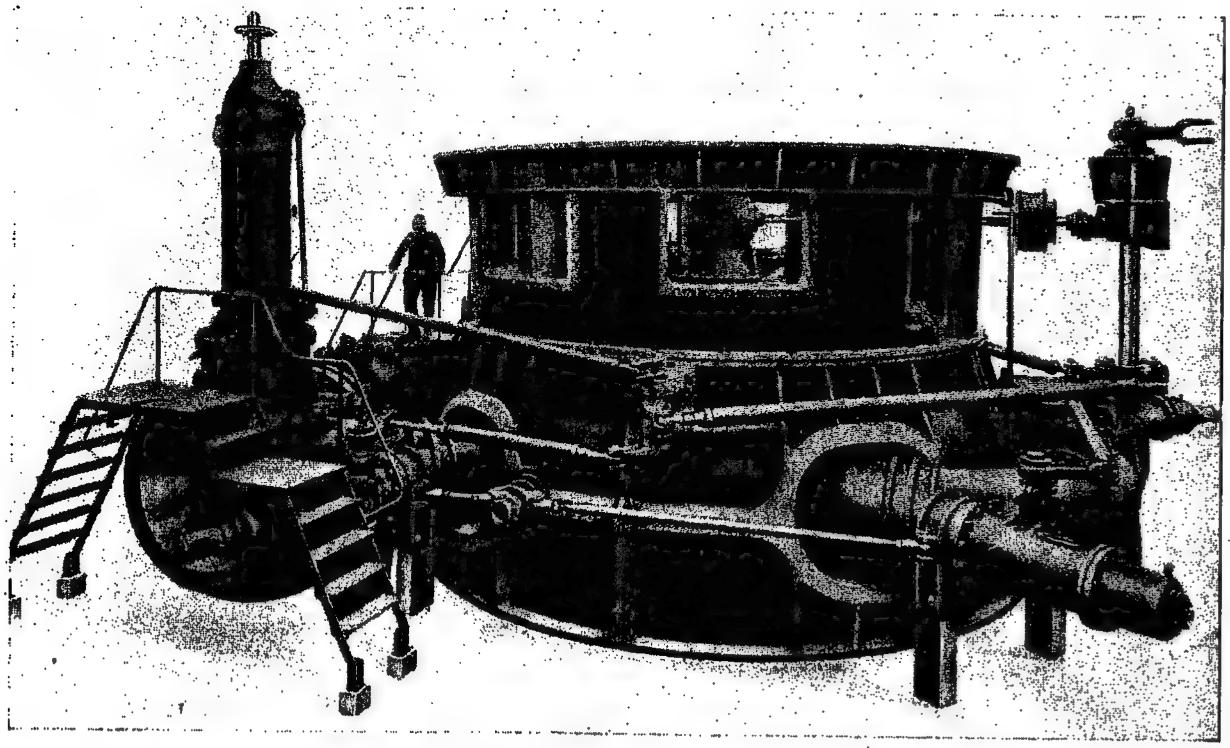


Fig. 63. - Vista della turbina Pelton a 5 getti.

Rendimenti.

Per determinarne i rendimenti, i gruppi vennero caricati mediante la resistenza liquida, con regolatori bloccati.

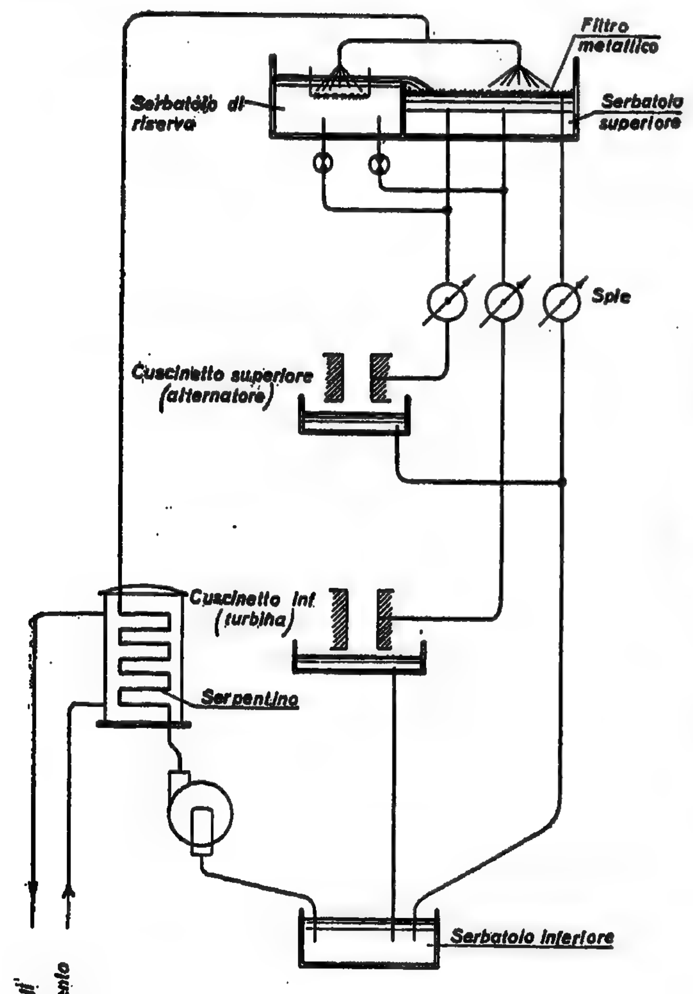


Fig. 64. - Schema di lubrificazione di un gruppo a 16 2/3 ~.

L'acqua delle turbine venne misurata mediante stramazzo Bazin della larghezza di m 6 e di m 2 di altezza della traversa, con contrazione sul fondo e nulla sui lati, installato nel canale di fuga, all'uscita della centrale.

A monte venne posta una griglia di tranquillizzazione.

Le letture dell'altezza della lama sfiorante vennero eseguite mediante un galleggiante introdotto in un pozzetto laterale comunicante col canale e posto a m 3,50 a monte delle traverse (v. fig. 50 *c*)).

La formola adottata d'accordo coi fornitori, fu quella del Prof. Rehbock:

$$Q = \frac{2}{3}\,\mu'\sqrt{2g}\,B\,h_e^{\frac{3}{2}}$$ in cui:

$h_e = h + 0{,}0012$

$\mu' = 0{,}6038 + 0{,}081\ \frac{h_e}{s}$

B = larghezza stramazzo (m 6)

h = lama stramazzante

s = altezza traversa (m 2)

Lo stramazzo venne inoltre tarato coll'impianto dei mulinelli già descritto, e si constatò la perfetta concordanza delle due misure.

I rendimenti ottenuti sono riportati nel diagramma della fig. 68 *a*) per le turbine dei gruppi 7 e 8 per 4 e rispettivamente 3 getti in funzione, e nel diagramma della fig. 68 *b*) per quelle del gruppo 6 per 3 e rispettivamente 5 getti in funzione.

Ambedue i costruttori raggiunsero le garanzie.

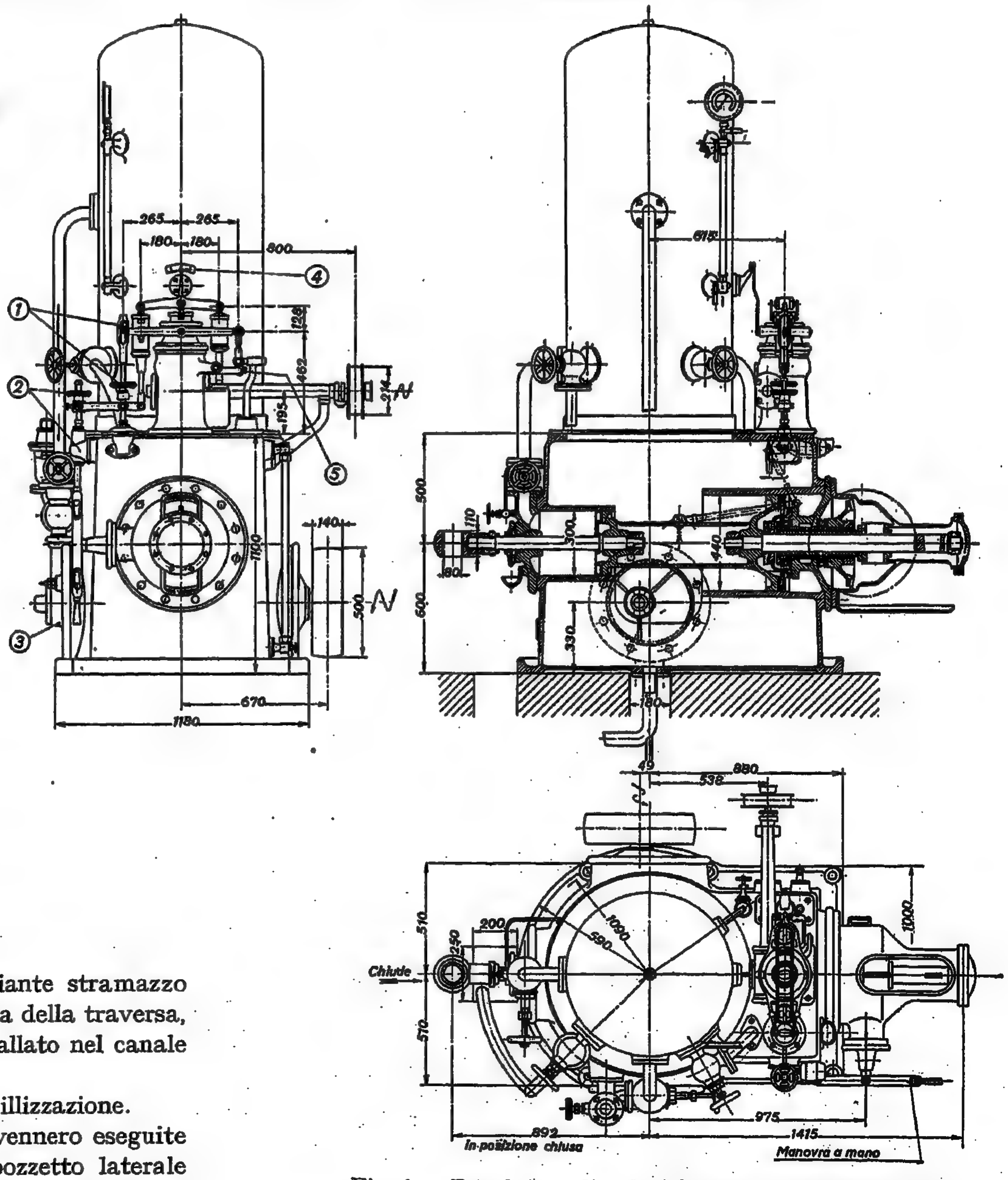


Fig. 65. - Regolatore di velocità delle turbine Pelton 7 e 8.

1 - Limitatore di apertura della turbina.
2 - Variazioni a mano ed elettrico.
3 - Pompa ad ingranaggi a due gradini.
4 - Indicatore di apertura della turbina.
5 - Registrazione dello statismo.

Grado di carico in %	N. di getti in funzione	Potenza all'asse in HP	Rendimento turbine	
			a 4 getti	a 5 getti
100	tutti	14700	81,1	80,3
82	»	12000	83,8	82,9
68	»	10000	84,8	84,1
59	»	8000	85,1	84,6
40	»	6000	84,8	84,15
27	»	4000	83,6	82,4
19	»	2700	81,5	79,55
13,5	»	2000	79,5	—
68	3	10000	83	—
54	»	8000	84,5	—
40	»	6000	85,1	—
27	»	4000	84,5	—
20	»	3000	83,2	—
19	»	2700	82,5	82
13,5	»	2000	80,5	80,5

Come appare, la riduzione dei numeri dei getti a basso carico, ha effetto sensibile soltanto nella turbina a 5 getti, avendo quella con 4 getti del primo costruttore, dei rendimenti quasi uguali a quelli garantiti ed ottenuti con tre getti.

In servizio normale sulle linee ferroviarie i regolatori di velocità dimostrarono di potere mantenere la velocità costante entro i limiti di $\pm 2\%$, come era stato prescritto. In caso di passaggio rapido da pieno carico (14 700 HP) a zero, ottenuto mediante apertura dell'interruttore, lo scarto massimo della velocità è risultato di $(6 \div 7)$ % e le variazioni di pressione nella condotta praticamente trascurabili.

Data l'assoluta continuità di servizio che l'esercizio delle ferrovie richiede, è stato previsto, all'uscita del canale di fuga centrale delle Pelton dall'officina, un sistema di paratoie, mediante i quale è possibile convogliare l'acqua di scarico o nel canale generale di restituzione, o direttamente nell'Isarco (v. fig. 49). L'immissione diretta nel fiume è però possibile soltanto quando il livello dell'Isarco non sia superiore alla quota 281,50. La disposizione adottata consente in qualsiasi momento

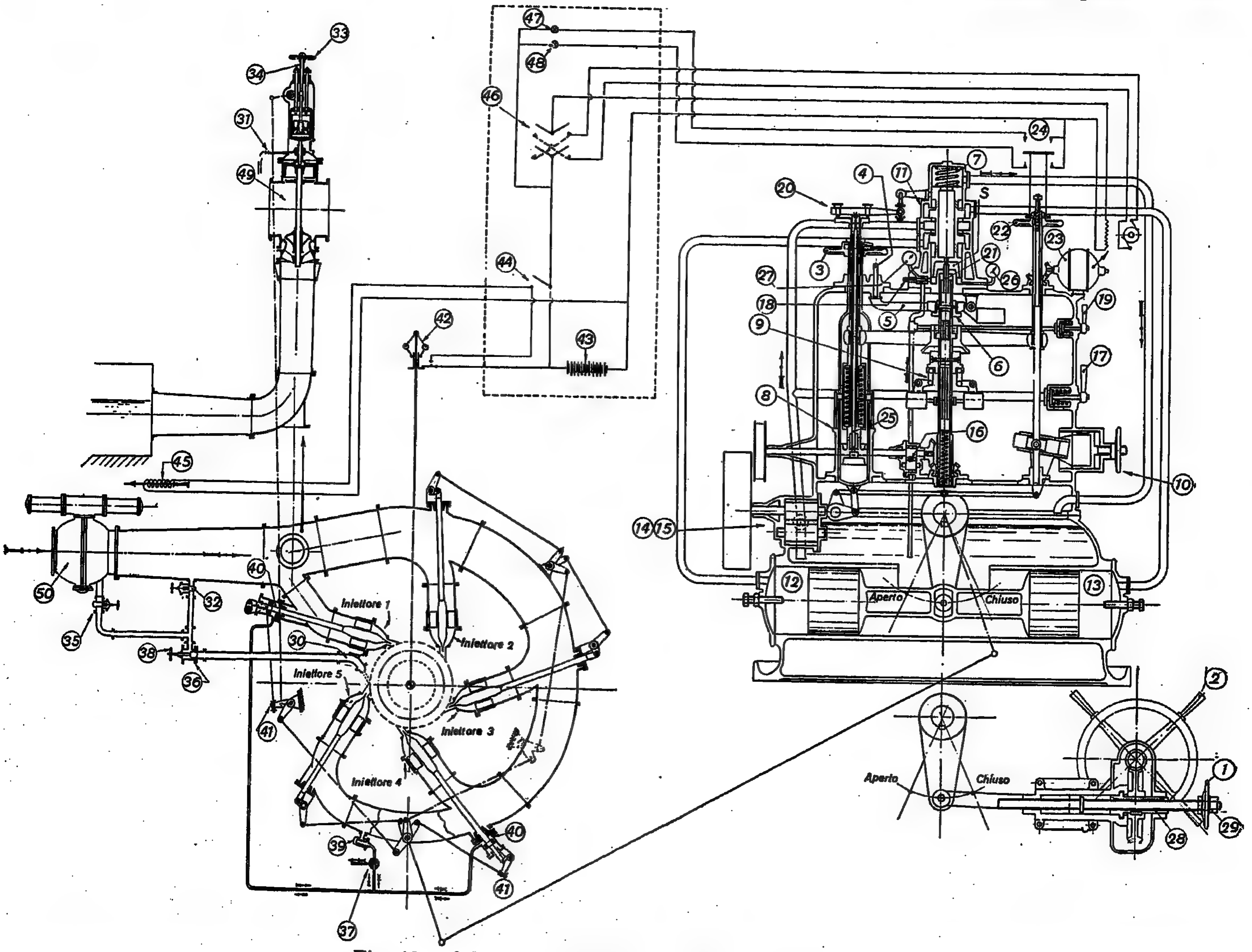


Fig. 66. - Schema del regolatore della turbina Pelton 6.

1, 2 - Volantini di bloccaggio e di manovra a mano del regol. aut. di veloc.
3, 4, 5 - Volantino, asta scorrevole e leva trasmittente per il limitatore di carico.
6 - Collare per il limitatore di carico
7 - Molla che dà la chiusura autom. del regolatore quando cade la cinghia del pendolo.
8, 9 - Compensatore e pendolo centrifugo del regolatore automatico.
10 - Apparecchio per variare la staticità del regol. automatico.
11 - Valvola quadrupla di distribuzione del regol. aut.
12, 13 - Cilindri servomotore del regol. per *chiudere* ed *aprire* distrib. turbina.
14, 15 - Pompe principali, in serie per il regol. aut.
16 - Pompa ausil. ed albero di comando pendolo regol. automatico.
17 - Manovella per inserire e disinserire il regol. automatico.
18 - Regolaz. pressione olio pompa ausiliaria.
19 - Manovella per chiusura rapida e automatica distrib. turbina.
20 - Apertura autom. spina del compensatore.
21 - Spina comandata dal pendolo per valv. quadrupla
22, 23 - Variazioni a mano ed elettrico per regol. automatico.
24 - Contatti segnalatori fine corsa variagiri.
25 - Spina strozz. freno compensatore del regol.
26, 27 - Manometri per camera *S* e per pompa ausil. reg.
28 - Bussola bloccaggio e comdno a mano del regol.
29 - Arresto volantino.
30 - Iniettore d'arresto della turbina.
31 - Scarico aria per spirale turbina e scarico sincrono.
32 - Valvola del by-pass per il riempimento della spirale.
33, 34 - Comando a mano dello scarico sincrono.
35 - Valvola del by-pass per l'iniettore d'arresto.
36, 38 - Valvola di comando con volantino dell'iniettore d'arresto.
37 - Rubinetto a 3 vie per inserire e disinserire i due iniettori.
39 - Filtro acqua inserzione iniettori.
40 - Servomotori per inserzione iniettori.
41 - Tiranti di comando degli iniettori.
42 - Apparecchio centrifugo di sicurezza per chisura valvola sferica turbina quando velocità gruppo supera la normale del 25 %.
43 - Accumulatori per il variagiri e per l'apparecchio di sicurezza.
44 - Interruttore per il comando della valvola sferica.
45 - Comando elettromagnetico distributore valvola sferica.
46 - Commutatore per motorino del variagiri.
47, 48 - Lampade segnalatrici fine corsa variagiri.
49 - Scarico sincrono.
50 - Valvola sferica.

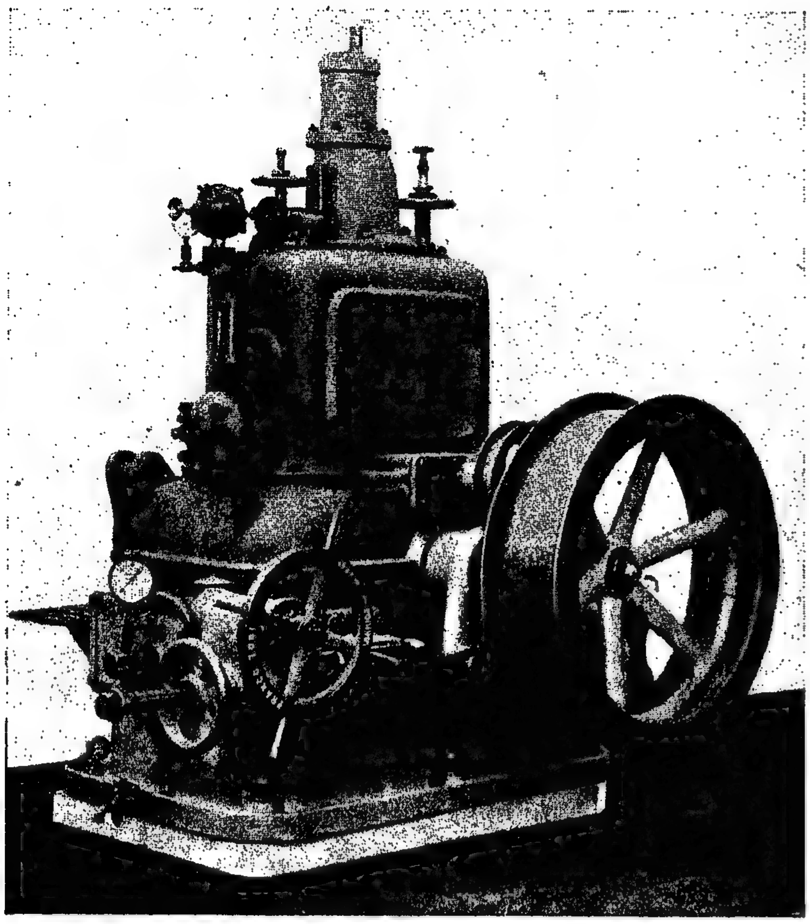


Fig. 67. - Regolatore automatico delle turbine a 5 getti.

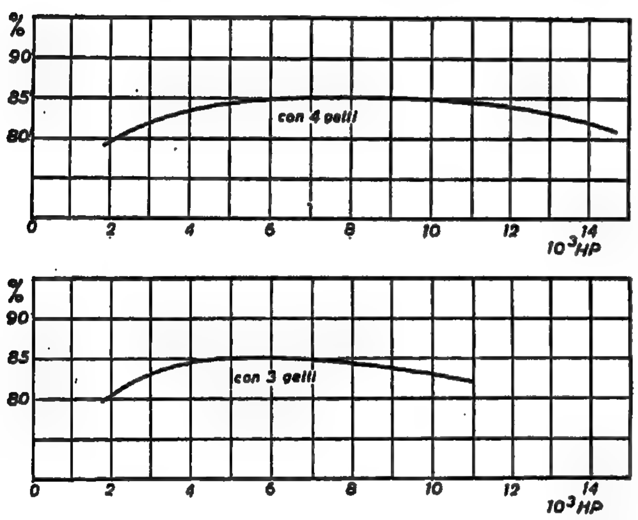


Fig. 68 *a*). - Diagrammi di rendimento delle turbine Pelton a 4 getti (caduta effettiva media di m 157, giri 250).

Dati elettrici.

Alternatori.

Potenza in kVA	Tensione in V	Fattore di potenza cos φ =	Frequenza in periodi
36 000	10 000 ± 5%	0,8 in ritardo	42-50
36 000	11 000	0,9 » »	50
32 000	10 000 ± 5%	0,5 » »	42-50
28 000	10 000 ± 5%	0,0 » »	» »
28 000	8 000	0,0 » antic.	» »

Eccitatrici.

Gruppi	Eccitatrici principali			Eccitatrici ausiliarie		
	Potenza in kW	Tensione in V	Corrente in A	Potenza in kW	Tensione mass. in V	Corrente in A
1, 2, 3	320	350	910	4,5	125	36
4, 5	150	350	428	3,62	125	29

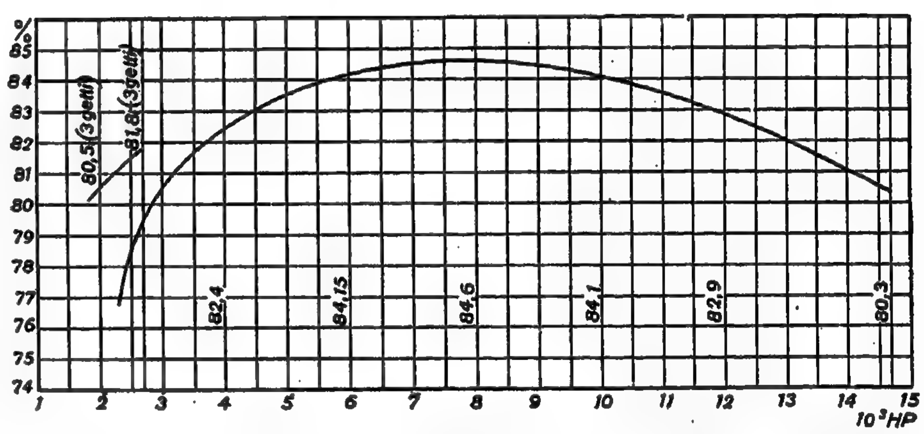


Fig. 68 *b*) - Diagrammi di rendimento della turbina Pelton a 5 getti.

la messa fuori servizio del canale di restituzione generale e l'accesso agli scarichi delle turbine Francis, provvedendo alla fornitura alle FF. SS. con le turbine 7 e 8.

D) Macchinario elettrico.

1) Alternatori per energia industriale a 42-50 ∼ e a 252-300 giri.

La fornitura dei 5 alternatori (fig. 69) e quella dei corrispondenti trasformatori ed interruttori, è stata ripartita fra due Case costruttrici: una ha fornito tre gruppi completi alternatore-trasformatore-interruttore contrassegnati con 1, 2, 3 e l'altra ha fornito i due gruppi 4 e 5.

Al tempo della loro costruzione gli alternatori rappresentavano le unità più grandi sino allora costruite in Europa per accoppiamento a turbine idrauliche.

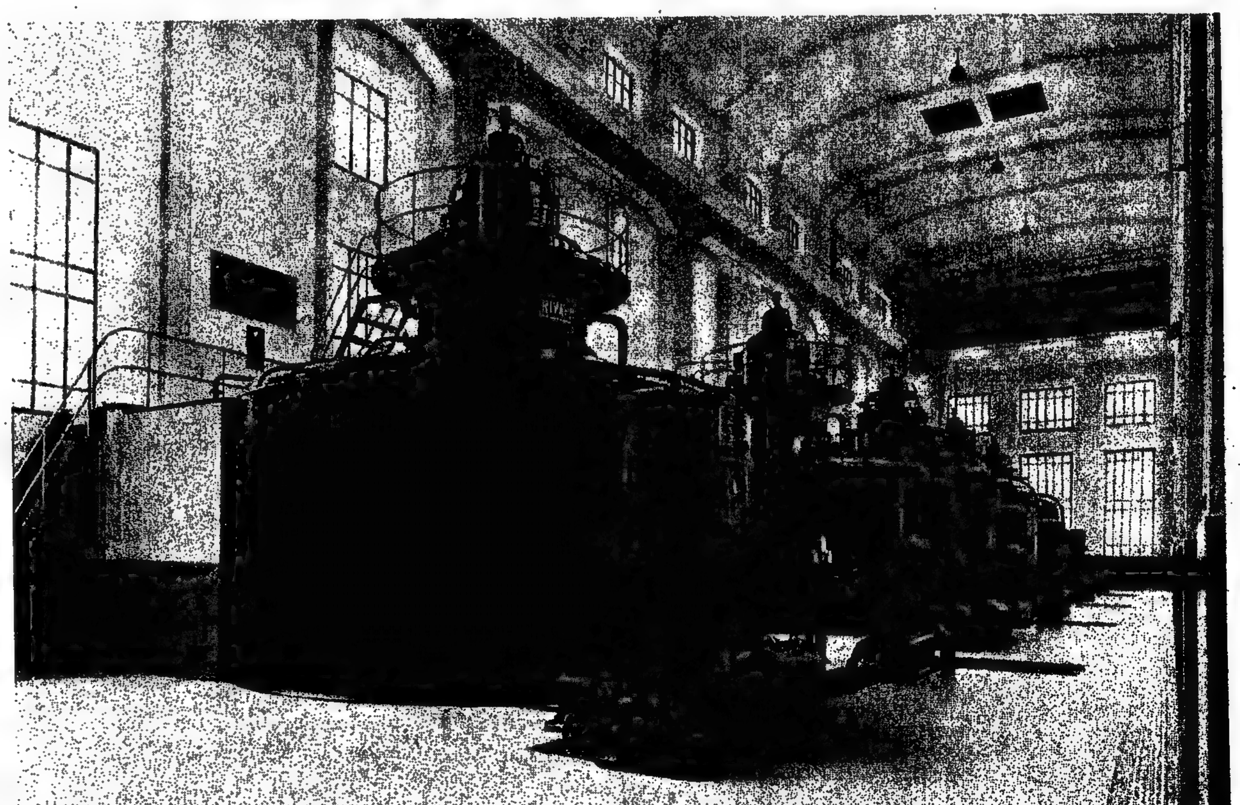


Fig. 69. - Veduta dei 5 gruppi da 36 000 kVA, a 10 000 V e 42-50 ∼.

Dati costruttivi.

Gruppi		1, 2, 3	4, 5
Diametro esterno	mm	6900	6800
Altezza sopra il piano della centrale	»	8000	7200
Diametro interno dello statore	»	4200	4200
Lunghezza dello statore nel senso dell'asse	»	2280	1550
Peso totale	t	300	320
Peso della parte rotante	»	130	160
$PD^2 =$	kgm²	1 100 000	1 100 000
Diametro dell'albero	mm	703	650
Aria aspirata per il raffreddamento a 50 periodi	mc/sec	60	60

La costruzione risulta dalle figg. 70, 71 e 72 rappresentanti sezioni trasversali e orizzontale degli alternatori delle due Case.

Ambedue i tipi di alternatori sono costruiti in modo da rendere possibili l'estrazione con la gru di tutta la parte rotante, compreso il supporto a crociera superiore, portante la piletta e l'eccitatrice principale, del peso complessivo di 200 t, senza che si debba prima scomporre la parte sollevata nelle sue singole parti (v. fig. 73); il complesso così estratto viene appoggiato su due cavalletti di ferro.

La manovra assai facile e rapidamente eseguibile, consente l'estrazione della girante della turbina dall'alto, senza lunghi lavori di smontaggio dell'alternatore.

Per poter arrestare in breve tempo la marcia del gruppo furono applicati dei freni ad aria, i cui ceppi agiscono sul rotore. L'aria viene fornita dalla camera d'aria dei regolatori. I ceppi possono anche essere bloccati per mezzo di cunei, onde tenere sollevata la parte rotante e permettere lo smontaggio della piletta.

Il rotore degli alternatori 1, 2, 3 è composto di 4 ruote affiancate, di acciaio fuso, con raggiera e sporgenze polari. Le espansioni polari, pure in acciaio fuso, sono fissate sulle sporgenze mediante bolloni, dopo l'introduzione dell'avvolgimento (v. fig. 74).

Il rotore degli alternatori 4, 5 è invece costituito da due ruote affiancate, cadauna composta di una lanterna in acciaio fuso portante anelli di acciaio fucinato, montanti a caldo sulla lanterna. I poli, di lamierini impaccati, sono fissati al corpo del rotore per mezzo di incastri a T, nei quali essi vengono introdotti lateralmente ed assicurati mediante chiavette di acciaio.

I rotori degli alternatori 4, 5 sono stati provati alla velocità di fuga; per gli altri si dovette rinunciare a tale collaudo per mancanza della fossa di prova.

I pacchi lamellari dello statore degli alternatori 1, 2, 3 hanno l'isolamento in carta, gli altri invece hanno i lamierini verniciati a caldo senza carta. Le cave degli avvolgimenti sono aperte e negli alternatori 1, 2, 3 ogni cava contiene un sol conduttore, costituito di fili multipli incrociati nella cava stessa; negli altri invece ogni cava porta 3 conduttori a fili multipli in parallelo che sono incrociati nei collegamenti frontali.

Per il funzionamento a 50 periodi, parte degli avvolgimenti statorici e degli avvolgimenti di eccitazione dell'eccitatrice principale vengono esclusi mediante appositi commutatori. Ad ogni estremità degli avvolgimenti, sia verso la stella, sia verso i morsetti di presa, è inserita una serie di riduttori di corrente, sistemati nell'interno dell'alternatore stesso, che alimentano gli strumenti di misura e di protezione.

La lubrificazione dei due cuscinetti di guida è ad olio circolante, fornito da apposita pompetta, azionato mediante trasmissione ad ingranaggi dalla turbinetta della pompa d'olio del regolatore di velocità della turbina.

Il sistema è simile a quello già descritto a pag. 1057 ed illustrato dalla fig. 64.

L'aria di ventilazione è tolta dal sotterraneo e viene ripartita su due rami, uno entrante nell'alternatore dal lato inferiore, l'altro da quello superiore. L'aria calda uscente dalla periferia dello statore viene scaricata all'esterno attraverso un raccordo in muratura tra l'alternatore ed il muro perimetrale dell'officina ed un camino ricavato in quest'ultimo. Mediante un sistema brevettato di valvole collegate fra di loro è possibile regolare a volontà l'entrata di aria fredda e ricondurre una parte dell'aria calda nel condotto dell'aria fredda per mescolarla con questa. È anche reso possibile lo scarico dell'aria calda nell'officina allo scopo di riscaldare l'ambiente.

Un secondo sistema di valvole, indipendente dal primo, è comandato dal relais della protezione differenziale, il quale, funzionando per guasto all'alternatore, libera un contrepeso e provoca la chiusura delle val-

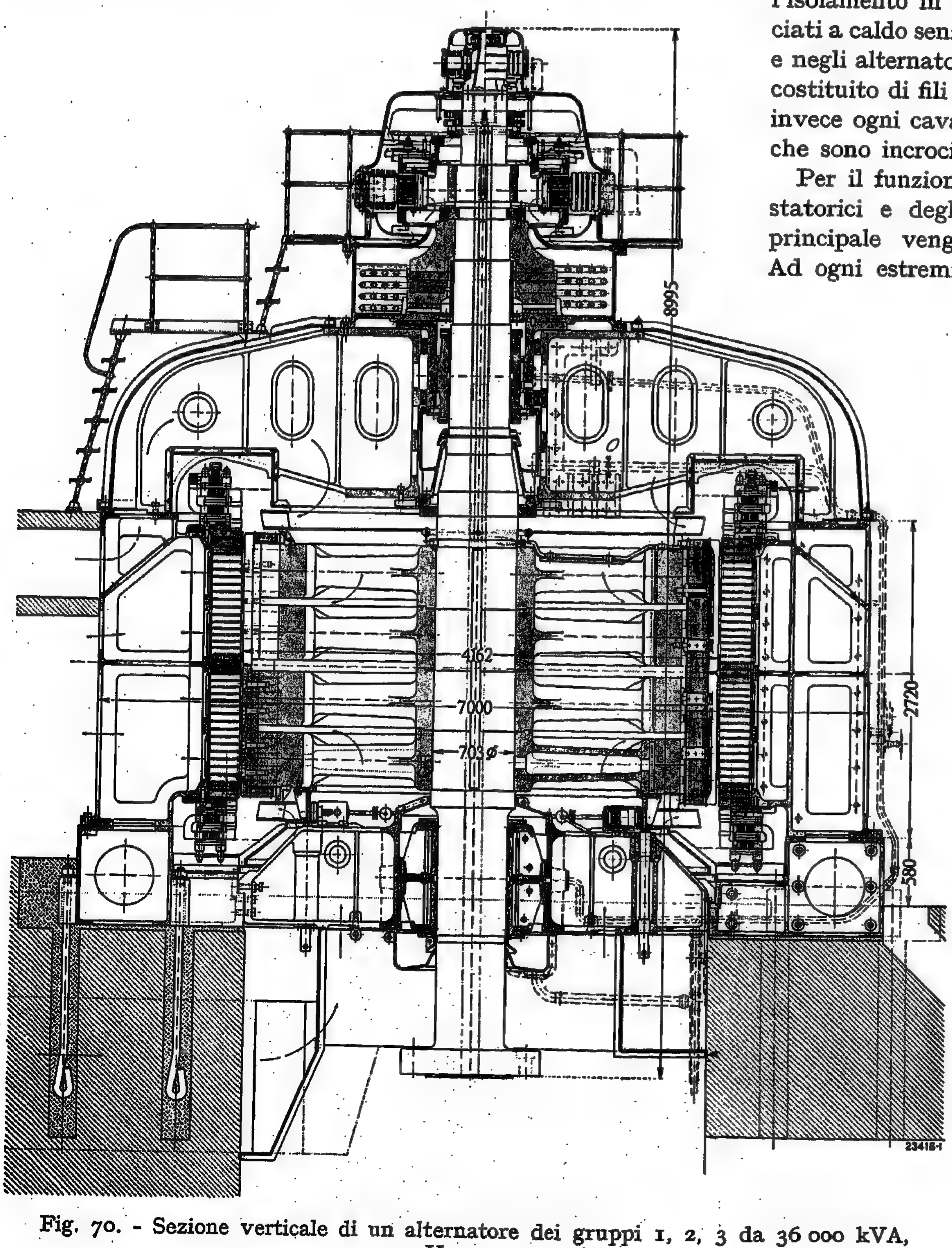


Fig. 70. - Sezione verticale di un alternatore dei gruppi 1, 2, 3 da 36 000 kVA, a 10 000 V e 252-300 giri.

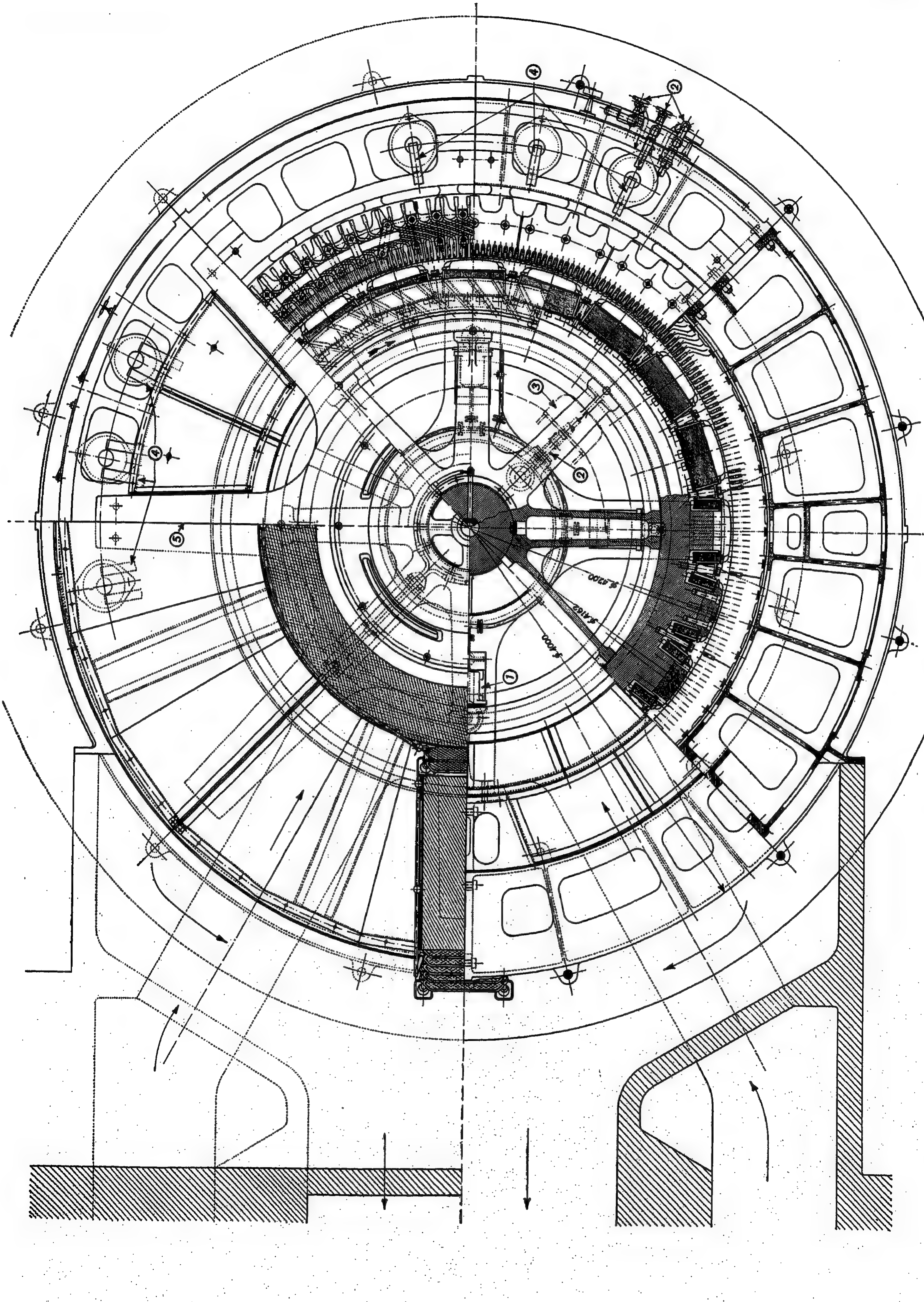


Fig. 71. - Sezione orizzontale dell'alternatore di cui alla fig. precedente.

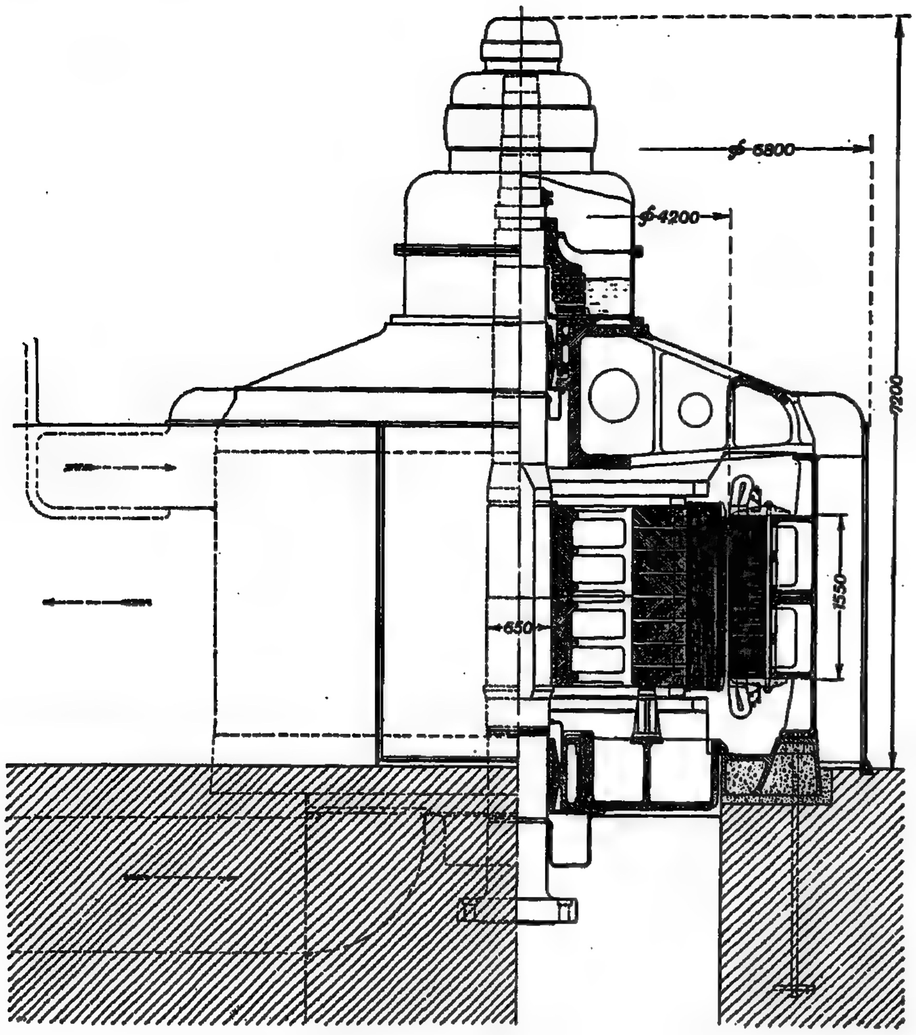


Fig. 72. - Sezione alternatore da kVA 36 000, V 10 000, 242-300 giri.

vole d'entrata e di uscita dell'aria e l'apertura della valvola di comunicazione tra l'aria calda e quella fredda; l'aria circola quindi nell'alternatore su un circuito chiuso su se stesso.

Contemporaneamente alla chiusura delle valvole di ventilazione vengono aperte le valvole di 8 bombole di acido carbonico (CO_2) che si scaricano nell'interno dell'alternatore, estinguendo quasi immediatamente l'incendio eventualmente provocato dal guasto negli avvolgimenti.

Rendimenti garantiti secondo le Norme A.E.I. 1922:

Frequenza in periodi	Fattore di potenza cos φ =	CARICO 4/4		3/4		2/4	
		Rendimenti garantiti in % per i gruppi					
		1, 2, 3	4, 5	1, 2, 3	4, 5	1, 2, 3	4, 5
42	1	98	97,75	97,7	97,25	97	96
»	0,8 in rit.	97,5	97 (97,7)	97	96,4 (96,5)	96	95 (95,4)
50	1	97,8	97,5 (98,05)	97,4	96,8 (97,64)	96,5	95,5 (96,73)
»	0,8 in rit.	97	96,8 (97,87)	96,5	95,8 (96)	95,5	94,5 (94,9)

Le prove di rendimento (convenzionali) vennero eseguite soltanto sull'alternatore 5 ed i valori ottenuti sono quelli segnati in parentesi.

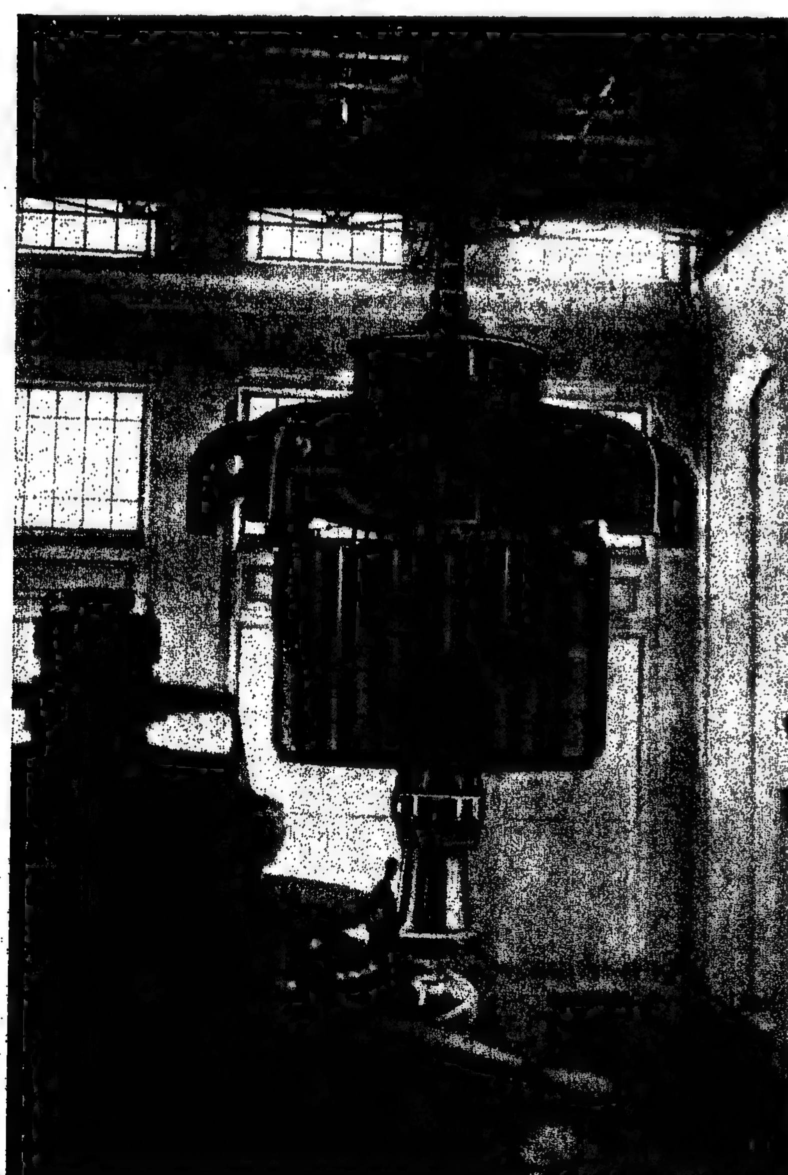


Fig. 73. - Il rotore, il supporto a crociera e la piletta sospesi alla gru (peso ca. 200 t).

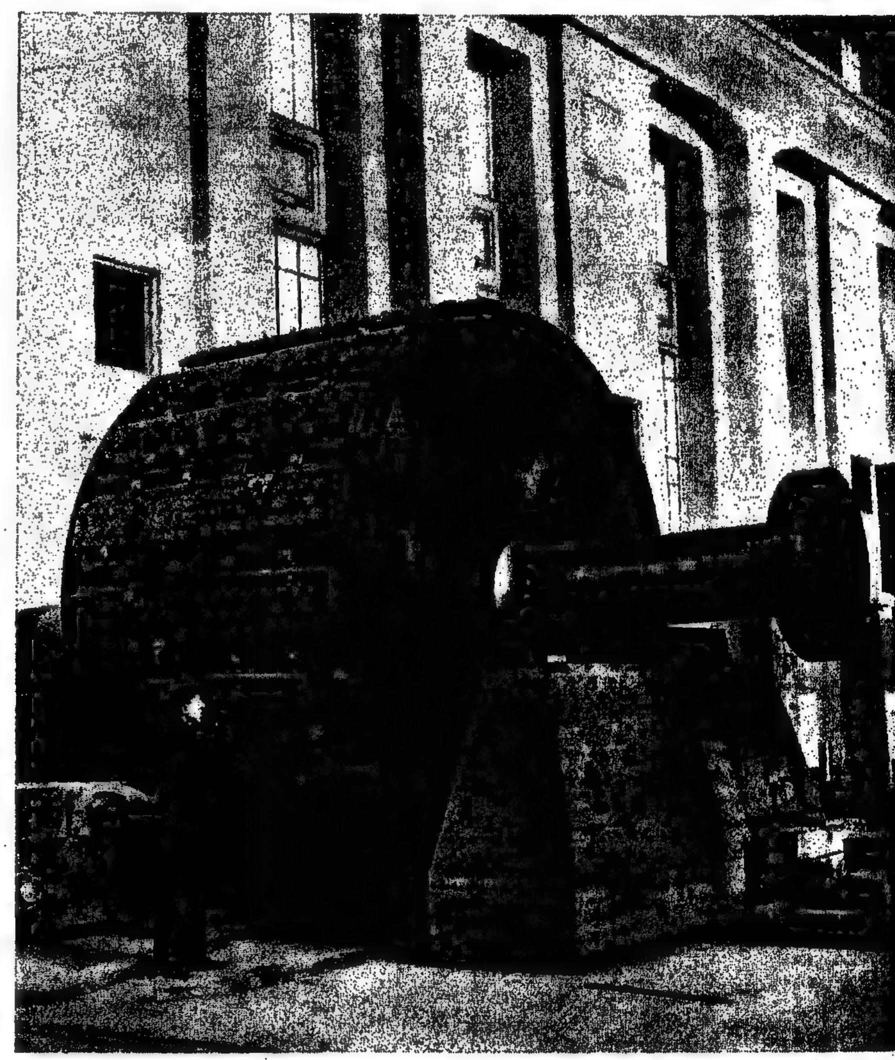


Fig. 74. - Rotore di un alternatore dei gruppi 1, 2, 3 posto sulle guide per l'equilibratura (peso ca. 160 t).

Le perdite totali corrispondenti al funzionamento a pieno carico a cos $\varphi = 0{,}8$ si compongono delle seguenti perdite parziali:

Perdite \ Frequenza in periodi		42	50
nel ferro dello statore	kW	272	313
nel rame dello statore	»	116	98,5
di attrito nei cuscinetti di guida e di ventilazione (escluso quelle nella piletta)	»	109	212,5
per l'eccitazione.....................	»	183,5	134
Totali	kW	680,5	758

Dalla prova di rendimento globale eseguita sul gruppo 3 risultò la sua rispondenza a quello ottenuto moltiplicando il rendimento determinato sperimentalmente per la turbina per quello garantito per l'alternatore, e si ebbe quindi indirettamente la riprova che i rendimenti garantiti erano stati raggiunti.

Prove di riscaldamento.

1) *Alternatore* 5.

	Surriscaldamento in °C
a) A cos φ = 0,82, 10 000 V, 2030 A, 50 periodi:	
nel rame: avvolgimenti dello statore misurato con rivelatori a contatto del rame	56
negli avvolgimenti del rotore	42,5
nel ferro dello statore, misurato con rivelatori spinti fino nei denti	45,5
nel cuscinetto di guida superiore, misurato con rivelatore nel metallo bianco	54
nel cuscinetto di guida inferiore, misurato con rivelatore nel metallo bianco	57,5
Olio caldo di scarico dai cuscinetti	39
b) A cos φ = 0,9, 10 600 V, 1820 A, 42 periodi:	
nel rame dello statore	54
» rame del rotore	41,5
» ferro dello statore	46
» cuscinetto di guida superiore	48
» cuscinetto di guida inferiore	53
nell'olio	28

2) *Alternatore* 3.

A cos φ = 0,81, 10 500 V, 42 periodi:

misure eseguite come sopra nel:

rame degli avvolgimenti statorici	64
» » » del rotore	74
ferro dello statore	46
metallo del cuscinetto di guida superiore	39
» » » » » inferiore	40
olio caldo di scarico dal cuscinetto	33

Prove di isolamento.

L'isolamento dello statore è stato provato verso massa alla tensione di 25 000 V, e tra fase e fase a 30 000 V. Fino alla tensione di 15 000 V applicata sia verso massa sia tra le fasi, di notte, e cioè al perfetto buio, non si è verificata nessuna traccia di luminosità.

L'isolamento verso massa venne perforato a 62 000 V (prescritto almeno 50 000 V), valore medio di parecchie prove eseguite su conduttori isolati scelti a caso tra gli avvolgimenti.

Venne pure verificata la tensione di perforazione tra i conduttori collocati nello stesso cartoccio di una cava dello statore dell'alternatore 5: si ottenne la perforazione a 21 000 V fino a 24 000 V (l'alternatore 3 ha un conduttore solo per cava).

Caratteristiche elettriche.

Le caratteristiche a vuoto e di corto circuito a 42 e a 50 periodi sono rappresentate dalle figg. 75 *a*) e 75 *b*).

Una delle condizioni del capitolato stabiliva che ogni alternatore dovesse essere perfettamente regolabile, dalla tensione approssimativamente a zero sino al valore normale, quando fosse inserito col proprio trasformatore sulla linea di Cislago, lunga 246 km, linea che assorbe a vuoto circa 28 000 kVA alla tensione di 8 000 V all'alternatore. Gli alternatori 1, 2 e 3 soddisfano pienamente a questa condizione fino alla frequenza di 53 periodi: l'eccitazione varia tra 0 e 20 A mentre è di ca. 700 A ad esercizio normale. Gli alternatori 4 e 5 invece soddi-

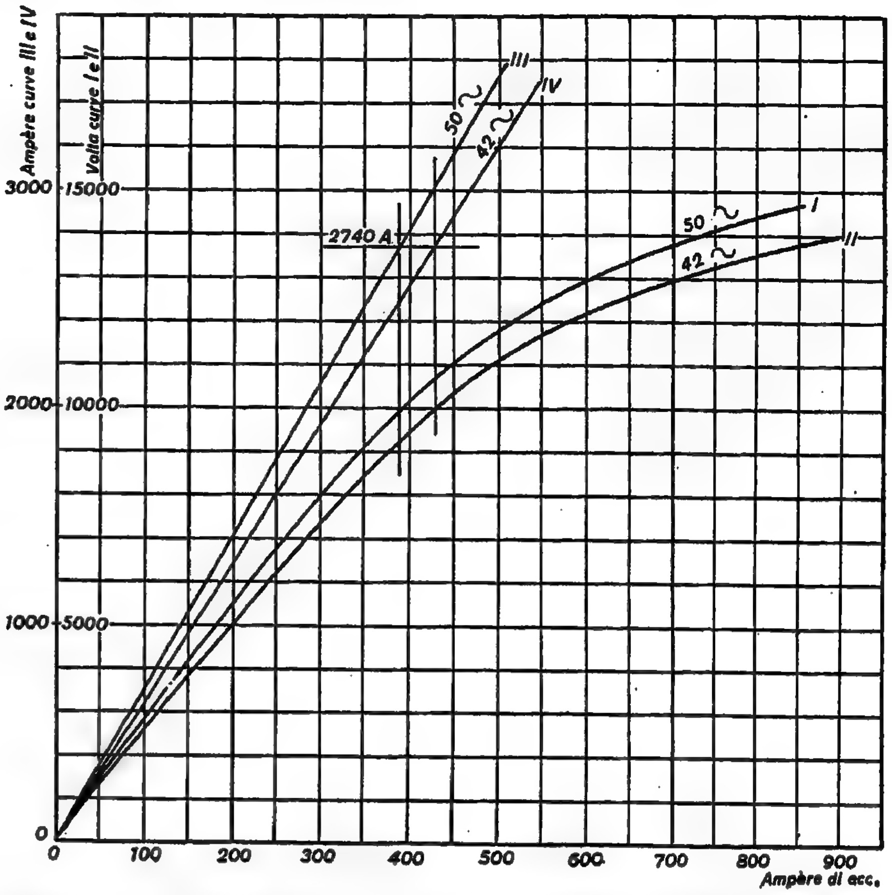


Fig. 75 *a*). - Caratteristiche a vuoto e di corto circuito a 42 e 50 ~ degli alternatori 1, 2 e 3 da kVA 36 000.

sfano a detta condizione soltanto fino a 45 periodi; superata questa frequenza l'alternatore si autoeccita e, aumentando la frequenza a 50 periodi, si eccita a 8 500 V, valore che corri-

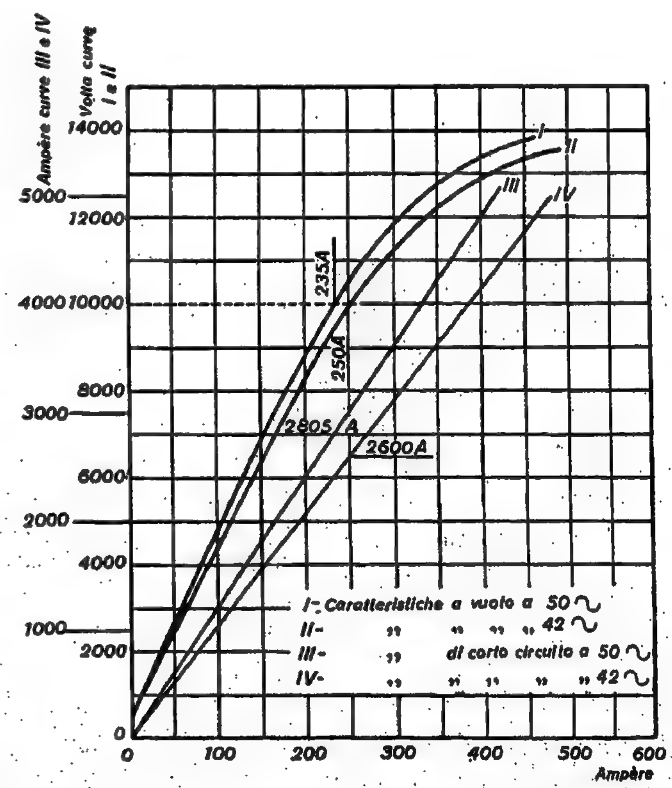


Fig. 75 *b*). - Caratteristiche a vuoto e di corto circuito a 42 e 50 ~ degli alternatori 4 e 5 da kVA 36 000.

sponde a Cislago, a linea aperta, alla tensione di 220 000 V. I due gruppi sono quindi adatti per provare la linea poichè non occorrendo eccitare i rotori, in caso di guasto della condutura durante la prova, la tensione e la corrente si riportano subito a zero. Appena a Cislago si collega un trasformatore con la linea anche i gruppi 4 e 5 risultano perfettamente regolabili a 50 periodi e più.

Nel diagramma della fig. 76 le curve III, IV e V dànno la corrente, la tensione ed il carico in kW misurati ai morsetti dell'alternatore in funzione dell'eccitazione, alla frequenza costante di 42 dei generatori 4 e 5 inseriti sulla linea aperta.

Le curve I e II invece rappresentano la corrente e la tensione in funzione della velocità durante il funzionamento auto-

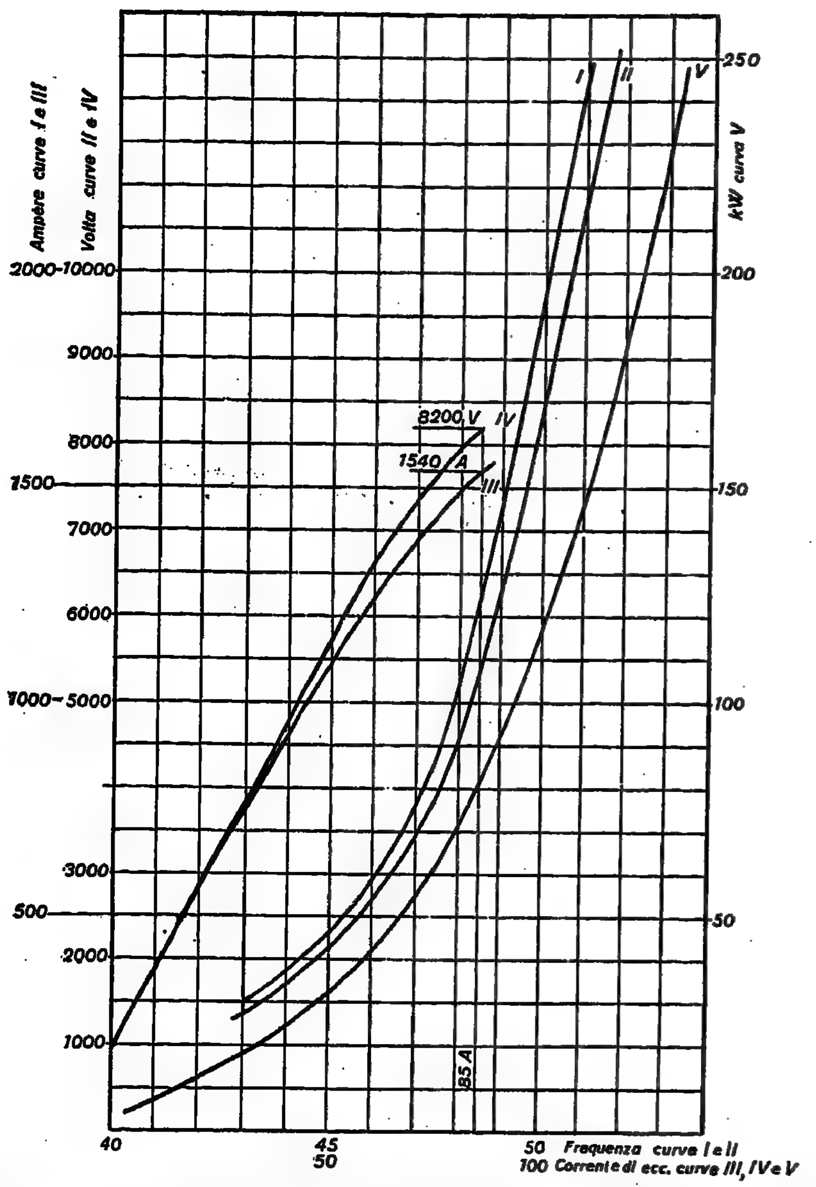


Fig. 76. - Diagrammi della corrente (III), della tensione (IV), e del carico (V) misurati ai morsetti degli alternatori 4 e 5 in funzione dell'eccitazione e alla frequenza costante di 42; e diagrammi della corrente (I) e della tensione (II) in funzione della frequenza.

eccitato (e cioè senza eccitazione nell'avvolgimento del rotore) dell'alternatore inserito col suo trasformatore sulla linea a 225 000 V, aperta a Cislago.

2) Alternatori a 16 2/3 periodi per trazione.

Dati tecnici.

I tre alternatori, contradistinti coi numeri 6, 7 e 8, corrispondono ai seguenti dati tecnici:

giri 250 al minuto primo;

potenza per servizio continuato 9 000 kVA, a (4 000 ± 6 %) V (1300 ± 6 %) A e cos φ = (0,5 ÷ 0,75);

eccitatrici principali

da 100 kW, a 350 V e 286 A;

eccitatrici ausiliarie

da 3,62 kW, a 150 V e 24,1 A.

I gruppi possono essere sovraccaricati due volte all'ora, per la durata di due minuti primi, ogni volta fino a

13 500 kVA a cos φ = 0,75

senza dannoso surriscaldamento e senza diminuzione della tensione; oppure 4 volte all'ora per 5 minuti primi ogni volta fino a 11 250 kVA a cos φ = 0,75.

I dati costruttivi sono:

diametro esterno dell'alternatore	mm	6280
altezza sopra il piano della sala macchine	»	5400
diametro interno dello statore	»	3800
lunghezza dello statore	»	520
diametro dell'albero	»	500
peso totale dell'alternatore	t	120
peso del rotore	»	66
aria aspirata pel raffreddamento	mc/sec	16

La costruzione di questi alternatori (fig. 77) è simile a quella degli alternatori 4 e 5 di 36 000 kW; ne differisce solamente per il fatto che gli statori appoggiano direttamente sull'incastellatura metallica della turbina e che l'albero è comune all'alternatore ed alla turbina, essendo la ruota Pelton calettata di sbalzo sull'estremità inferiore dell'albero dell'alternatore.

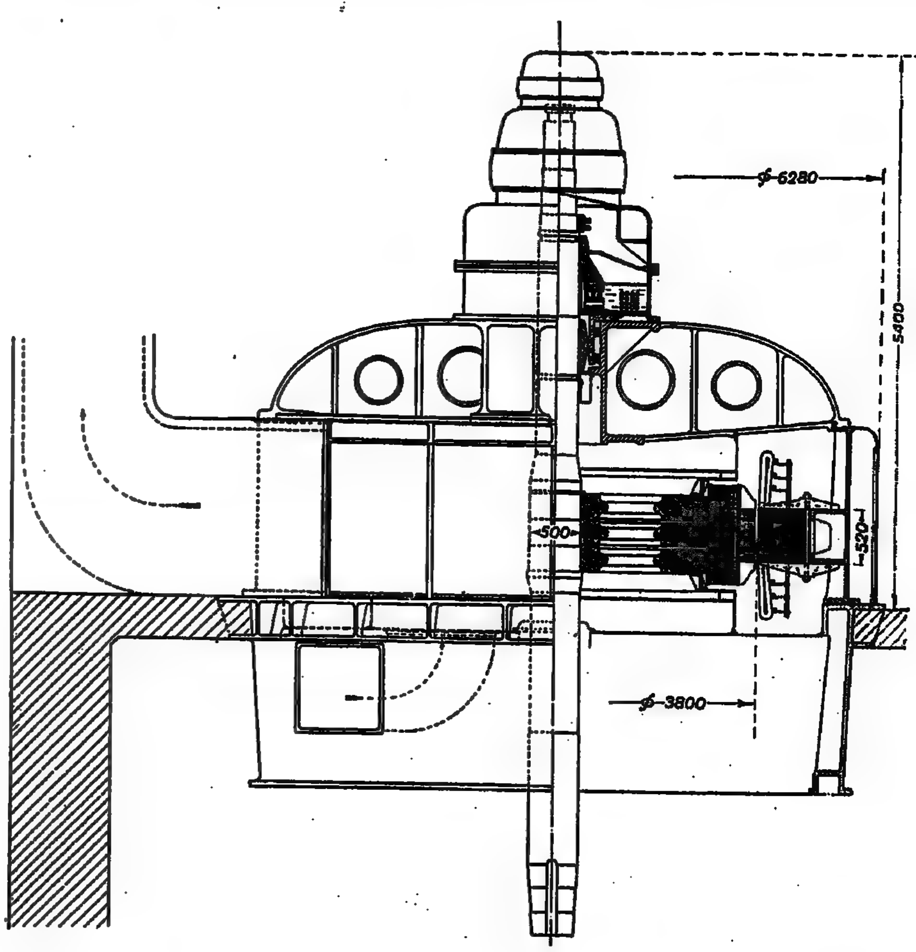


Fig. 77. - Sezione alternatore 7 da kVA 9000, 16 2/3 ~, 250 giri.

I cuscinetti di guida sono quindi ridotti a 2. Inoltre è soppresso l'impianto automatico di spegnimento, tipo Siebenmann.

Per il rimanente ci si può riferire a quanto detto circa la costruzione degli alternatori 42-50 periodi.

Rendimenti convenzionali (*A.E.I.* 1922) misurati col sistema indiretto (misura diretta delle perdite):

Con carico	1/1	3/4	1/2	1/4
a cos φ = 1, rendimento in %	96,84	96,60	95,84	92,88
a cos φ = 0,75, rendimento	95,5	95,15	94,24	90,57

Le perdite parziali riferite al funzionamento a pieno carico di 9 000 kW e a cos φ = 0,75 sono le seguenti:

perdite nel ferro dello statore	kW	85
» nel rame dello statore...........	»	105,73
» per attrito e ventilazione esclusa la perdita nella piletta............	»	67,—
perdita per l'eccitazione.............	»	71,10
Totale	kW	328,83

Aumenti di tensione da pieno carico a carico zero:

kW	9 000	a cos φ = 1	30 %
»	9 000	» » = 0,75	45,7 %
»	9 000	» » = 0,5	46,7 %
»	13 500	» » = 0,75	53,1 %

Prove di riscaldamento.

Aumenti di temperatura al carico costante di kW 9 000 a cos φ = 0,75 e a 4000 V:

nel rame delle cave dello statore	48°.5 C
id. dei collegamenti frontali	57°.2 C
id. dei collegamenti del rotore	47°.5 C
nel ferro dello statore	40°.– C

Prove di isolamento.

L'isolamento verso massa e quello tra fase e fase sono stati provati alla tensione di 12 000 V. Fino a 6 000 V non si osservò, anche al buio, nessun effluvio.

Le prove di perforazione eseguite su una bobina diedero queste tensioni:

a) perforazione del cartoccio (tra conduttura e massa), 40 000 V;

b) perforazione dell'isolante tra due conduttori della stessa cava, 19 500 V.

Caratteristiche a vuoto ed in corto circuito.

I diagrammi relativi sono riprodotti dalla fig. 78.

Si noti la lieve intensità di corrente di corto circuito. In previsione dei corto-circuiti così frequenti nell'esercizio ferroviario si è appunto cercato di diminuire il più possibile l'intensità della corrente.

Naturalmente l'alternatore ha per conseguenza una caduta di tensione relativamente forte ma, con una regolazione automatica dell'eccitazione ad azione rapida ciò non ha grande importanza.

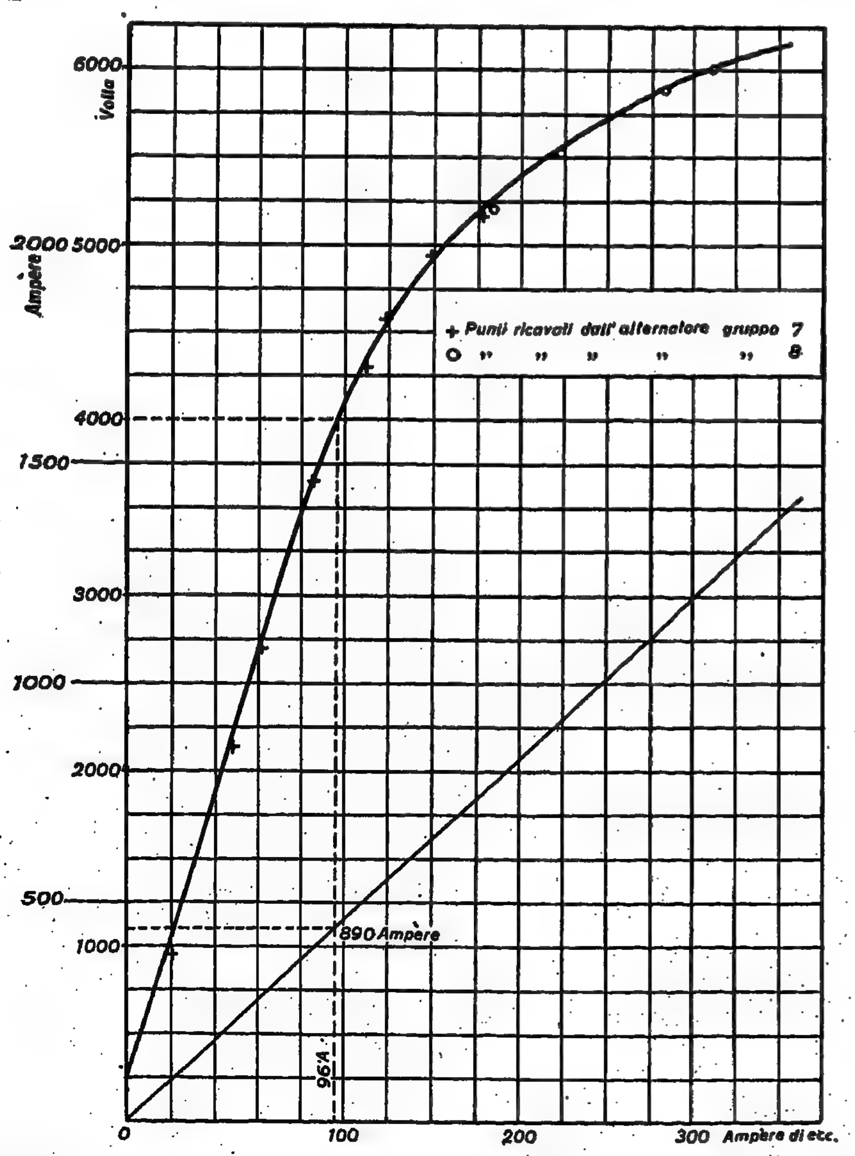


Fig. 78. - Caratteristiche degli alternatori 6, 7 e 8 da 9000 kVA, 16 2/3 ~, 250 giri.

3) Gruppi per i servizi interni.

Sono del tipo ad asse verticale e sono installati al centro della sala macchine. La loro potenza è già stata indicata nelle figure 49 e 79.

Data la loro normalissima costruzione, non è il caso di dilungarsi in dettagli.

4) Gru.

Il peso massimo da sollevare è costituito dal rotore di un alternatore da 36 000 kVA sospeso alla piletta ed alla crociera superiore, cioè t 200; seguono questi carichi minori:

1 trasformatore pieno d'olio con t 165;

1 rotore solo di t 160;

il nucleo di un trasformatore da 36 000 kVA, estratto dal cassone pieno d'olio, di t 80.

Tutti gli altri pesi sono minori. Nella previsione di dovere, per gli inevitabili ritardi nelle forniture, montare contemporaneamente parecchi alternatori (vi fu un periodo in cui ve ne erano 7) si decise di installare due gru della portata di 105 t cadauna, le quali, lavorando insieme, potevano sollevare pesi oltrepassanti le 105 t, fino ad un massimo di t. 200.

I dati delle gru sono:

distanza tra le rotaie di scorrimento	m	13,50
corsa massima del gancio dal pavimento	»	12,80
altezza del piano di scorrimento dal pavimento	»	14,—
Numero di ruote per parte		4
velocità del ponte	m/1'	18
potenza del motore	HP	17
velocità del carrello	m/1'	10
potenza del motore per il movimento del carrello	HP	10
velocità di sollevamento per pesi fino a t 105	m/1'	1,0
velocità di sollevamento per pesi fino a t 35	»	3,0
potenza del motore di sollevamento	HP	50

I motori sono comandati direttamente da controllers.

Quando le gru devono funzionare assieme, i due ponti si accoppiano meccanicamente. Così pure si accoppiano gli alberi dei controllers per ottenere il comando simultaneo delle due gru. Ai due ganci si sospende una traversa del peso di t 10, la quale è munita al centro di un perno girevole filettato alla estremità inferiore. Il perno viene direttamente avvitato nell'albero dei rotori da sollevare. I trasformatori invece vengono sospesi alla traversa mediante funi appositamente preparate.

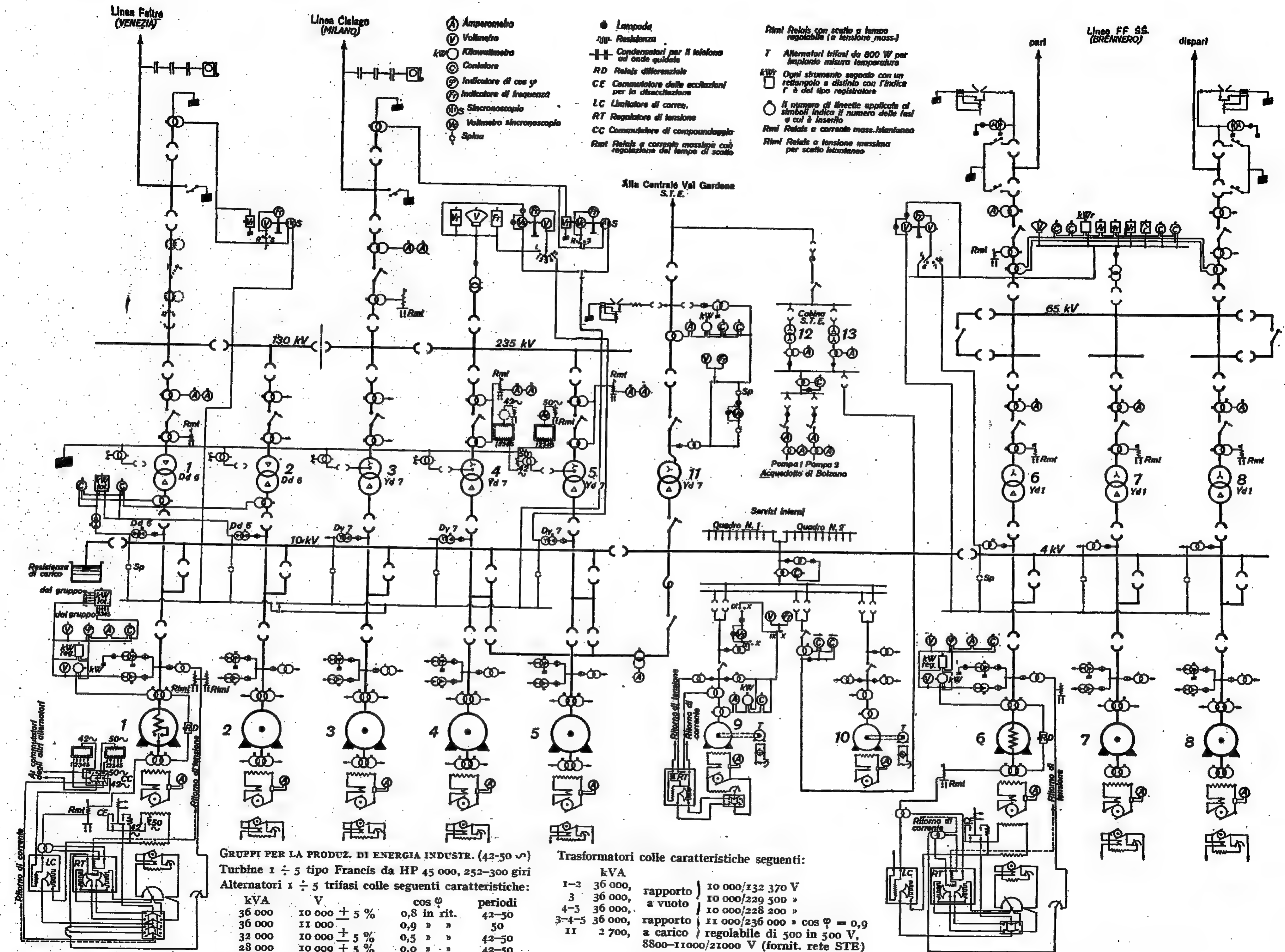
E) Impianti esterni di trasformazione.

1) Impianto a 235 kV.

a) *Disposizione.*

Sinora in Europa non erano stati eseguiti nè studiati impianti di così elevata tensione. Era quindi logico che l'attenzione venisse rivolta ai vari impianti a 220 kV esistenti in America, per valersi delle esperienze già fatte. Subito si presentarono due questioni essenziali su cui decidere: Neutro isolato o neutro a terra? Trasformatori monofasi o trifasi? Non è qui il caso di discutere i vantaggi dell'uno o dell'altro sistema e ci limitiamo perciò a comunicare le decisioni prese.

L'impianto è costruito in modo che possa funzionare tanto col neutro connesso direttamente a terra quanto col neutro isolato. Dall'epoca della sua messa in esercizio (7 gennaio 1930) esso ha sempre funzionato col neutro a terra. Si è pure creata la possibilità di adottare le bobine di spegnimento da inserire tra neutro e terra, sistema che in Italia ha incontrato poco fa-



Gruppi per la produz. di energia industr. (42-50 ∽)

Turbine 1 ÷ 5 tipo Francis da HP 45 000, 252–300 giri

Alternatori 1 ÷ 5 trifasi colle seguenti caratteristiche:

kVA	V	cos φ	periodi
36 000	10 000 ± 5 %	0,8 in rit.	42–50
36 000	11 000	0,9 » »	50
32 000	10 000 ± 5 %	0,5 » »	42–50
28 000	10 000 ± 5 %	0,0 » »	42–50
28 000	8 000	0,0 » antic.	42–50

Eccitatrici principali	1, 2, 3	kW 320	V 350	A 910
	4, 5	» 150	» 350	» 428
Eccitatrici ausiliarie	1, 2, 3	kW 4,5	V 125	A 36
	4, 5	» 3,62	» 125	» 29

Trasformatori colle caratteristiche seguenti:

	kVA		
1–2	36 000,	rapporto a vuoto	10 000/132 370 V
3	36 000,		10 000/229 500 »
4–5	36 000,		10 000/228 200 »
3–4–5	36 000,	rapporto a carico	11 000/236 000 » cos φ = 0,9
11	2 700,		regolabile di 500 in 500 V,

8800–11000/21000 V (fornit. rete STE)

Gruppi per i servizi interni

Turbine 9–10 tipo Pelton da HP 500, a 500 giri
Alternatori 9–10 trifasi da kVA 500, V 500, per. 50
Eccitatrici 9–10 da kW 6,9, V 60, A 115
Trasformatori 12–13 da kVA 200, 21 000/500 V.

Gruppi per produzione energia per trazione ferroviaria (16,7 ∽)

Turbine 7–8, tipo Pelton a 4 getti (turb. 6 a 5 getti), da HP 14 000, 250 giri

Fig. 79. - Schema elettrico generale.

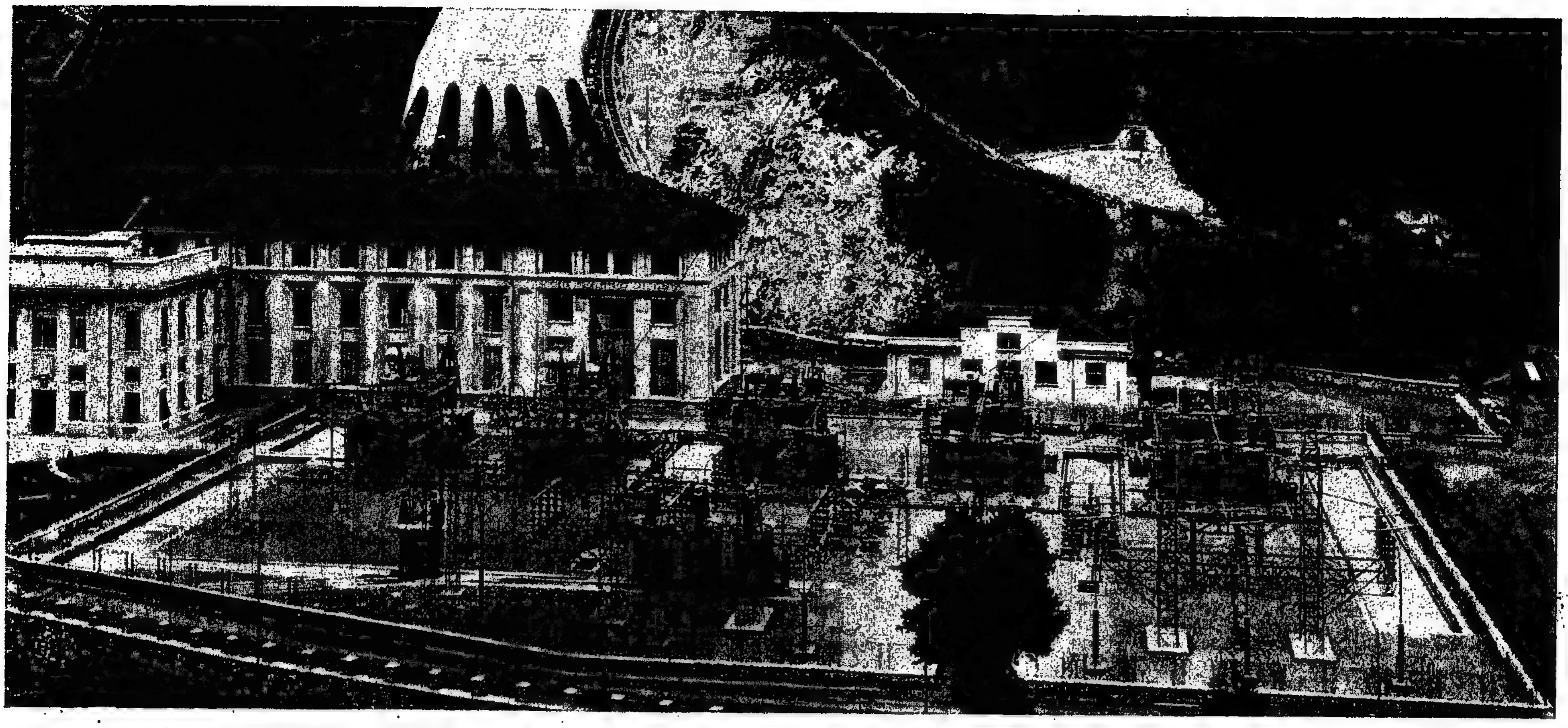


Fig. 80 *a*). - Vista dell'impianto di trasformazione a 235 kV, da oltre l'Isarco.



Fig. 80 *b*). - Vista di fianco dell'impianto di trasformazione a 235 kV.

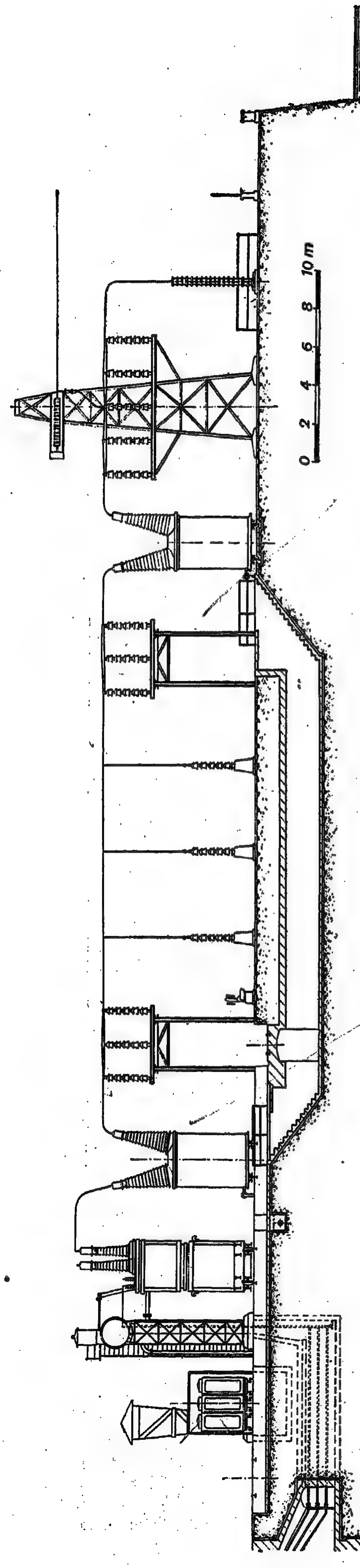


Fig. 80 c). - Sezione dell'impianto di trasformazione a 235 kV.

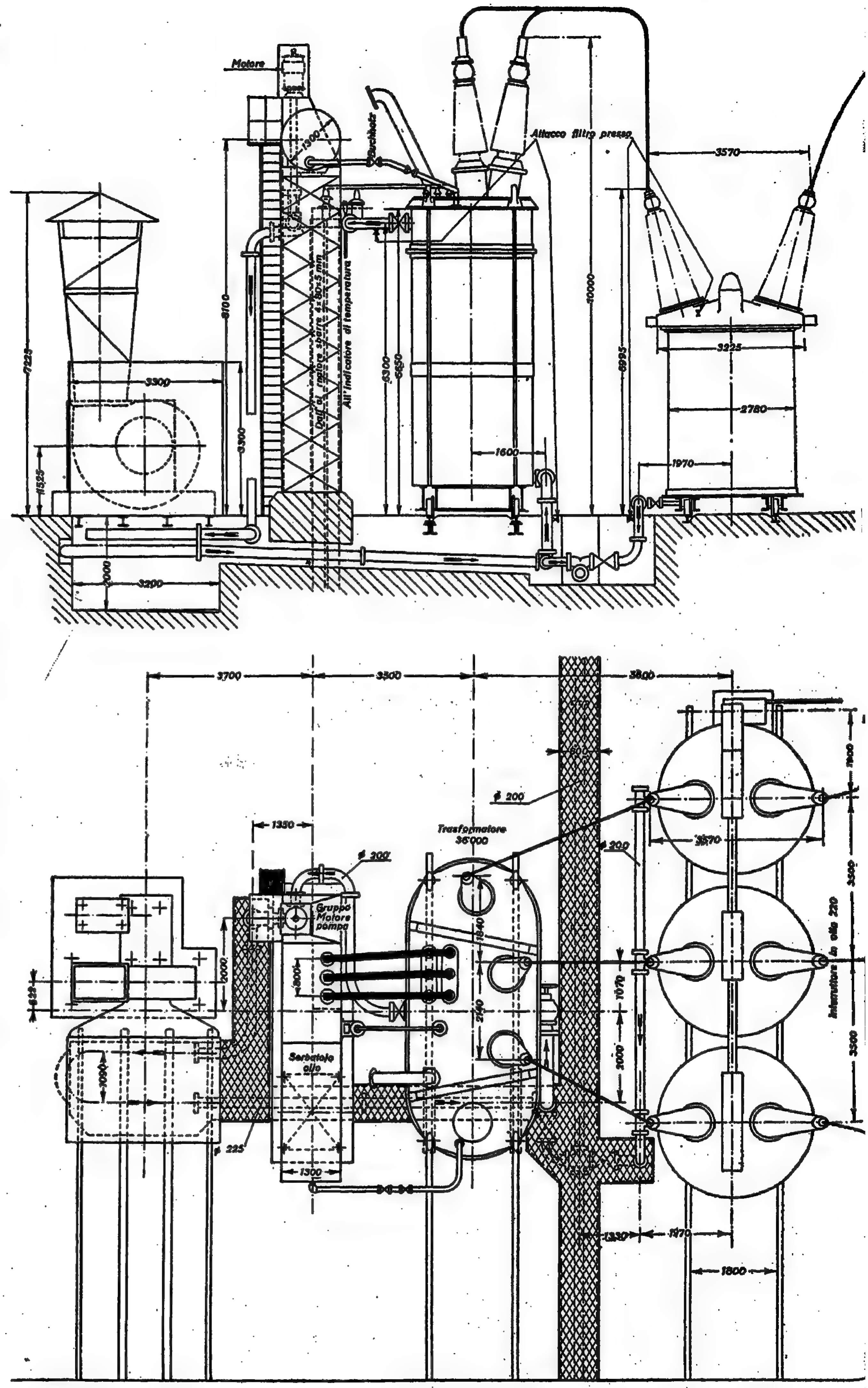


Fig. 81. - Sezione e pianta del gruppo 5 di trasformazione da kVA 36 000, a 42-50 ~.

vore, mentre è sempre più diffuso in Germania, e che per i buoni risultati ottenuti sembra decisamente prevalere colà sulla messa a terra diretta del neutro, specialmente a causa delle maggiori garanzie per la stabilità dell'esercizio in parallelo, che gli impianti col neutro isolato e muniti di bobine di spegnimento presentano in caso di perturbazione.

La seconda questione è stata risolta a favore dei trasformatori trifasi, di potenza uguale a quella degli alternatori e normalmente direttamente collegati con essi, come è già in uso nei numerosi impianti a 135 kV esistenti in Italia.

Risolte le due questioni nel senso sopraindicato era conse-

guentemente anche definito lo schema generale dell' impianto (v. fig. 79).

Due gruppi funzionano normalmente a 135 kV ed a 42 periodi, cogli avvolgimenti ad alta tensione del trasformatore collegati a Δ, ed alimentano la linea Feltre-Venezia col neutro isolato. (È previsto il caso di portare in avvenire anche la tensione di questa linea a 235 kV, collegando a stella gli avvolgimenti del trasformatore).

Gli altri tre gruppi invece alimentano la linea a 235 kV che va a Cislago e che continuerà per Torino.

Delle sbarre di smistamento a 10 000 V, installate nel sotterraneo della Centrale, permettono il collegamento di un alternatore al posto di uno qualsiasi degli altri.

Sul circuito ad alta tensione vi è un solo sistema di sbarre collettrici, sezionabili da separatori.

Un'altra questione da risolvere era quella della disposizione dell'impianto. Le enormi costruzioni con traliccio di ferro ese-

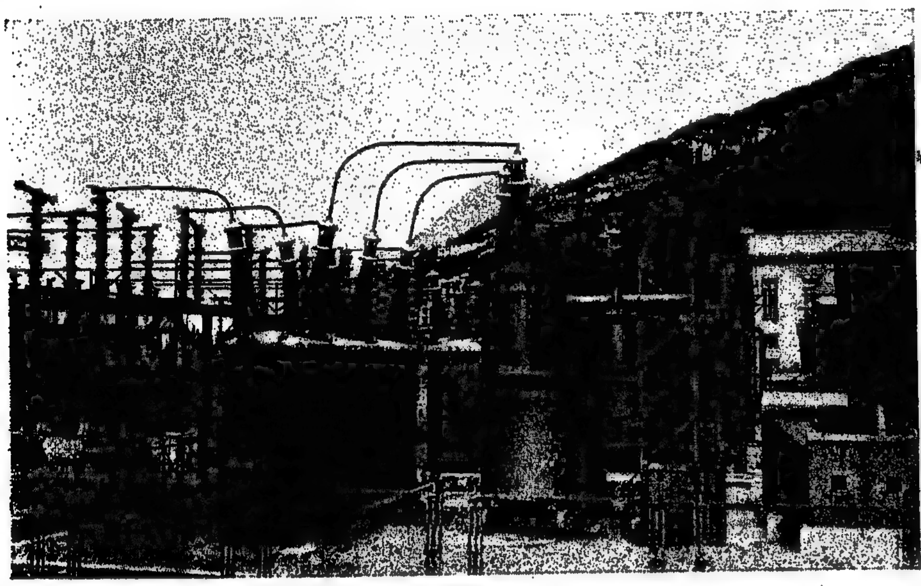


Fig. 82. - Vista di un gruppo trasformatore - interruttore - separatore da 36 000 kVA.

guite in America, e non molto felicemente copiate in Europa negli impianti sviluppati in altezza, non invitarono affatto a seguire l'esempio.

Allo sviluppo in senso orizzontale col sistema dei conduttori a corda sospesi a catene di isolatori si opponeva lo spazio disponibile, piuttosto ristretto, ed il grande numero di isolatori a sospensione che sarebbero occorsi.

Venne perciò adottato un nuovo sistema, con sviluppo in senso orizzontale, secondo il quale le singole parti, trasformatore-separatore-interruttore, sono installati uno vicino all'altro ed i collegamenti appoggiano soltanto sui morsetti degli apparecchi, eliminando gli isolatori portanti intermedi e le intelaiature di ferro che devono sostenerli.

In tutto l'impianto, comprendente 5 trasformatori e due linee in partenza, non vi sono che 17 isolatori portanti, che non facciano parte di un apparecchio. L'installazione è quindi riuscita di una sorprendente semplicità, come appare dalle figg. 80 *a*), *b*), *c*) e 49. Dalla pianta risulta che la vista dall'alto dell'impianto è la perfetta riproduzione dello schema di distribuzione.

I binari per il trasporto dovettero essere disposti un po' diversamente dal solito, necessitando rimuovere i trasformatori e gli interruttori in senso laterale per spingerli su un carrello trasbordatore che li porta in linea col binario principale; su questo essi si muovono colle proprie ruote di appoggio.

Il carrello trasbordatore è composto di due carrelli facilmente accoppiabili, le cui ruote possono essere disposte per il trasporto sia nel senso dell'asse lungo sia di quello corto. Sul binario ausiliario, sotto i cavalletti portanti i sezionatori, si possono spostare i mezzi carrelli da un trasformatore all'altro, evitando così di dover provvedere a più di un carrello.

Tutti gli spostamenti vengono eseguiti mediante argano fisso con corde e carrucole di rinvio spostabili.

Le sbarre collettrici sono state tenute basse il più possibile; sono in un recinto nel quale normalmente non si deve entrare coll'impianto in tensione. Due passaggi sotterranei collegano le due parti in cui l'impianto resta diviso dalle sbarre; i due passaggi s'incrociano con la galleria dei cavi provenienti dal sotterraneo dell'avancorpo, galleria che in caso di tempo cattivo serve anche di accesso per il personale di sorveglianza.

b) *Trasformatori.*

Dati tecnici:

		Trasformatori 1, 2, 3	Trasformatori 4, 5
potenza	kVA	36 000	36 000
tensione primaria	V	10 000	10 000
» secondaria	»	229 500	228 200
periodi		42-50	42-50
altezza totale	m	9 220	10 000
altezza del cassone	»	6,65	5,20
lunghezza	»	7,36	6,50
larghezza	»	3,14	3,34
peso totale olio compreso	t	168	150
peso del solo nucleo cogli avvolgimenti	»	80	70
peso dell'olio	»	57	65

Disposizioni e costruzione (v. figg. 81 e 82).

Le condutture tra l'alternatore e il trasformatore sono costituite da sbarre di rame nudo della sezione complessiva di mmq 1 600, installate in appositi cunicoli sotterranei. Esse giungono al rispettivo trasformatore attraverso un camino di lamiera adattato alla incastellatura metallica posta di fianco al trasformatore e che sostiene il recipiente di espansione e la pompa di circolazione dell'olio. Quest'ultima è montata all'altezza del livello superiore dell'olio ed è del tipo verticale, azionata da motore in corto circuito da 12 HP. L'olio circola in radiatori su alette metalliche in custodia metallica munita da un lato di apertura a gelosia, attraverso le quali entra l'aria di raffreddamento. L'aria viene aspirata da un ventilatore mosso mediante trasmissione *Texrope*, da motore elettrico di HP 27; il motore è munito di avviatore automatico centrifugo installato nel rotore e tanto il motore della pompa d'olio quanto quello del ventilatore sono comandati a distanza dal pannello del rispettivo gruppo del quadro generale.

Tutti i trasformatori sono muniti di uno scarico rapido dell'olio per il vuotamento del cassone in caso di incendio del medesimo. Le valvole di scarico sono del tipo a servomotore a pressione d'olio e possono essere aperte manovrando le relative valvole di comando, installate a debita distanza dal trasformatore stesso.

La tubazione collettrice degli scarichi termina in un serbatoio di ferro. (Sono pure muniti di scarichi comandabili a distanza gli interruttori in olio a 235 kV ed i trasformatori a 16 2/3 periodi).

I trasformatori di ambedue i fornitori sono del tipo a tre colonne, chiuse inferiormente e superiormente dai giuoghi, con avvolgimenti concentrici. I nuclei dei trasformatori 4 e 5 cogli avvolgimenti interamente montati, non eccedendo dalla sagoma ferroviaria, furono perciò spediti montati.

I trasformatori 1, 2, 3 dovettero invece essere trasportati smontati e rimontati sul posto. I cassoni d'olio vennero spediti in più pezzi e chiodati nel cantiere.

I nuclei sono costituiti da numerosi pacchi di lamierini di mm 0,4 di spessore, fra i quali sono disposti dei canali per la circolazione dell'olio. Nei trasformatori 1, 2, 3 l'isolamento tra i lamierini è di carta e l'unione delle colonne coi giuochi è a faccie combacianti, mentre negli altri sono stati adottati lamierini verniciati a caldo, usando il giunto del tipo « intercalato » tra colonne e giuoghi.

Dopo varie ed elaborate trattative coi fornitori, vennero di comune accordo stabilite le seguenti prescrizioni circa gli avvolgimenti:

Isolamento verso massa.

1) Bassa tensione: prova alla tensione di 25 000 V per 60 secondi secondo le Norme A.E.I.

2) Alta tensione: prova alla tensione di 450 000 V per 60 secondi secondo le Norme A.E.I.

3) Prova su un modello composto di una sola colonna di lunghezza ridotta, e due giughi parziali, aventi la sezione di dimensioni corrispondenti al vero, portante parti di un avvolgimento di una fase con bobine di testa e gli isolanti tra queste ed i giughi di dimensioni e materiali corrispondenti a quelli adottati per i trasformatori; il nucleo così completato, è stato immerso in un cassone d'olio, osservando la distanza prevista nei trasformatori tra conduttori e cassone, quest'ultimo munito di passante uguale a quello usato per i trasformatori.

Venne convenuto che detto modello avrebbe dovuto resistere, senza danno, a 20 impulsi di corrente ad alta frequenza della tensione di 650 000 a 700 000 V, applicata tra avvolgimento e massa. Se la prova, anzichè con corrente ad alta frequenza fosse invece stata eseguita con corrente a frequenza normale (sempre della tensione di 700 000 V) la prova avrebbe dovuto avere solamente la durata di 4 secondi.

Prova dell'isolamento tra le spire.

4) Prova del trasformatore completamente montato durante 60 minuti secondi, mettendolo in tensione dal lato della bassa tensione alla frequenza di 60 periodi al secondo e spingendo la tensione a 15 000 V, corrispondente a 330 000 V sull'alta tensione.

5) Prova diretta dell'isolamento tra le spire, applicando la tensione fra due spire di una bobina scelta dal cliente tra quelle confezionate per i trasformatori, opportunamente tagliata, e con le estremità libere isolate, immersa nel bagno d'olio. La durata della prova è di 4", la tensione di prova a 50 periodi è di:

150 000 V, per le spire delle bobine ad isolamento rinforzato all'estremità di ogni avvolgimento di fase e su ciascun lato in numero corrispondente a 7 1/2 % del totale delle spire;

90 000 V, per le spire delle altre bobine.

6) Prova dei passanti:

a) a bassa tensione, a secco ...... a 41 000 V per 60"
sotto pioggia .... a 30 000 » » »

b) ad alta tensione, a secco ...... a 550 000 » » »
sotto pioggia (5 mm per minuto primo inclin. a 45°) .. a 450 000 » » »

Le suddette prescrizioni vennero stabilite partendo dal concetto (che è stato seguito anche nello studio della ripartizione dell'isolamento) che la resistenza dell'isolamento del trasformatore alle sovratensioni, debba essere superiore a quella dell'isolamento della linea. In realtà i risultati ottenuti alle prove sono molto superiori alle prescrizioni. Per esempio durante le prove dell'isolamento tra le spire di isolamento rinforzato (v. prove 5) la tensione è stata spinta fino a 270 000 V (anzichè 150 000 V) senza ottenere la perforazione degli avvolgimenti per i trasformatori di ambedue le Case costruttrici. La prova 3 sul modello dei trasformatori 1, 2, 3 venne eseguita spingendo la tensione sino a 750 000 V onde ottenere lo scatto dell'arco superficiale lungo il passante e queste scariche vennero ripetute circa 20 volte, fino ad avere la certezza che l'isolamento dell'avvolgimento verso massa era superiore di quello superficiale dell'isolatore passante. Sarebbe stato desiderabile che anche l'isolamento della linea di trasporto fosse stato tenuto in limiti tali affinchè la tensione, alla quale avviene la scarica superficiale all'esterno degli isolatori a sospensione, fosse inferiore od almeno non superiore a quella che occorre per provocare la scarica ai passanti dei trasformatori, ma anche nel caso presente ha prevalso il concetto di armare la linea nel modo più sicuro possibile.

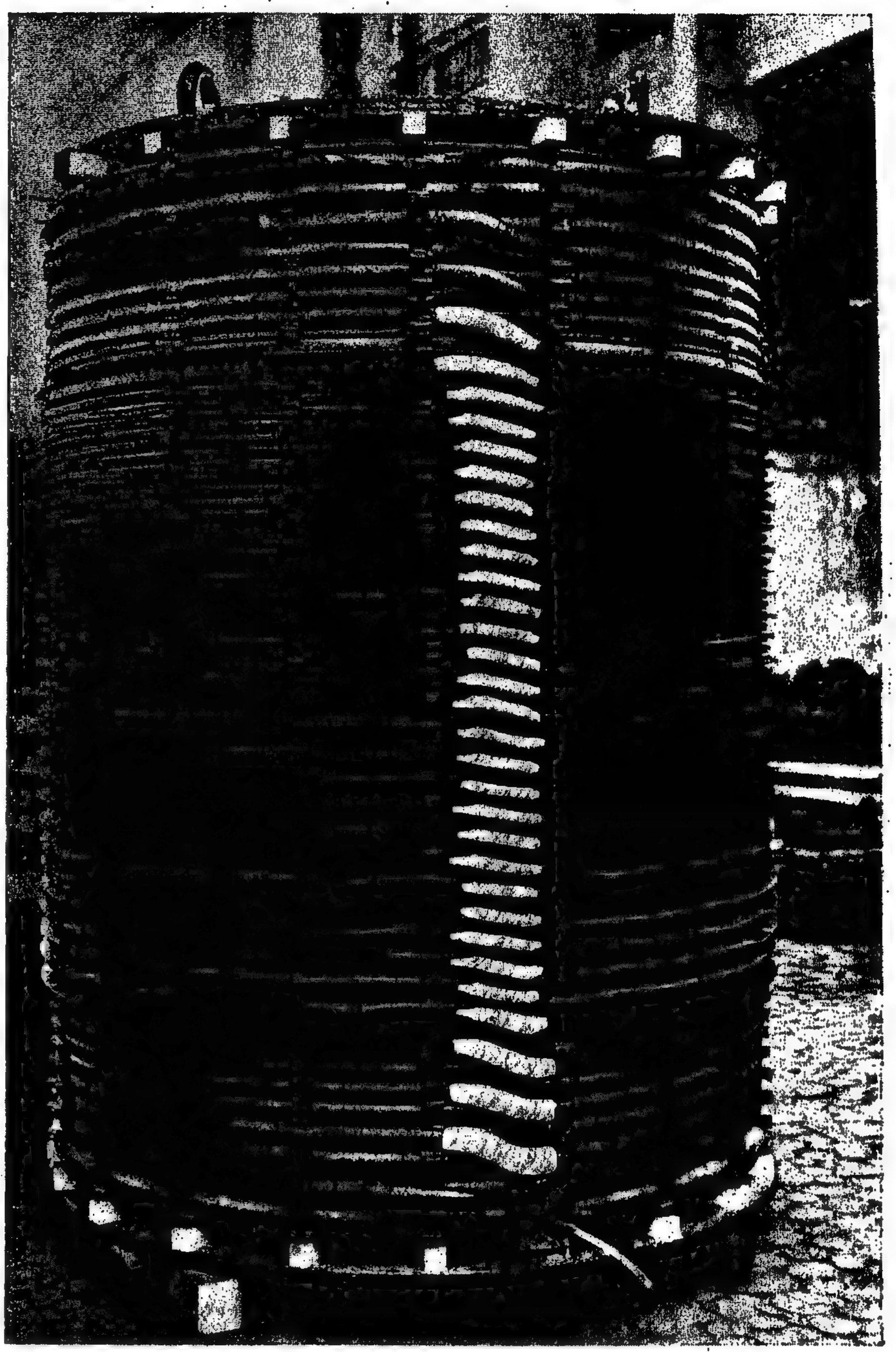


Fig. 83. - Vista di una colonna di avvolgimenti di uno dei trasformatori 4 e 5.

La fig. 83 rappresenta una colonna di avvolgimenti ad alta tensione dei trasformatori 4 e 5.

Tutti gli avvolgimenti sono compoundati per modo che, tranne il primo essicamento in officina, che è eseguito in autoclave, non occorre più, nè prima della messa in esercizio, nè nel caso di una riparazione, un ulteriore riscaldamento nel vuoto, ma solamente un riscaldamento dell'olio che si può ottenere riscaldando il trasformatore col secondario in corto circuito.

L'avvolgimento a bassa tensione è del solito tipo ad elica costituito da un conduttore composto di numerosi fili di piccola sezione onde ridurre al minimo le perdite addizionali.

L'avvolgimento ad alta tensione è composto di tante bobine singolari in serie, separate da uno strato di olio e da collari di cartone isolante in un sol pezzo, che si estendono senza giunti su tutto il perimetro delle colonne. L'avvolgimento secondario è separato da quello primario e dai giughi, per mezzo di un sistema isolante formato da cilindri concentrici ed anelli e flangia opportunamente intercalati fra di loro e con adatti diaframmi in cartone. Nessuna presa ausiliaria è stata prevista sugli avvolgimenti.

Nella fig. 84 del nucleo con gli avvolgimenti montati si riconoscono facilmente i dischi isolanti separatori tra le bobine e

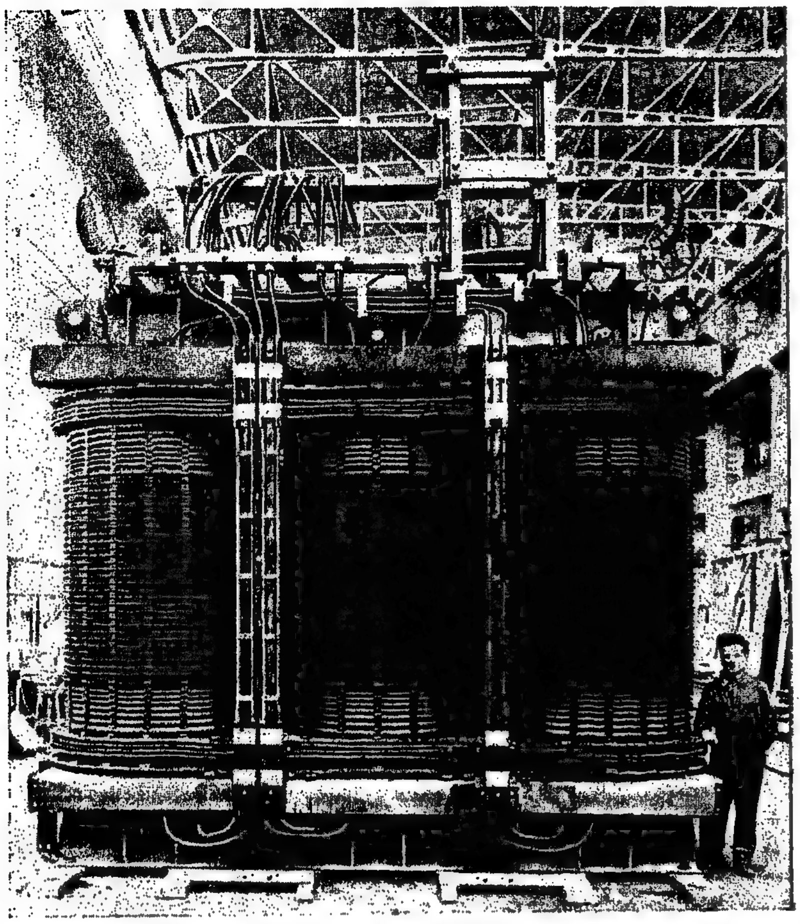


Fig. 84. - Vista del trasformatore 4 da kVA 36 000, montato.

quelli tra gli avvolgimenti ed i giuoghi. Le tre colonne di avvolgimenti sono protetti da cartoni isolanti con sovrapposizione dei giunti, per rinforzare l'isolamento fra le bobine ed il

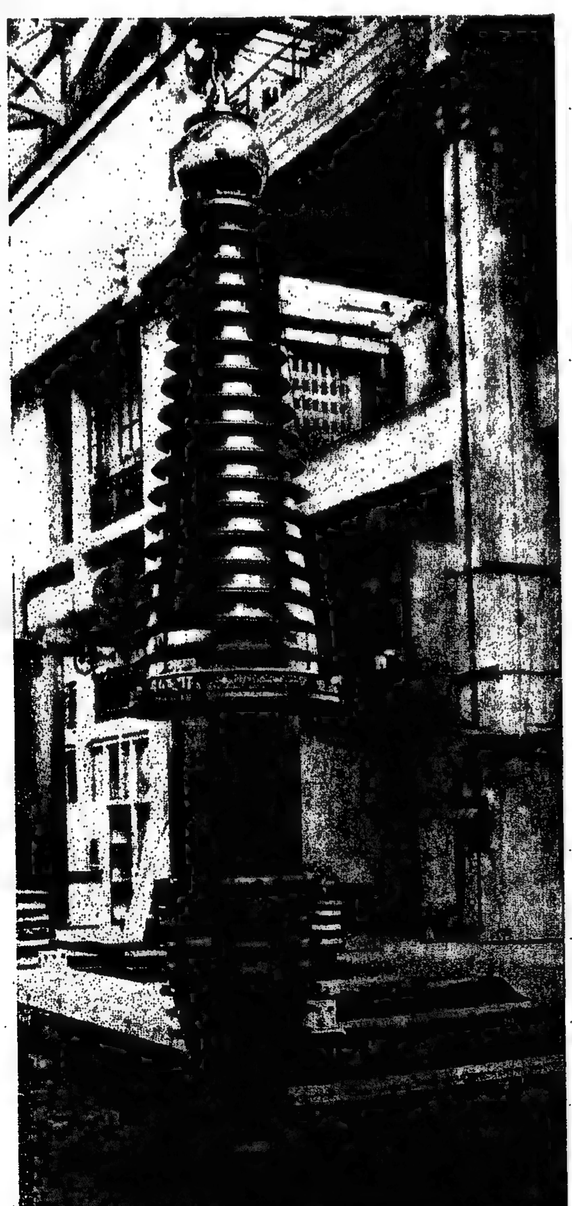


Fig. 85. - Passante di porcellana per esterno di un trasformatore da kVA 36 000 e a 235 kV.

cassone d'olio. Gli isolatori passanti di presa sull'alta tensione (3 per le fasi ed 1 per il neutro) sono del noto tipo costituito da un passante metallico isolato a mezzo di una serie di cilindri isolanti protetti da un tubo di porcellana riempito d'olio. L'isolatore esterno di porcellana, in colore marron, è in un sol pezzo (fig. 85) alto 2200 mm. Per i trasformatori e per gli interruttori fu impiegato lo stesso tipo di passante.

I trasformatori 1, 2 e 3 sono di costruzione molto simile a quella descritta. Differisce un po' la disposizione degli isolanti, riconoscibile nella fig. 86. Una parte dei passanti sono muniti di isolatori di steatite anzichè di porcellana.

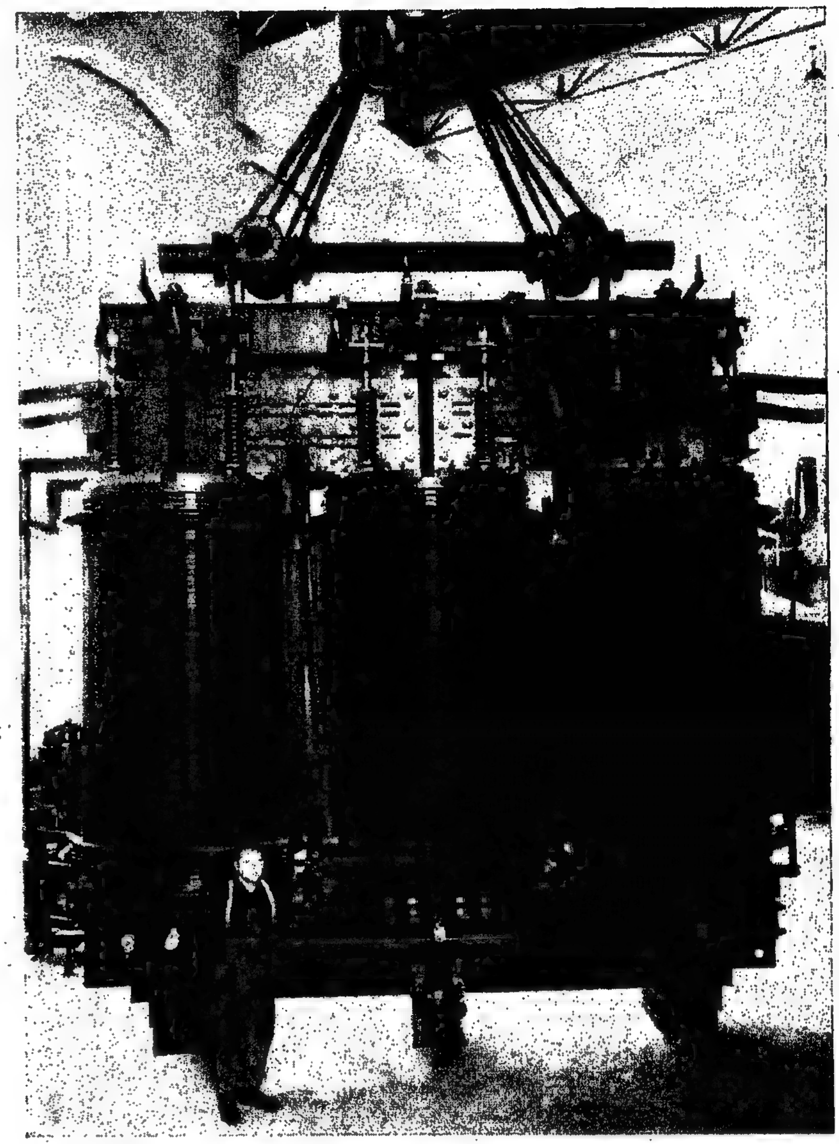


Fig. 86. - Il trasformatore 1, già montato.

Dati di prova.

Frequenza	42 periodi		50 periodi	
Trasformatori	1, 2, 3	4, 5	1, 2, 3	4, 5
perdita nel ferro a 10 500 V .. kW	102	144	—	184
perdita nel rame .... »	177	175	—	183
rendimento a pieno carico a $\cos \varphi = 1$ .... %	99,2	99,12	—	99
corrente a vuoto .... »	3,4	—	—	3,15
tensione di corto circuito .... »	11	9,3	—	11,—

Riscaldamento.

Aumenti di temperatura sulle temperature dell'aria di raffreddamento riscontrati alle prove di carico:

Trasformatori 4, 5 a 10 500 V e a 42 periodi:

olio 27° C; ferro 73° C; rame 48° C.

Idem a 10 000 V e a 50 periodi:

olio 26° C; ferro 66° C; rame 48° C.

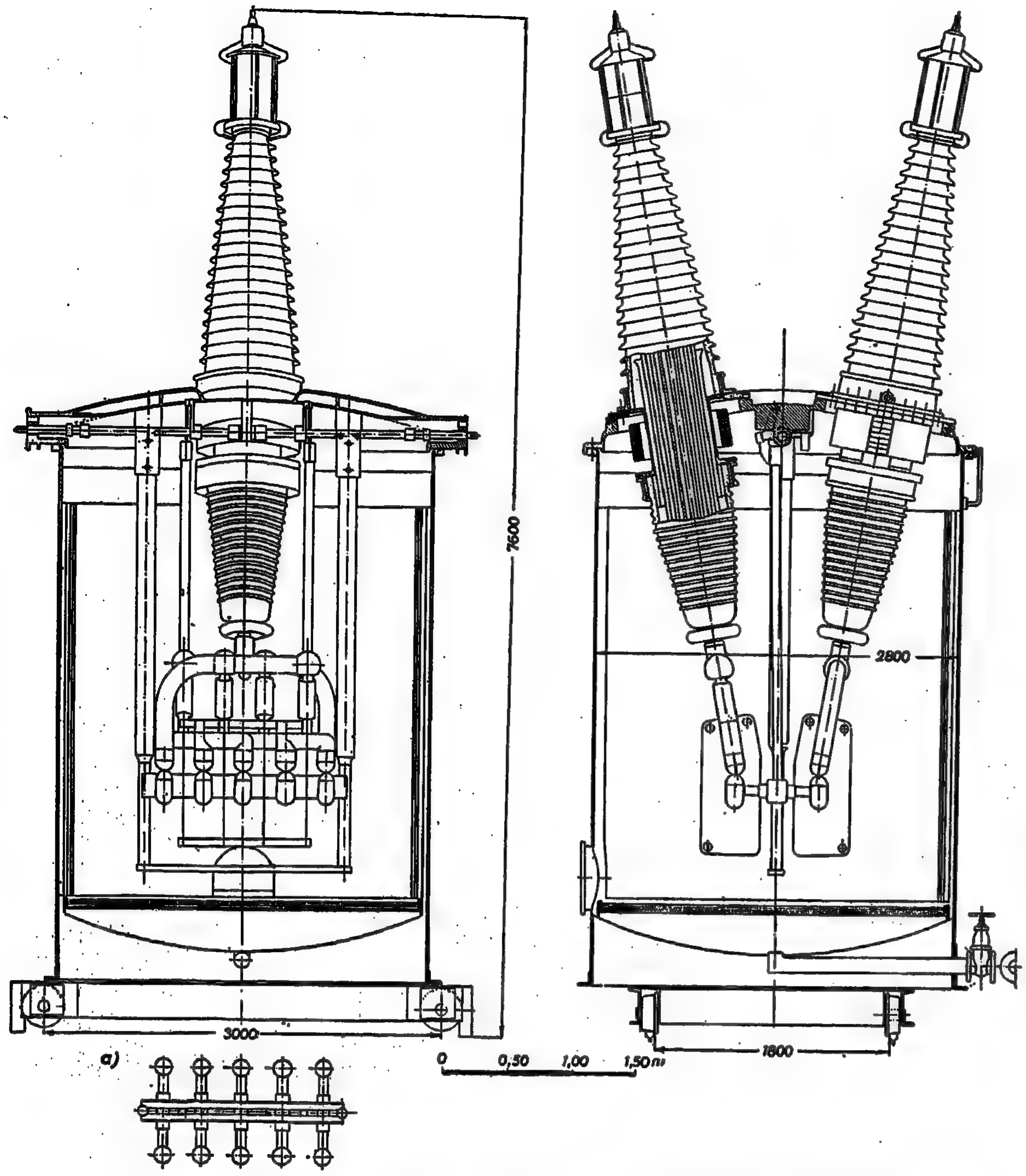


Fig. 87. - Interruttore N. 3 in olio, a 235 kV - *a*) dettaglio del contatto mobile.

c) *Interruttori in olio.*

Gli interruttori 4 e 5 sono del tipo a due sole interruzioni, con camera di esplosione, mentre 1, 2 e 3 sono del consueto tipo a contatti sferici e ad interruzioni multiple (v. fig. 87). I passanti sono uguali a quelli dei trasformatori, salvo ad essere muniti di riduttori di corrente per l'alimentazione di tre amperometri e di tre relais a corrente massima. Le dimensioni esterne per ogni polo sono le seguenti:

Interruttori dei gruppi		1, 2, 3	4, 5
Altezza totale da terra	m	7,60	6,995
diametro del cassone d'olio	»	2,800	2,780
altezza del cassone d'olio	»	4,440	4,000
distanza tra i morsetti dello stesso polo (esternamente)	»	2,620	3,560
distanza tra i centri dei tre poli ...	»	3,500	3,500
peso dei tre poli compresi il comando e l'olio	t	98	89
peso dell'olio per una terna........	»	60	60
capacità di rottura garantita	kVA	2 000 000	1 500 000
tensione di prova verso massa	V	500 000	500 000
tensione di prova verso massa sotto pioggia	»	450 000	450 000

Nel capitolato di fornitura venne posta la condizione che l'interruttore dovesse essere in grado di sostenere una prova di 12 chiusure ed aperture su un corto circuito, con tutti e cinque i gruppi di 36 000 kVA in servizio e che i contatti, dopo detta prova, non dovessero essere deteriorati in modo da non potere ulteriormente servire.

d) *Separatori.*

Essi sono del tipo a tre colonne, con la colonna centrale girevole portante un bilanciere a contatti. La distanza tra le colonne estreme è di m 3,50, l'altezza di una colonna portante risulta di m 2,20. L'apertura del separatore misura m 1,80 fra i contatti della parte girevole a posizione estrema di apertura e le parti fisse. I contatti sono previsti per 500 Ampère di intensità di corrente d'esercizio e consistono in una spazzola di ampia superficie la quale, in posizione aperta del coltello, è ritirata nel bilanciere, ed in posizione chiusa esce da questo e viene fortemente premuta contro il contatto fisso senza per altro esercitare pressione alcuna sulla colonna di isolatori. Il contatto fisso consiste in un semplice corpo di bronzo con superficie di contatto piana verticale, protetto da una sporgenza dalla forma di tettuccio. Le colonne portanti sono composte di 5 isolatori a campana di ultra forte costruzione (fig. 88) e corrispondono ai seguenti dati tecnici: peso kg 250, arco superficiale a secco 690 kV, idem sotto pioggia 450 kV.

La colonna montata non si rompe che ad un tiro di kg 400 applicato all'estremità superiore ed agente in senso perpendicolare all'asse della colonna, e resiste ad un momento di trazione di 450 kgm.

L'azionamento dei separatori può essere eseguito a mano od a distanza dal quadro generale. Lo stesso tipo di separatore è stato adottato in seguito anche per la stazione all'aperto di Cislago e per i posti di sezionamento della linea di trasporto.

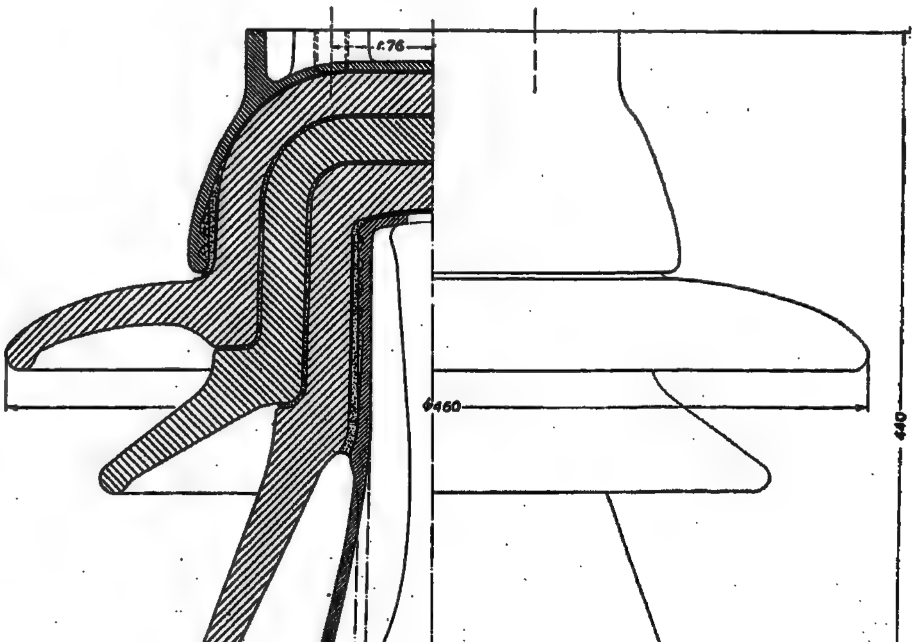


Fig. 88. - Isolatore a campana delle colonne portanti delle condutture e dei separatori a 235 kV.

e) Conduttori.

I collegamenti tra i trasformatori-interruttori e la prima serie di coltelli sono costituiti da tubo di rame di mm 59 di diametro. Per le sbarre collettrici e le derivazioni da queste si è ricorso a

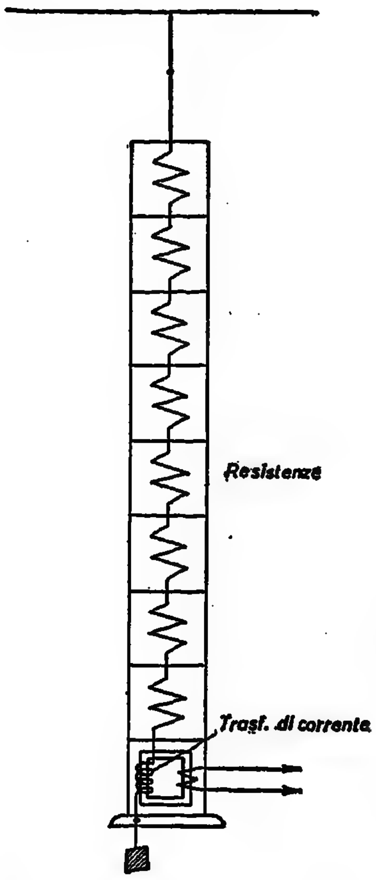


Fig. 89 *a*). - Schema di un riduttore a colonna a 235 kV, tipo Trueb-Täuber.

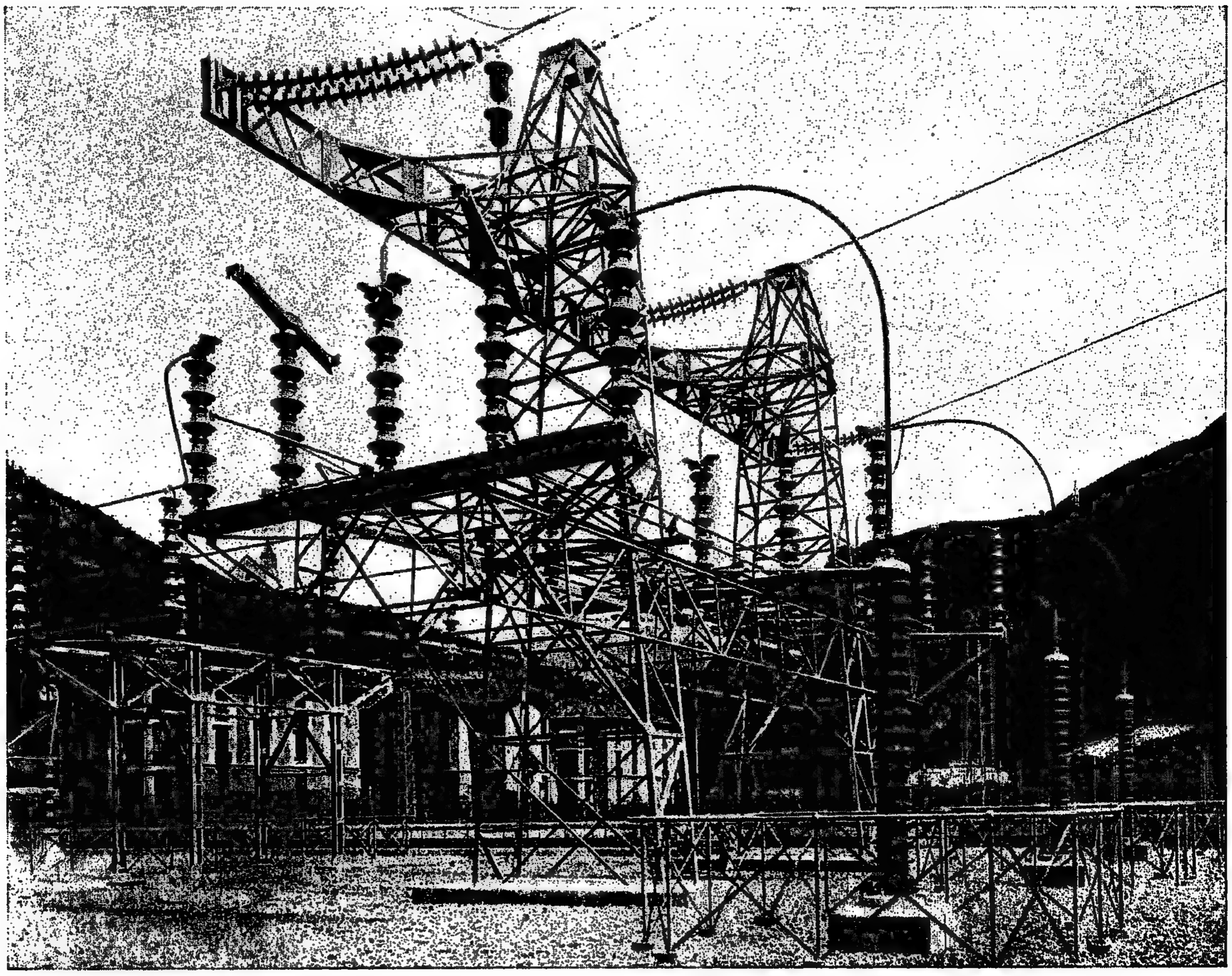


Fig. 89 *b*). - Palo d'ammarraggio della linea a 235 kV, con separatori e riduttori a colonna tipo Trueb-Täuber.

tubi di acciaio di mm 90 di diametro esterno e di mm 80 di diametro interno, dato che gli appoggi distano da 8 a 16 m l'uno dall'altro.

Si è debitamente tenuto conto della sollecitazione provocata dal peso della neve e dall'azione del vento, in modo che i sovraccarichi causati non possono produrre visibili flessioni delle condutture.

La distanza tra i conduttori di differente fase è stata tenuta di m 4,50, quella tra conduttori e terra di m 2,35, delle cancellate di protezione dal conduttore più vicino di m 3.

f) Trasformatori di tensione.

Alle sbarre collettrici è allacciato un trasformatore monofase del rapporto $\frac{259\,637}{110}$ e su ogni linea in partenza una terna di riduttori a colonna, inseriti tra fase e terra. Questi riduttori consistono in una serie di resistenze ohmiche ad elementi montati in cascata. Tra l'ultimo elemento e la terra è inserito un riduttore di corrente il cui secondario alimenta un amperometro.

Essendo la corrente circolante nelle resistenze esattamente proporzionale alla tensione, la scala dell'istrumento è segnata direttamente in kV. Le resistenze ed il riduttore sono immersi in olio, contenuto in un recipiente costituito da una base in ghisa e da un tubo in bachelite. Il tubo a sua volta è protetto da isolatori in porcellana di forma anellare, messi uno sopra l'altro fino a raggiungere l'altezza del tubo (figg. 89 *a*) e *b*)). Un commutatore, al quale fanno capo i circuiti secondari dei riduttori permette il controllo delle tre tensioni verso terra, delle tre tensioni concatenate e di valersi delle colonne anche per la sincronizzazione dei gruppi.

g) Impianto per il trattamento dell'olio.

Nei trasformatori e negli interruttori delle due stazioni di trasformazione sono contenute complessivamente 900 t di olio. Per poter essiccare una simile quantità in breve tempo, si è costruito un impianto stabile di grande potenza, rappresentato schematicamente dalla fig. 90.

L'olio giunto in vagone a cisterna viene travasato direttamente nel serbatoio N. 1 della capacità di mc 83 (la quantità necessaria per un trasformatore è di t 65 e per una terna di interruttori di t 60).

Una pompa centrifuga, stabilmente installata nel sotterraneo dell'avancorpo, aspira l'olio del serbatoio e lo spinge, attraverso un riscaldatore elettrico (che riscalda fino a ca. 40° C) ed un grande filtro doppio a carta assorbente della capacità di mc 14,4 all'ora, nella tubazione premente di ferro zincato. Questa tubazione ha una derivazione per ciascun trasformatore od interruttore. Una seconda tubazione, pure con prese per ogni gruppo, serve per ricondurre l'olio o nel serbatoio o alla pompa. Riempito il trasformatore si collega la tubazione di ritorno con la bocca di aspirazione della pompa in ciclo chiuso e si continua l'essicazione fino a completa scomparsa di umidità dell'olio. I trasformatori a 16 2/3 periodi vengono essicati nella sala macchine, dove si trovano due prese della tubazione d'olio. L'essicazione dell'olio degli interruttori a 70 000 V viene invece eseguita sul posto a mezzo di un piccolo impianto mobile, sistema Laval.

Ai serbatoi 2 e 3 fanno capo le tubazioni di scarico rapido per il caso di sinistri.

h) Schema.

Seguendo lo schema generale a partire dall'alternatore, descriveremo ora brevemente i diversi circuiti e dispositivi.

Quando un alternatore non lavora sul proprio trasformatore, devono naturalmente venire commutati anche i circuiti ausiliari di scatto degli interruttori, cosa che è facilmente eseguibile.

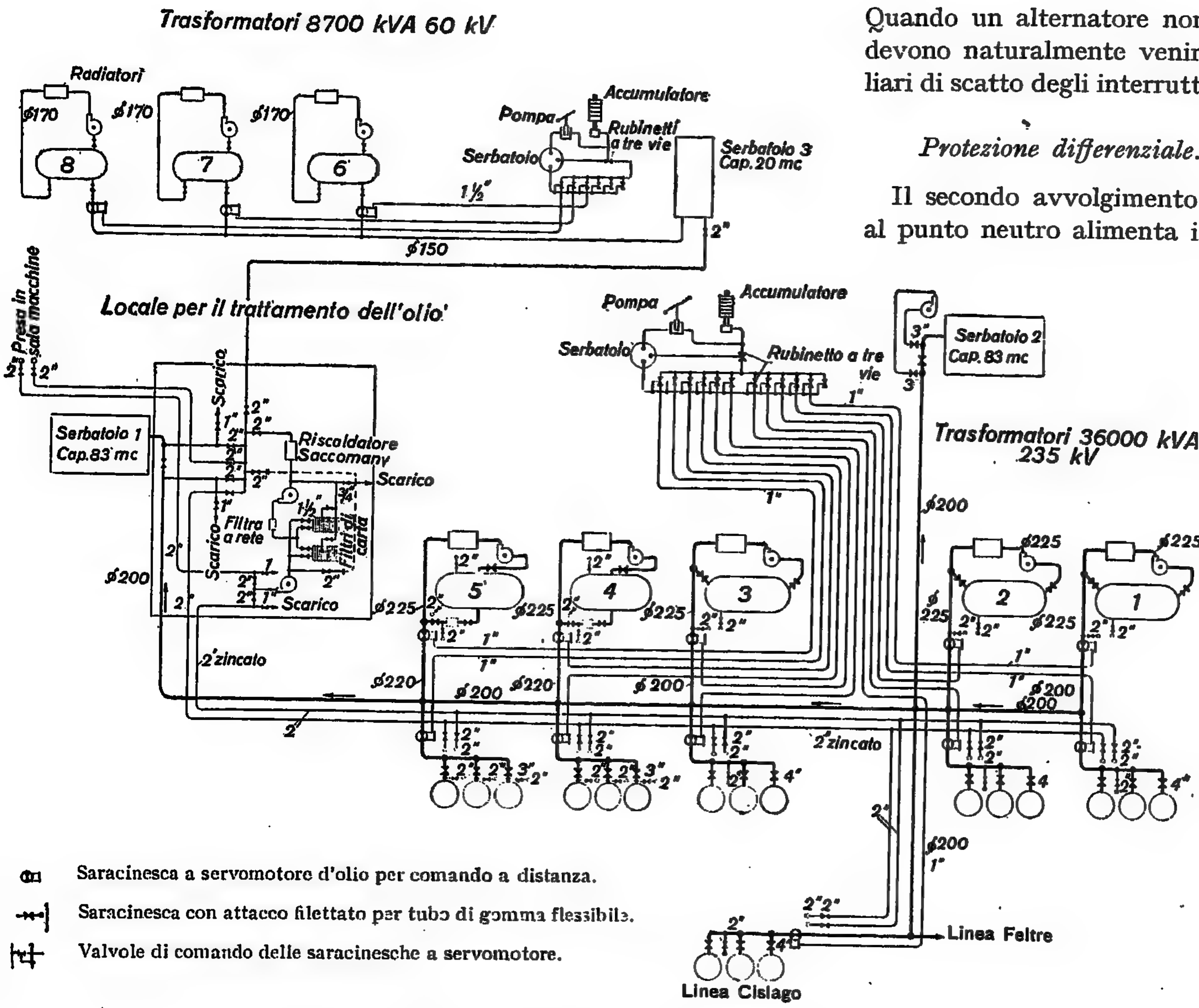


Fig. 90. - Schema dell'impianto di essiccamento dell'olio.

Protezione differenziale.

Il secondo avvolgimento secondario della serie di riduttori al punto neutro alimenta il relais differenziale, unitamente ai riduttori di corrente inseriti all'uscita delle condutture dall'alternatore.

Detto relais funzionando provoca:

1) lo scatto dell'interruttore principale del trasformatore;

2) la diseccitazione dell'alternatore;

3) il funzionamento dell'impianto automatico di spegnimento d'incendio dell'alternatore;

4) la chiusura del distributore delle turbine e la conseguente fermata del gruppo.

Strumenti di misura.

Il secondo circuito secondario della seconda serie di riduttori alimenta gli strumenti di misura: i rispettivi circuiti voltmetrici sono alimentati da separati riduttori di tensione ⅄/⅄ 11 000/110 V.

Eccitazione e regolazione automatica di tensione.

Le eccitatrici ausiliarie del tipo ad eccitazione in derivazione con avvolgimenti compound hanno una caratteristica molto simile a quella di una dinamo con eccitazione in serie. I regolatori automatici sono inseriti nel circuito di eccitazione della eccitatrice principale e un commutatore permette di escludere o includere la regolazione.

Come già si è accennato, per l'esercizio a 50 periodi, viene esclusa una parte degli avvolgimenti di eccitazione della eccitatrice principale.

Ambedue le eccitatrici hanno regolazione potenziometrica. Il regolatore è compoundato, regola cioè su tensione costante a Cislago. L'avvolgimento secondario del riduttore di corrente inserito al punto neutro dell'alternatore, il quale esercita l'effetto di compoundaggio sul regolatore, alimenta in serie i relais a corrente massima *Rmt* e il limitatore di corrente (v. gruppo 1, fig. 79), e fa capo ad un commutatore, per mezzo del quale il circuito può essere inserito o sul trasformatore sommatore a 42 periodi, o su quello a 50 periodi, a seconda che l'alternatore funzioni sull'una o sull'altra linea in partenza. Il circuito secondario del trasformatore sommatore, nel quale circola quindi la corrente corrispondente al carico totale di tutti gli alternatori funzionanti alla stessa periodicità si trova, in serie con tutte le resistenze di compoundaggio dei regolatori di tensione dei rispettivi alternatori.

L'effetto di compoundaggio può essere regolato a volontà mediante la resistenza *R* (per maggiore semplicità, i circuiti a corrente alternata, sono segnati tutti monofasi).

Protezione contro eccessive intensità di corrente.

Gli alternatori sono protetti contro eventuali sopraccarichi di corrente per mezzo di limitatori di corrente e dai relais a corrente massima regolati a 10''. Il relais, funzionando, fa scattare l'interruttore ad alta tensione e diseccita l'alternatore.

Per ogni gruppo sono installati:

al quadro di gruppo in prossimità dell'alternatore:

- 1 chilowattmetro indicatore;
- 1 voltmetro indicatore;

al quadro principale verticale:

- 1 voltmetro indicatore;
- 1 amperometro indicatore;
- 1 chilowattmetro registratore;
- 1 contatore;
- 1 indicatore di cos φ.

Sul pannello centrale del quadro è installato un chilowattmetro registratore totalizzatore, alimentato dai circuiti voltmetrici e amperometrici dei riduttori dei singoli gruppi, il quale segna quindi tutta l'energia prodotta dai gruppi per servizio industriale, indipendentemente se essi funzionino a 42 od a 50 periodi.

Il carico totale dei due gruppi 1 e 2, funzionanti normalmente sempre a 42 periodi, è segnato separatamente da un secondo chilowattmetro totalizzatore.

Protezione contro l'eccessivo aumento di tensione.

Un trasformatore di tensione alimenta il circuito voltmetrico del regolatore automatico di tensione e due relais di tensione massima. Il primo, *Rtmt*, entra in funzione a 14 000 V e dopo 10'' diseccita l'alternatore ed apre inoltre l'interruttore principale.

Il secondo relais è tarato a 16 000 V e funziona istantaneamente. Esso entra in funzione all'aprirsi dell'interruttore al termine della linea a Cislago. A causa della forte corrente di capacità assorbita dalla linea, la tensione aumenta rapidamente prima che i regolatori riescano a ridurla.

Il relais fa scattare l'interruttore del trasformatore, diseccita l'alternatore e chiude il distributore della turbina.

Controllo dell'isolamento.

Ad ogni alternatore è allacciato un riduttore di tensione trifase col neutro A. T. a terra, il cui secondario alimenta tre lampadine installate sul pannello degli strumenti del rispettivo gruppo.

Protezione contro intensità di corrente eccessive tra neutro e terra (v. fig. 91).

Lo schema è già disegnato per il funzionamento della linea di Feltre a 235 000 V. Il neutro di ogni trasformatore è collegato a terra attraverso un riduttore di corrente. I rispettivi circuiti secondari sono commutabili su due riduttori sommatori. Nel circuito secondario dei detti trasformatori per sommatore, sono inseriti un amperometro registratore ed un relais a corrente massima, combinato con un relais indipendente a tempo. Il relais apre l'interruttore di linea quando la corrente a terra supera l'intensità di 40 A per la durata di 10''.

Tre voltmetri registratori alimentati dai riduttori a colonna, descritti a pag. 000 seguono costantemente le tre tensioni verso terra, in modo che qualunque guasto, anche allo stato iniziale può essere rilevato dai diagrammi o dai voltmetri o dall'amperometro sul neutro.

Protezione Buchholz.

Tutti i trasformatori sono protetti col suddetto sistema con doppio circuito, di cui, uno per il caso di sviluppo lento di gas fa funzionare il claxon d'allarme; l'altro invece per il caso di sviluppo violento di gas provoca l'apertura dell'interruttore del trasformatore e la diseccitazione dell'alternatore.

Comandi a distanza degli interruttori e dei separatori.

Tutti i comandi sono alimentati da una batteria di accumulatori di 260 Ah composta di 72 elementi, mentre le lampadine di segnalazione di « aperto » e « chiuso » sono invece allacciate alla corrente alternata.

I comandi più importanti assorbono 220 A; la corrente è derivata da un circuito ad anello chiuso che dalla batteria passa a tutti i comandi e ritorna alla batteria. In caso di guasto l'anello può essere sezionato, senza che occorra mettere fuori servizio nessun comando. Gli interruttori a pulsante di comando, installati sul banco di manovra, azionano dei contattori montati negli apparecchi di comando stesso che, a loro volta, chiudono ed aprono i circuiti principali derivati dal sopradetto circuito ad anello.

I separatori non possono essere manovrati che a corrispondente interruttore ad olio aperti.

Segnalazioni ed allarmi.

In generale il circuito di segnalazione di allarme di ogni singolo gruppo alternatore-trasformatore-interruttore è alimentato da un proprio riduttore per evitare che l'imperfetto isolamento o guasti sul circuito di un gruppo, abbiano da ripercuotersi sui circuiti degli altri gruppi.

Contrariamente a quanto si è fatto finora in altri impianti, le lampadine di allarme non sono concentrate su un cosidetto quadro di allarme, perchè tale disposizione presenta l'inconveniente che il personale non può più ad una certa distanza riconoscere rapidamente in quale parte dell'impianto si sia verificato il guasto, ma deve recarsi vicino al quadro, per essere poi magari obbligato a correre assai lontano per portarsi al posto dove necessita intervenire.

Premettiamo che la posizione « chiusa » degli interruttori, la circolazione dell'olio o dell'aria o dell'acqua, vale a dire, lo stato normale « *in esercizio* » viene segnalato con lampadina colore arancio; lo stato « aperto » degli interruttori, e cioè lo stato « fuori esercizio » con lampadina bleu. Ogni passaggio di un apparecchio da una posizione all'altra o l'arresto del funzionamento, non eseguito volutamente, viene otticamente segnalato con lampadine rosse ed acusticamente da un forte claxon, udibile sia dalla sala macchine, sia dalla sala dei quadri di comando.

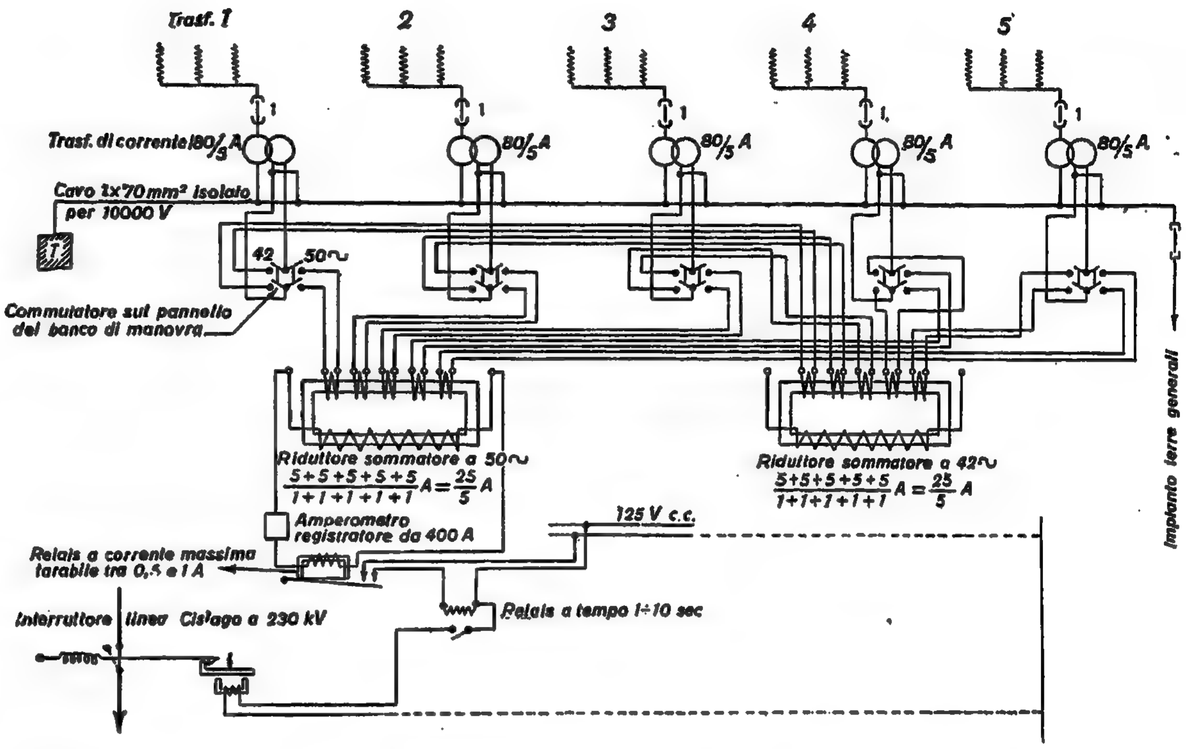


Fig. 91. - Schema per la protezione del neutro per la linea di Feltre a 235 kV.

Lo scatto degli interruttori ed il funzionamento degli scaricatori non vengono segnalati dal claxon generale, ma da un campanello udibile solo dalla sala-quadri.

Tutte le irregolarità di funzionamento riguardanti il macchinario vengono segnalate ai rispettivi quadri di gruppo, vicini agli alternatori, perchè è il macchinista, cioè la persona più vicina, che deve intervenire; quelle riguardanti le due stazioni di trasformazione e la camera di carico invece, vengono segnalati al quadro generale.

Affinchè il personale, al richiamo del claxon, possa riconoscere nel modo più pronto dove occorre intervenire, si sono prese le seguenti disposizioni. Un'irregolarità nel funzionamento in una delle due stazioni esterne di trasformazione o nella camera di carico, provoca (oltre l'allarme acustico) l'accensione di una lampada rossa al quadro generale e precisamente sul pannello del gruppo, il cui funzionamento è divenuto irregolare. L'elettricista può quindi prontamente rilevare presso quale pannello deve accorrere ed essendo per ogni servizio installata una propria lampadina di segnalazione, può pure identificare quale servizio funziona irregolarmente ed intervenirvi. Contemporaneamente al segnale acustico si accende nella sala macchina una lampada chiara, visibile da ogni punto della sala, segno per il macchinista che il guasto di cui è stato avvertito dal claxon non riguarda il macchinario e che quindi egli non ha da intervenire.

Se per contro si verifica una irregolarità al macchinario, si accende contemporaneamente al segnale del claxon, in corrispondenza al quadro di gruppo dell'alternatore, che funziona irregolarmente, una lampada rossa di gruppo installata all'altezza di circa m 4 dal suolo.

Essendo dette lampade visibili da qualunque punto della sala macchine, il macchinista può immediatamente individuare quale gruppo necessita del suo intervento. Portandosi al rispettivo quadro di gruppo può rilevare, secondo l'ubicazione della

lampadina rossa ivi accesa (oltre alla lampada del gruppo già suaccennata) quale parte dell'impianto funziona irregolarmente.

Impianto di controllo delle temperature.

L'impianto del sistema Trueb-Taueber, costituisce una seconda prova che gli elementi di resistenza possono essere collocati direttamente sul rame degli avvolgimenti ad alta tensione, senza diminuire nè la sicurezza d'esercizio dell'impianto, nè l'esattezza delle indicazioni.

Occorre dopo avere eseguite scrupolosamente e solidamente le connessioni, curare che i conduttori di collegamento siano cordati bifilarmente e schermati per evitare le influenze di altri circuiti paralleli.

L'impianto è alimentato da un piccolo alternatore di 800 W, funzionante a 47 periodi, velocità che si è verificata come la più idonea per evitare influenze sia che il macchinario principale funzioni a 50, sia a 42 che a 16 2/3 periodi.

Le temperature possono essere lette al banco di manovrà su due strumenti installati nel pannello di ogni gruppo, di cui uno segna le temperature « elettriche » e cioè le temperature del rame, del ferro ecc. e l'altro quelle « meccaniche », e cioè dei cuscinetti, dell'olio, dell'acqua, dell'aria, ecc.

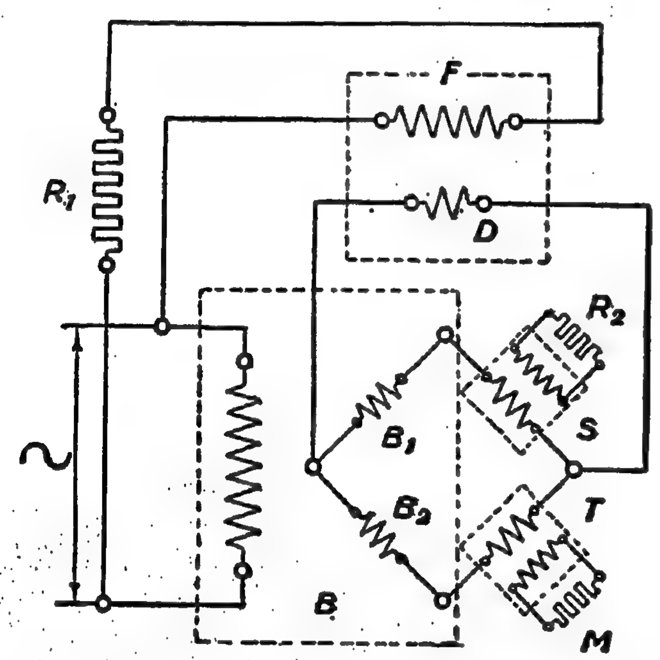


Fig. 92. - Schema di un circuito di misura di temperature col termometro a resistenza e riduttore di protezione tipo Trueb-Taüber.

La fig. 92 rappresenta lo schema di un circuito di misura. Col variare della temperatura e quindi della resistenza dell'elemento di misura *M*, varia l'impedenza risultante del trasformatore di protezione *T*, all'avvolgimento secondario del quale è collegato l'elemento di misura.

L'impedenza risultante dal trasformatore di paragone *S* rimane invece costante.

La differenza di potenziale, che viene così creata nel ponte, ne modifica l'equilibrio in rapporto diretto alla variazione di resistenza verificatasi nell'elemento di misura, costituito da una resistenza puramente ohmica.

La posizione di equilibrio della bobina mobile *D* del ponte è determinata dall'azione concomitante di cotesta differenza di potenziale, che provoca una corrente nella bobina mobile, e dalla f. e. m. prodotta nella bobina mobile dalle linee di forza della bobina di campo dello strumento indicatore *F*.

Lo strumento indicatore è un dinamometro ad induzione a ferro chiuso. La presenza del trasformatore di protezione non ha influenza sulla esattezza delle misure.

Per gli organi non sottoposti a tensione il trasformatore di protezione viene naturalmente eliminato. Si impiegano allora piccoli trasformatori speciali disposti in cassette, delle dimensioni di una normale resistenza addizionale, simili però, sia magneticamente che elettricamente, ai trasformatori di protezione.

Messa a terra.

Con la messa a terra del neutro dell'impianto, in caso di guasto su una fase, questa viene a trovarsi direttamente in corto cir cuito. Con quattro gruppi in esercizio la corrente stabile di corto circuito, sull'alta tensione, può salire sino a circa 400 A. Per evitare dannose tensioni sui collegamenti per la messa a terra degli apparecchi occorre quindi che la resistenza di passaggio tra le piastre e la terra sia inferiore a 0,6 Ω. Per ottenere questo risultato occorre una vera rete di terra. Dopo esauriente studio della questione si decise di provvedere ad una sola ed unica messa a terra per tutte le intelaiature di ferro ad alta e bassa tensione dell'intero impianto, sia della centrale che delle sottostazioni e delle tubazioni. Alla stessa terra vennero allacciati anche i neutri dei trasformatori, i secondari dei riduttori di tensione e di corrente, ecc.

Una vera rete di filo di rame percorre la centrale e le sottostazioni, alla quale ogni macchina ed intelaiatura è allacciata in derivazione.

La rete è divisa in 7 zone collegate tra di loro (e quindi anche divisibili) da coltelli separatori.

Ogni singola zona è munita di propria piastra di terra. Separando le reti, riesce facile controllare periodicamente la resistenza di ogni messa a terra e di rimediare ove occorresse.

Il terreno nel quale sono posate le piastre può essere tenuto umido: a tale scopo sono stati costruiti dei pozzetti, dai quali si diramano dei tubi che sboccano in vicinanza delle piastre. Taluna delle piastre è stata messa molto profonda, la maggior parte però venne posata nello strato di terra vegetale in posto che ha uno spessore notevole di quasi 2 metri, e si è dimostrato il materiale più adatto. Secondo lo stato di umidità le resistenze di contatto della completa rete di terra sono di 0,3 e 0,56 Ω, risultato di cui si può esser soddisfatti. Le terre per gli impianti telefonici sono state posate separatamente sull'altra sponda dell'Isarco.

2) Trasformazione da 10 a 21 kV.

Per la ditribuzione locale di energia elettrica (illuminazione, ferrovie regionali, ecc.) l'energia deve essere fornita a 50 periodi e alla tensione di 21 000 V, tensione e frequenza già adottate per l'impianto di Val Gardena della S.T.E. Il carico massimo previsto è di 2000 kW. L'energia è derivata da uno dei due alternatori di 36 000 kVA, 4 o 5. Per limitare la corrente di corto circuito in caso di guasti su questa derivazione e per non dover impiegare degli interruttori di dimensioni e di costo sproporzionato all'intensità normale della corrente, furono inserite delle bobine di reattanza (v. schema generale fig. 79). L'interruttore posto tra dette reattanze e l'alternatore non è automatico e può essere manovrato soltanto quando quello a monte delle reattanze è aperto, vale a dire, quando non vi è carico.

Il trasformatore, della potenza di 2700 kVA è a rapporto regolabile. Un inseritore, montato nel cassone del trasformatore, comandato automaticamente da un relais di tensione derivato dalla rete a 21 000 V, inserisce o disinserisce le spire di un avvolgimento sussidiario suddiviso in 5 parti.

3) Stazione di trasformazione per 4 000/65 000 V, a 16 2/3 periodi (trazione).

Anche questa stazione rappresentata nella fig. 93 è stata sistemata all'aperto per ragioni di euritmia col fabbricato.

Nello studio si sono eseguiti gli stessi criteri adottati per quella a 235 kV e cioè massima visibilità possibile degli apparecchi, sviluppo minimo possibile dei sostegni metallici.

Lo schema delle connessioni della bassa tensione è identico a quello della parte a 10 000 V dell'impianto a 235 kV, coll'unica variante che le connessioni tra alternatore e trasformatore, anzichè in sbarre nude sono state eseguite in cavo monofase

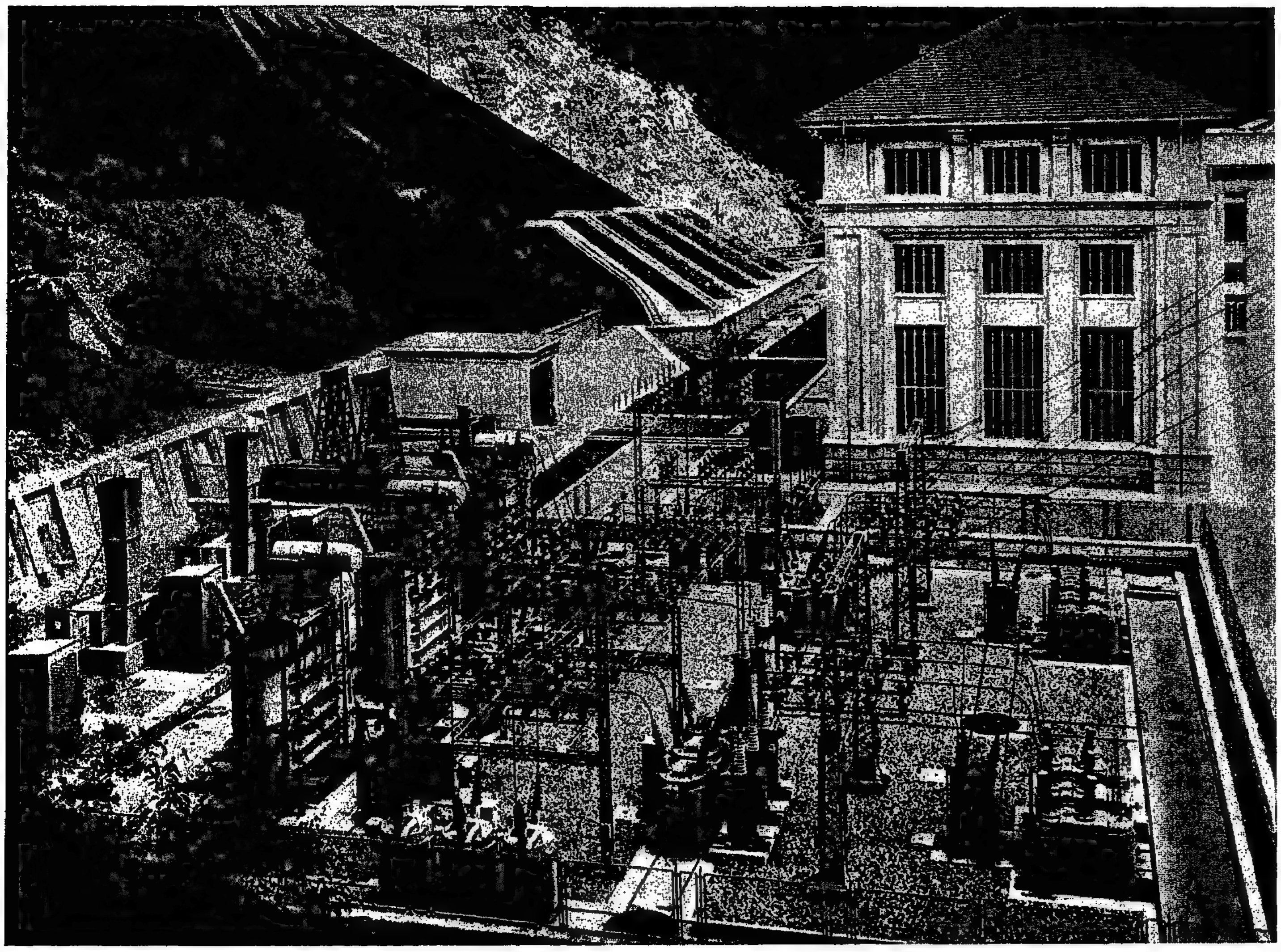


Fig. 93. - Veduta dell'impianto esterno di trasformazione a 65 kV e $16\,^{2}/_{3}$ periodi.

sotto piombo. Per ogni fase vi sono due cavi in parallelo di mmq 350 di sezione cadauno. Le sbarre ad alta tensione sono sezionabili a mezzo di un interruttore ad olio inserito tra i gruppi 6 e 7 e a mezzo di un secondo interruttore tra i gruppi 7 e 8. Le due linee sono derivate in corrispondenza degli attacchi dei gruppi 6 e 8. Con questa disposizione si ha la possibilità di inserire uno o più gruppi su uno o su tutte e due le linee, di dividere rapidamente le linee in caso di guasto e di ripristinare l'esercizio con quella rimasta incolume, di provare separatamente una linea con un gruppo, mentre gli altri sono in servizio, ecc., senza dover manovrare dei sezionatori.

a) *Trasformatori.*

Dati tecnici:

potenza	kVA	8 700
tensione primaria	V	4 000
tensione secondaria	»	70 925-65 115-61 105
altezza da terra..............	m	6,47
lunghezza	»	4,50
larghezza	»	2,65
peso totale..................	t	64
peso del solo nucleo	»	42
peso dell'olio	»	12,5

I trasformatori possono sopportare gli stessi sovraccarichi indicati a pag. 1066 per gli alternatori. Essi sono del tipo a tre nuclei a lamiere intersecate e sono provvisti di robusti amarraggi regolabili per gli avvolgimenti (fig. 94).

Gli avvolgimenti sono concentrici, il primario è avvolto ad elica con sei sezioni in parallelo ed è collegato a triangolo, il secondario è a matasse doppie e collegato a stella. L'isolamento tra le spire è previsto per resistere (ed è stato provato) alle seguenti tensioni:

b. t.	V	5 000
A. T.: matasse di testa 1,5 % in alto ed in basso..........................	»	75 000
matasse rinforzate 6% in basso e 6 % in alto............................	»	65 000
matasse normali	V	30 000
durata della prova sec		60

La prova di rigidità dielettrica tra gli avvolgimenti e la massa è stata eseguita a 12 000 V per la bassa tensione ed a 180 000 V per l'A. T.

I passanti ad alta tensione subirono la prova a 200 000 V.

Il sistema di raffreddamento è identico a quello dei trasformatori a 36 000 kVA (v. figg. 95 e 96).

Rendimenti (accertati):

a cos $\varphi = 0,75$ e a 8 700 kVA in % 98,06; perdite nel ferro kW 27,6; perdite nel rame kW 144,8; surriscaldamento del rame °C 48; surriscaldamento del ferro °C 61; surriscaldamento dell'olio °C 33,5.

b) *Interruttori e separatori* (fig. 97).

Sono di fornitura della Casa costruttrice che ha pure fornito e messo in opera i sostegni in traliccio, gli isolatori, le condutture e i trasformatori di tensione a 70 kV, ecc.

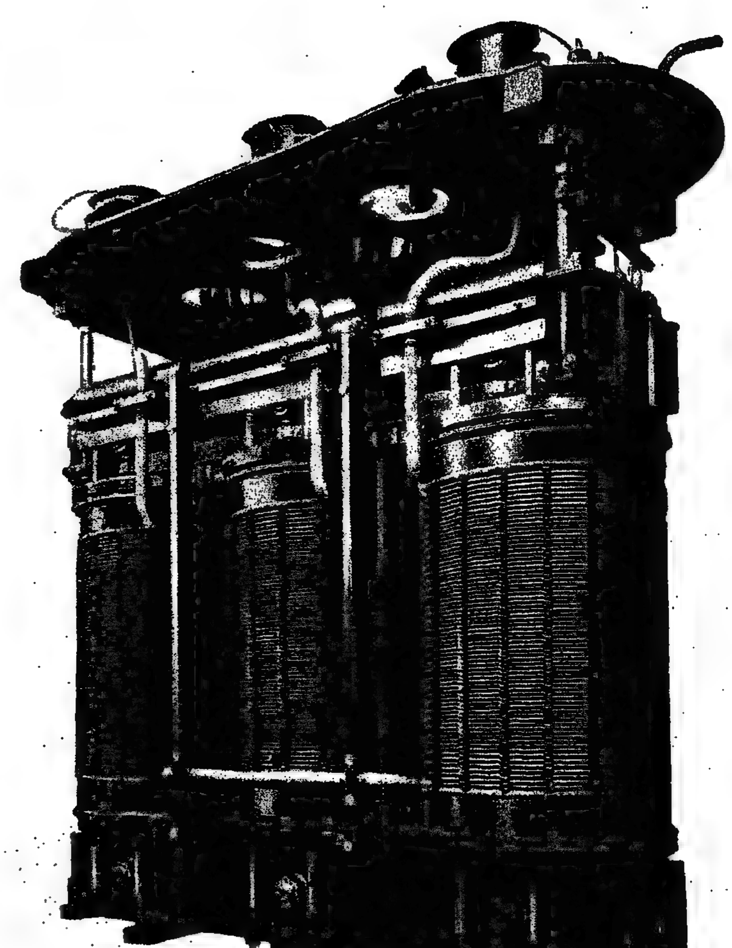


Fig. 94. - Trasformatore trifase da kVA 8 700, a 16,7 periodi, 4000/60350 V, in montaggio.

Gli interruttori sono del tipo per 400 A ad interruzioni multiple (6 interruzioni), con comando a solenoide, in cassone d'olio circolare e con coperchio, entrambi in lamiera saldata di mm 8 di spessore. Altri dati sono i seguenti:

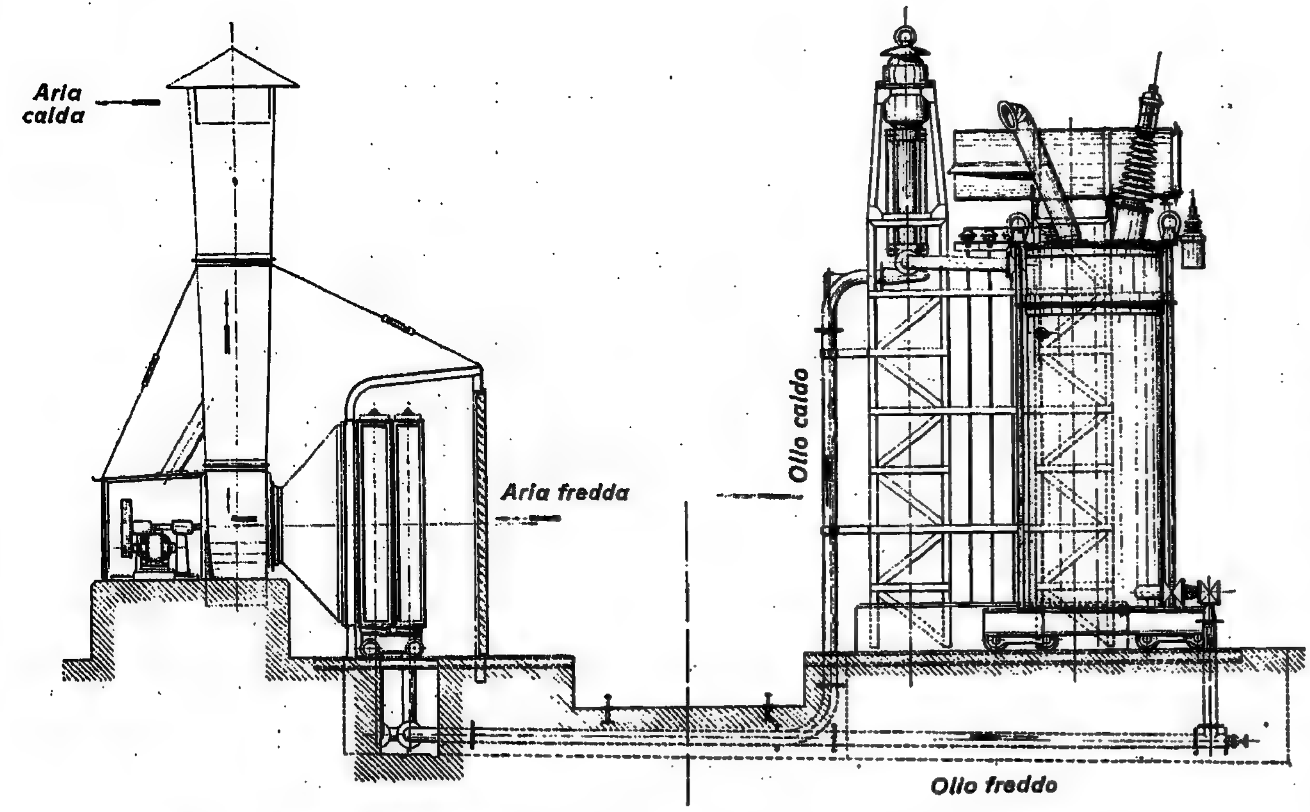


Fig. 95. - Schema dell'impianto all'aperto dei trasformatori di cui alla fig. 94, con raffreddamento a ventilazione forzata.

diametro del cassone	mm	1 200
altezza del cassone	»	2 000
altezza totale dell'interruttore	»	3 150
distanza tra i poli delle 3 fasi	»	1 500
Distanza esterna tra i morsetti di un polo	»	1 300
peso di una terna senz'olio	kg	3 400
peso dell'olio	»	4 000
capacità di rottura	kVA	800 000

c) *Scaricatori.*

Ogni linea è protetta da una terna di scaricatori con spegnimento automatico dell'arco, sistema brevettato dell'Ing. Bendmann (fig. 98 *b*) e *c*)). Uno scaricatore dello stesso sistema è inserito anche sulle sbarre dell'impianto descritto a 21 000 V. L'arco scattato adescatosi per effetto della sopraelevazione tra le due calotte esterne registrate ad opportuna distanza, scarica a terra attraverso una piccola resistenza (figura 98 *a*)). La tensione che si crea in tal guisa ai morsetti di questa resistenza è sufficiente per eccitare la bobina *B* di un solenoide che, a sua volta attirando l'ancora, shunta le due calotte chiudendo il contatto *C*. L'arco fra le calotte si spegne, il solenoide, rimanendo senza corrente lascia ricadere l'ancora ed il contatto *C* (che si trova sott'olio) interrompe la corrente.

L'ancora chiude contemporaneamente un contatto ausiliario di un circuito, che agisce su un contattore installato al quadro generale, il quale registra quante volte ha funzionato lo scaricatore.

Nel caso che per un motivo qualsiasi, la corrente non dovesse interrompersi regolarmente e l'olio raggiungesse una temperatura pericolosa, fonde la valvola termica inserita nel circuito, provocando così l'interruzione.

d) *Schema dei circuiti ausiliari.*

I dispositivi di protezione e di allarme dell'impianto a 16 2/3 periodi sono identici a quelli dell'impianto a 42-50 periodi.

4) Impianto per i servizi interni.

L'energia occorrente per i servizi interni è prodotta dai due gruppi turbina-alternatore, già nominati, esclusivamente adibiti a questo uso.

Si è data la preferenza a questa soluzione malgrado essa sia più costosa dell'altra sovente adottata, che preleva l'energia da uno dei grandi alternatori, perchè è di gran lunga più sicura, specialmente durante le perturbazioni dell'esercizio e perchè si ritiene necessario che, durante le interruzioni accidentali dell'esercizio, il capo officina non abbia da perdere tempo col ripristino dei servizi interni, ma possa procedere subito al ripristino dell'esercizio. Tutti i servizi ausiliari possono inoltre essere allacciati alla cabina di trasformazione 21 000/500 V, di cui è cenno più sopra, alimentata dalla Centrale Val Gardena. In questo modo si è cercato di garantire nel modo migliore possibile la continuità dell'esercizio dei servizi interni. Tutti i servizi di forza motrice sono alimentati a 500 V, l'illuminazione lo è invece a 125 V, con lampade inserite tra fase e neutro. Due trasformatori di 40 kVA riducono la tensione da 500 a 220 V: uno di essi, allacciato alle sbarre a 500 V, provvede normalmente all'illuminazione, l'altro invece è di riserva ed è allacciato alle sbarre a 500 V della stazione di trasformazione 21 000/500 V. Mancando la corrente del gruppo dei servizi interni, un commutatore automatico inserisce l'illuminazione sul secondo trasformatore. I numerosi circuiti di alimentazione sono derivati da due quadri di distribuzione installati al centro della sala macchine (fig. 99).

Tutti i punti importanti dell'impianto (come la sala macchine e sotterranei, le stazioni esterne, ecc.) sono collegate da un impianto telefonico interno con centralino automatico e mediante un separato impianto telefonico a chiamata selettiva si può comunicare con la camera di carico, con la presa e con la Centrale Val Gardena e con varie stazioni intermedie.



Fig. 96. - Particolari dell'impianto per la circolazione ed il raffreddamento dell'olio dei trasformatori da kVA 8700: incastellatura per l'ascesa dei cavi, che porta anche la pompa ad asse verticale per la circolazione dell'olio e il serbatoio d'olio.

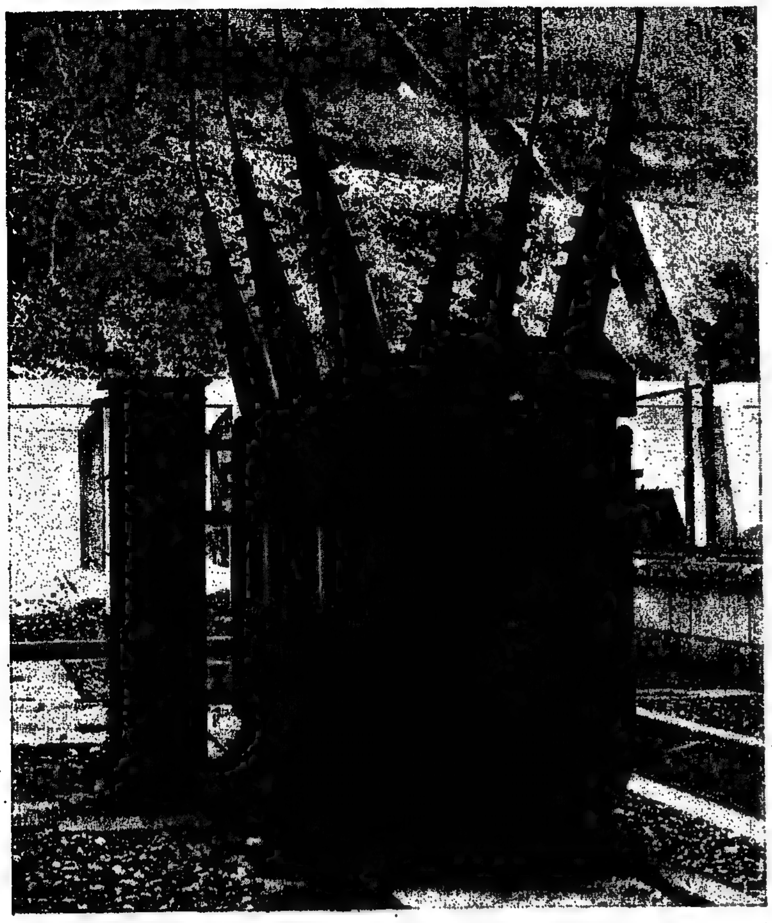


Fig. 97. - Interruttori in olio a 70 kV, 400 A.

La Centrale è collegata con Cislago mediante apposita linea telefonica parallela alla linea ad alta tensione, ma su propria palificazione e con Cislago e con Venezia per mezzo di un

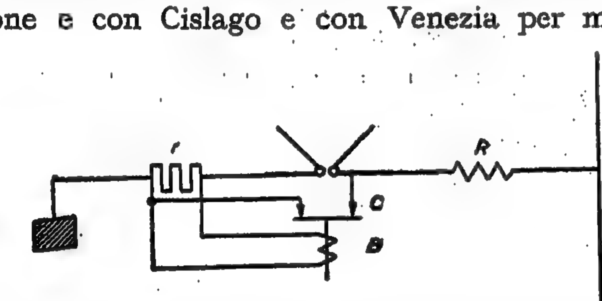


Fig. 98 *a*). - Schema di scaricatore Bendmann.

impianto di telefonia ad onde guidate, sulle rispettive linee ad alta tensione (sistema Telefunken) a chiamata automatica. Nella fig. 80 *b*) sono visibili i 4 condensatori sospesi all'incastellatura di ferro per la derivazione del telefono dalla linea.



Fig. 98 *b*). - Scaricatore Bendmann.

F) Quadri.

La sala di comando è un ampio locale al secondo piano dell'avancorpo, di 15×20 mq di superficie e 6,50 di altezza, arieggiato e ben illuminato da un lucernario e da numerose finestre

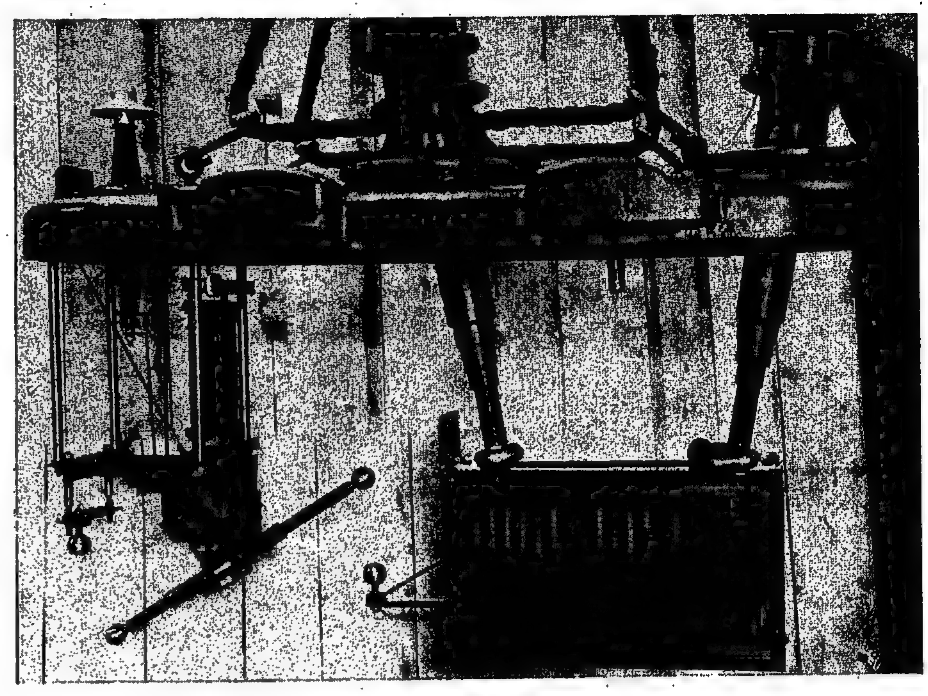


Fig. 98 *c*). - Scaricatore Bendmann.

con vetri trasparenti; la vista è libera sulle stazioni esterne ed oltre, precisamente al contrario di come avviene per le sale di comando di numerosi impianti moderni all'estero, ove la sala-quadri non è provvista di finestre ed è illuminata soltanto mediante lucernario a vetri opachi affinchè l'attenzione del personale resti concentrata al servizio del quadro e non venga distolta da quanto può accadere fuori della sala.



Fig. 99. - Quadro per l'impianto dei servizi interni, disposto nel centro della sala macchine.

A nostro giudizio, il prolungato soggiorno del personale in un simile locale, non può affatto mantenere vivo lo spirito e produce invece la sensazione di vivere in un ambiente sotterraneo: è quindi molto preferibile che il personale goda luce ed aria ed abbia contatto visuale coll'esterno.

Per contro si è evitato, per quanto possibile, tutto quanto può stancare la vista del personale, come colori vivaci, parti lucide e nichelate, luce vivace delle lampadine di segnalazione, ecc.

La disposizione risulta dalla fig. 100.

I pannelli al centro contengono gli apparecchi totalizzatori, e quelli delle linee in partenza, nonchè dei gruppi per i servizi interni; a sinistra vi sono tutti i gruppi per 42-50 periodi, a

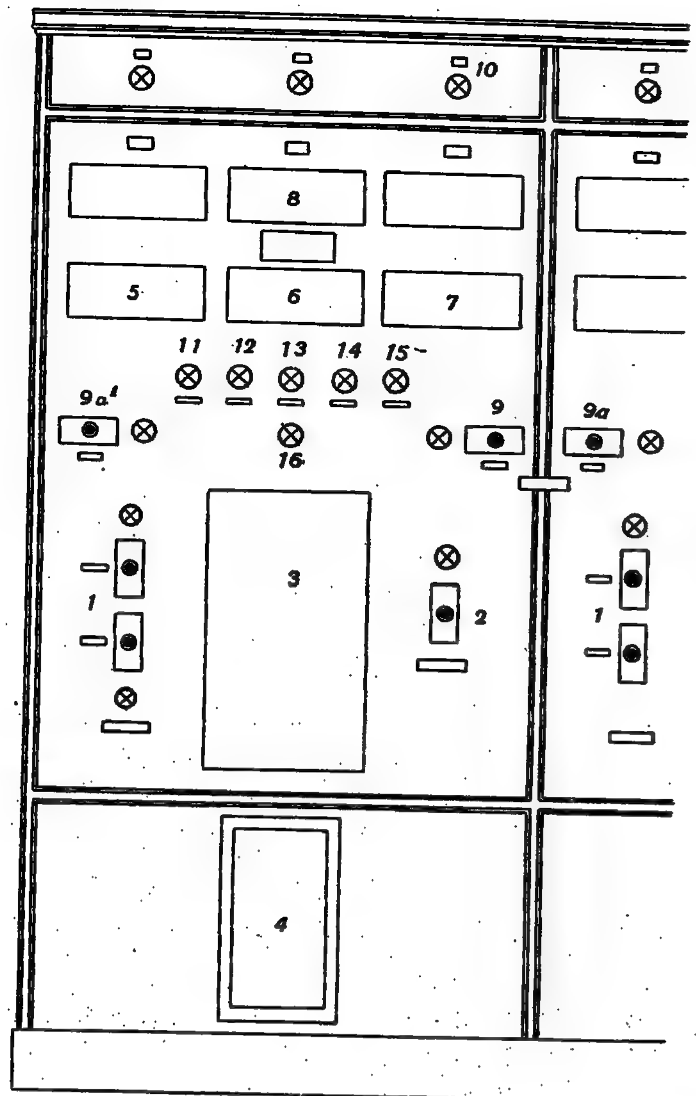


Fig. 101 *a*). - Pannello per alternatore trasformatore al quadro strumenti.

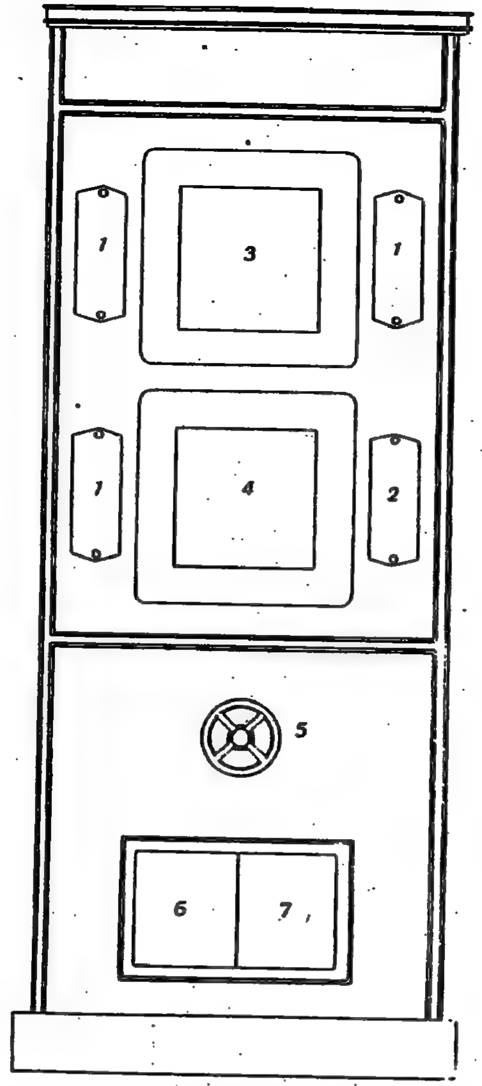


Fig. 101 *b*). - Pannello per la regolazione automatica di un alternatore da kVA 36 000.

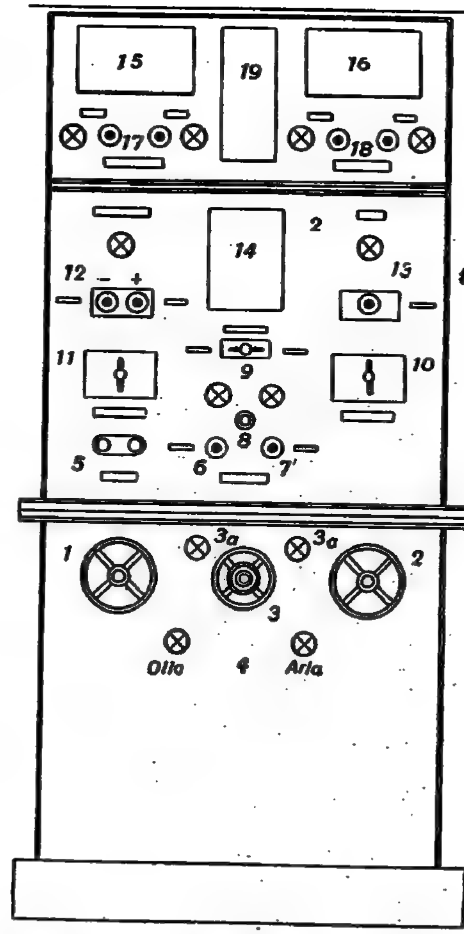


Fig. 101 *c*). - Pannello per alternatore-trasformatore al banco di manovra (parte intermedia inclinata a leggio).

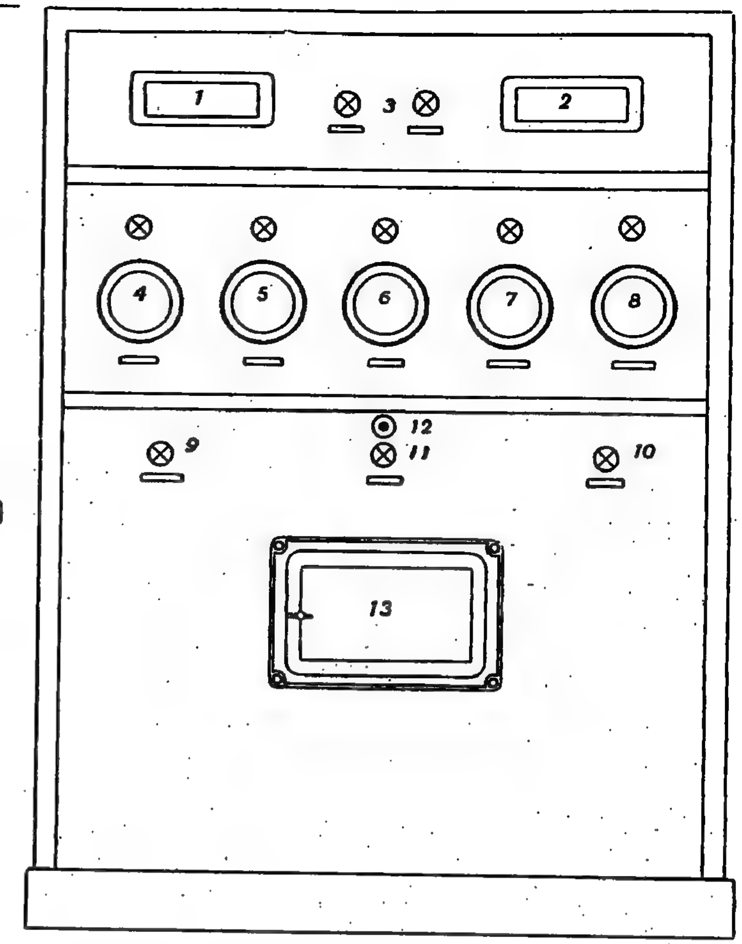


Fig. 101 *d*). - Quadro di gruppo di un alternatore.

Fig. 101 *a*).

1 – Interruttori a pulsante con lampada di segnalazione per comando separatore del trasformatore.
2 – Interruttore a pulsante come sopra per comando farfalla automatica tubazione (alla camera di carico)
3 – Chilowattmetro registratore
4 – Contatore
5 – Voltmetro
6 – Indicatore di cos φ
7 – Amperometro
(3–7: dell'alternatore)
8 – Amperometri sulle tre fasi ad A. T. del trasformatore.
9 – Interruttore a pulsante per *chiusura* separatore sbarre A. T. tra il gruppo ed il *susseguente*.
9a – Interruttore a pulsante per *apertura* separatore sbarre A. T. tra il gruppo ed il *susseguente*.
9a¹ – Interruttore a pulsante per *apertura* separatore sbarre A. T. tra il gruppo ed il *precedente*.
10 – Lampade di segnalazione di terra sui circuiti a 10 kV del gruppo.
11 – Lampada rossa d'allarme funzion. protezioni Buchholz.
12 – » » » chiusura farfalla autom. tubazione.
13 – » » » funzionamento relais differenziale e impianto spegnimento autom. incendio alternatore.
14–15 – Lampade rosse d'allarme mancata circolazione olio od aria nel trasformatore.
16 – Lampade rosse d'allarme scatto interruttore del trasformatore.

Fig. 101 *b*).

1 – Relais a corrente max regolati a tempo.
2 – » a tensione max regolato a tempo.
3 – Regolatore automatico di tensione.
4 – Limitatore di corrente.
5 – Resistenza di regolazione del compoundaggio.
6 – Relais di tensione max istantanea.
7 – » ausiliario della protezione differenziale.

Fig. 101 *c*).

1 – Resistenza di messa a punto regolatore autom. tensione.
2 – Reostato per regolazione a mano tensione.
3 e 3a – Commutatore di eccitazione e lampada di segnalazione per detto.
4 – Lampade spia circolazione olio ed aria del trasformatore.
5 – Spine per sincronoscopio.
6 – Interruttore a puls. con lamp. segnalazione per *apertura* a distanza dell'interruttore a 235 kV
7 – » » » » » » » *chiusura* a » » a 235 kV
8 – Tasto per spegn. la lampada rossa del pann. vertic. di allarme per scatto interruttore.
9 – Commutatore protezione neutro su 42 e 50 ∿
10 – » compoundaggio » » » »
11 – » regolazione tensione per servizio automatico e a mano.
12 – Interruttore a pulsante per regolare la velocità e il carico della turbina.
13 – » » » con lampada spia per chiusura valvola sferica di intercettazione tra turbina e tubazione.
14 – Tastiera per misura temperature alternatore e trasformatore.
15–15 – Indicatori temperatura parte meccanica e parte elettrica.
17 – Interruttore a pulsante con lampada spia per motore pompa circolazione olio trasformatore.
18 – » » » per motore ventilazione.
19 – Amperometro eccitazione.

Fig. 101 *d*).

1 – Voltmetro.
2 – Chilowattmetro
3 – Lampade segnalazione terra sul circuito di eccitazione del rotore.
4 – Termometro Fournier (con contatto d'allarme per temper. max e relativa lampada rossa d'allarme) dell'olio della piletta.
5 – Idem del piatto della piletta.
6 – Idem del metallo cuscinetto di guida superiore dell'alternatore
6 – Idem » » » » » inferiore »
8 – Idem » » » » » delle turbine.
9 – Lampada d'allarme per mancanza acqua raffredd. cuscinetti.
10 – » » per mancata pressione olio regolatore turbina.
11 – » » per avvenuto funzionamento protezione secondari riduttori di corrente.
12 – Contatto per fare funzionare l'impianto spegnimento incendio alternatore.
13 – Relais di protezione differenziale.

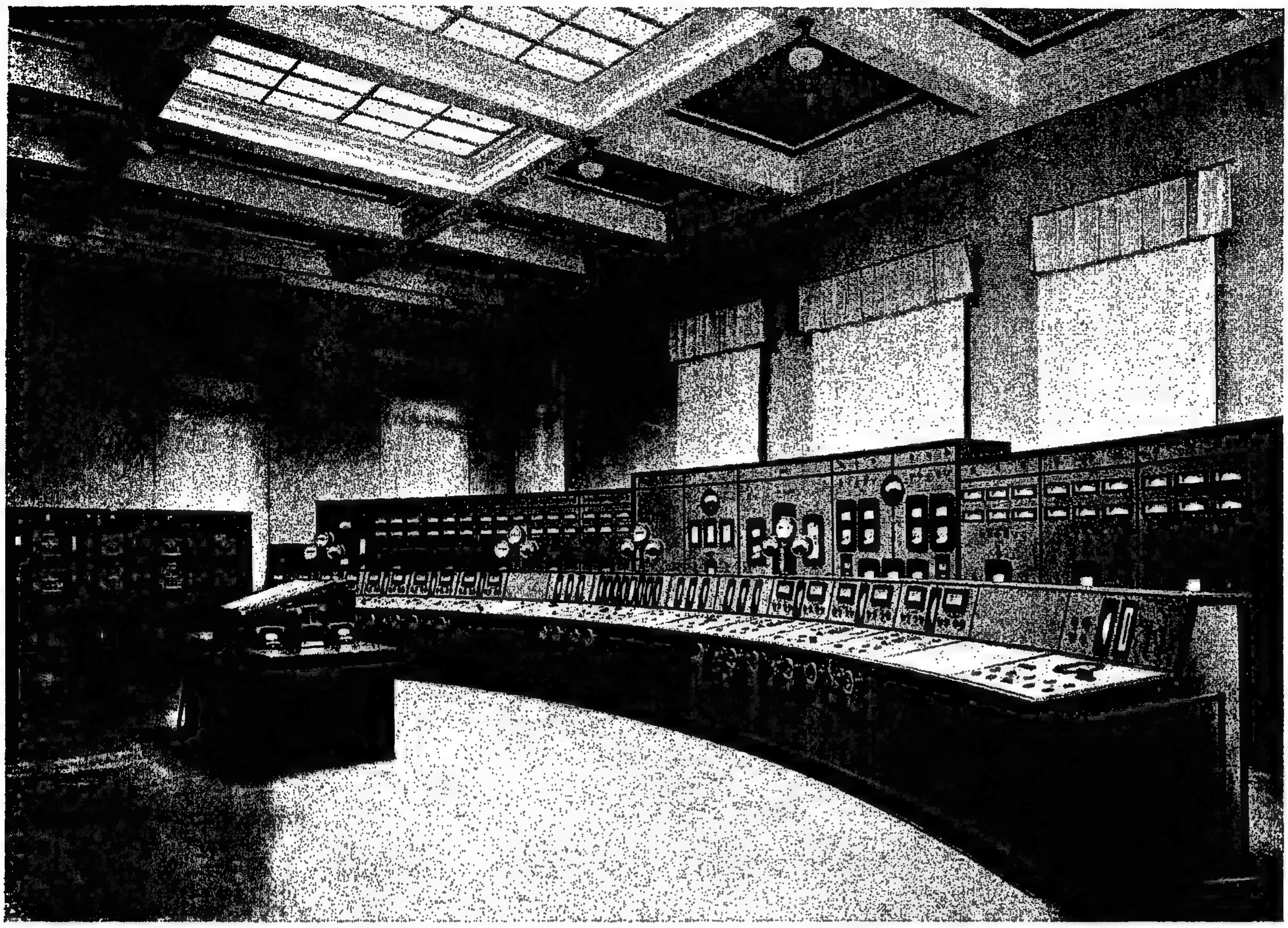


Fig. 100. - Vista sala quadri.

stante al quadro, nel cosidetto sotto-quadro, di altezza limitata, nel quale avviene anche lo smistamento dei cavi in arrivo dalle sottostazioni e dalla Centrale. Complessivamente vennero posati circa 26 km di cavi sotto piombo senza rivestimento di juta, a fili multipli, forniti dalla Casa costruttrice che ha pure fornito i cavi monofasi di collegamento tra alternatori e trasformatori a 16 2/3 periodi.

***

Per le sue particolari caratteristiche l'Impianto dell'Isarco stabilisce a buon diritto una serie di massimi prima mai raggiunti nel campo idroelettrico.

destra tutti quelli a 16 2/3 periodi e per la trasformazione 10 000/21 000 V.

La distribuzione degli strumenti sui vari tipi di pannello del quadro generale è riprodotta dalle figg. 101 *a*), *b*), *c*), e quella di un quadro di gruppo dalla fig. 101 *d*).

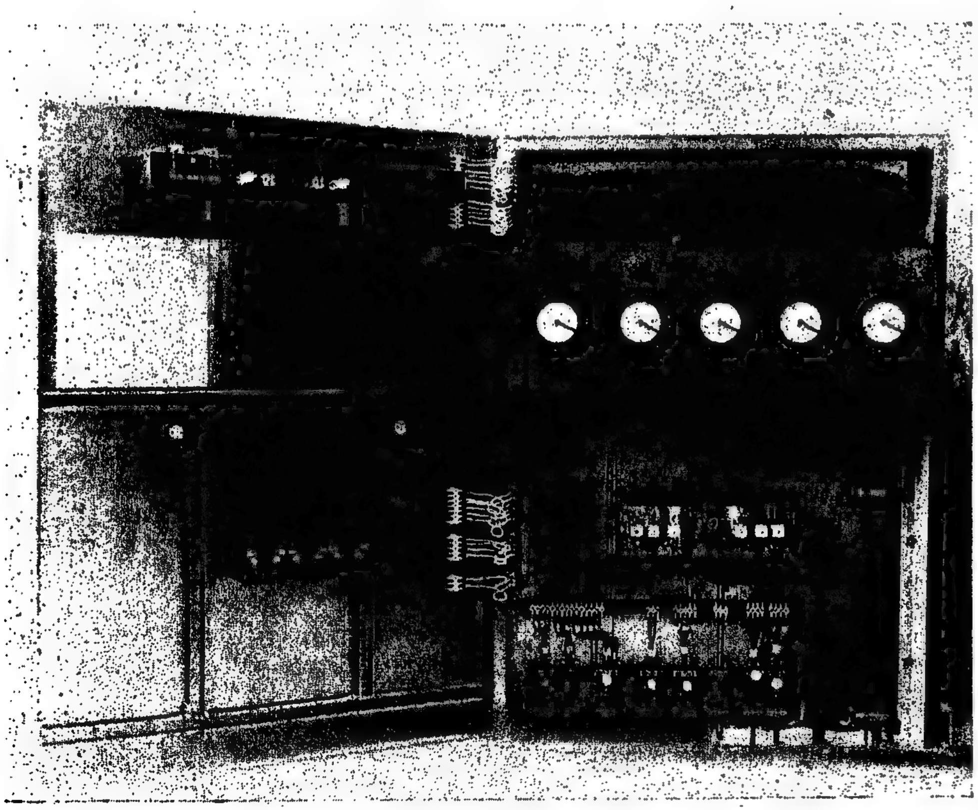


Fig. 102. - Vista del quadro di un gruppo, aperto.

Speciale cura venne dedicata alla posa dei cavi di collegamento del macchinario della sottostazione col quadro, nonchè degli apparecchi e dei fili di collegamento sul lato posteriore dei quadri (v. fig. 102).

Le resistenze di eccitazione sono installate nel locale sotto-

La tensione di linea di 235 kV è la più alta finora adottata, poichè anche le linee di trasporto americane più spinte non superano i 220 kV di potenziale e funzionano esclusivamente con neutro a terra (mentre l'impianto dell'Isarco può anche funzionare con neutro isolato).

Tra le opere idrauliche, il canale di derivazione, coi suoi 15 km di galleria di 30 mq di sezione, ed i 1200 metri di galleria di carico della sezione di 70 mq, sono certo quanto di più imponente, come scavo in sotterraneo, sia stato fatto per derivazioni industriali.

Per la potenza installata la Centrale Carlo Cicogna tiene il primo posto in Europa e, per quanto riflette la produzione annua di energia, si può affermare che, se essa è forse raggiunta da qualcuno dei nuovi impianti sul Reno, non è certamente ancora oltrepassata.

In due anni di esercizio nessun inconveniente è venuto ad interrompere la marcia regolare dell'impianto, riconfermando così l'esperienza già acquisita in altri impianti con tensioni fino ai 150 kV, che l'esercizio ad altissime tensioni è almeno altrettanto sicuro e stabile quanto quello a tensioni medie. I risultati dell'esercizio hanno pure dimostrato che i complessi problemi imposti ai costruttori in dipendenza della elevatissima tensione prescelta e delle eccezionali potenze unitarie fissate per il macchinario, furono da essi risolti con pieno ed incontestabile successo. Successo di tecnica e di lavoro unicamente italiani, perchè esclusivamente all'industria italiana furono commesse le forniture (fanno eccezione pochi apparecchi speciali, per un complessivo valore di poco superiore all'uno per cento del costo totale dell'impianto) e perchè da maestranze italiane furono eseguite, senza eccezione, le imponenti opere idrauliche, costruiti ed installati tutti i macchinari, le apparecchiature ed i materiali costituenti la potente attrezzatura dell'impianto.

Ing. Hans Gustavo Lutz.

Milano, ottobre 1931-IX.

Avv. Annibale Gilardoni
PROFESSORE NEL R. POLITECNICO DI MILANO

L'industria elettrica e i tributi locali

(Nuovo Testo Unico 14 Settembre 1931, N. 1175)

PARTE GENERALE.

I. – Premessa.

È stato recentemente pubblicato (*Gazz. Uff.* 16 settembre 1931, suppl.) il decreto legislativo 14 settembre 1931, n. 1175, formato dal Potere Esecutivo in applicazione della delega ricevuta dal Parlamento (legge 3 luglio 1930, n. 1004) e contenente le nuove disposizioni per la finanza locale. Il decreto legislativo citato è denominato testo unico « per la finanza locale»; ma in realtà, col decreto stesso, sono state introdotte riforme di due diverse categorie: — la prima di carattere amministrativo, la seconda di ordine fiscale — relative alle funzioni e attività da un lato e alle imposte e tasse dall'altro — per le Provincie e per i Comuni.

Ambedue le norme giuridiche interessano le attività produttive private e pubbliche e, quindi, tanto i privati cittadini che gli Enti pubblici e le aziende industriali, e, fra queste le industrie elettriche.

Il Testo Unico n. 1175 disciplina infatti le competenze in materia di concessioni amministrative provinciali e comunali di pubblico servizio e le municipalizzazioni, nonchè le competenze e i servizi pubblici locali, come le imposte dirette e indirette locali, anche e la concatenazione delle imposte mobiliari locali con quelle immobiliari (sovrimposte terreni e fabbricati).

Le riforme in questa materia, e quelle negli ordinamenti fondamentali del contenzioso tributario locale, della riscossione delle imposte comunali e provinciali e delle penalità a carico di tutti i contribuenti che omettono o sono infedeli nella denuncia dei redditi, ai fini delle imposte e tasse locali, rendono necessaria la conoscenza del nuovo documento legislativo che può dirsi *codice*, per il suo complesso contenuto e per il suo spirito di larga innovazione.

In questa Rivista può quindi sembrare utile una esposizione, pur sommaria, delle nuove discipline del T. U. 14 settembre 1931, n. 1175, con particolare riguardo agli interessi dell'industria elettrica.

Naturalmente, pure esaminando la nuova norma giuridica sotto questo riflesso, è necessaria una premessa generale, senza di che riuscirebbe difficile la comprensione delle disposizioni di interesse particolare.

II. – Precedenti amministrativi e parlamentari.

Una delle più annose questioni che siano state dibattute fin dai tempi dell'unificazione italiana fu quella della finanza locale. Il fabbisogno dei bilanci delle Provincie e dei Comuni fu sempre oggetto di protesta dei contribuenti da un lato e di voti degli amministratori degli Enti locali dall'altro.

Il primo progetto di cosidetta « Riforma organica » nella vessatissima materia risale al 1873 (Progetto Pallieri) e, ad ogni legislatura, la questione delle imposte e tasse comunali e provinciali, tornò a costituire oggetto di discussioni.

Chi volesse fare richiamo degli studi preparatori principali e degli istituti di parziale innovazione del periodo prefascista potrebbe riassuntivamente ricordare tre riforme: quella Sonnino del 1895, applicata per catenaccio, quella Lacava del 1896 e quella Soleri del 1921; le due ultime non giunte alla sanzione Regale per le resistenze del Parlamento e per la contrarietà degli interessi coalizzati ad opporsi ad ogni nuovo carico fiscale, anche di sola perequazione. Coordinate a questi progetti di ordine tributario, furono sempre riforme amministrative spesso inadeguate e talvolta applicate senza corrispondenti norme finanziarie.

Il grave problema ebbe a preoccupare fin dai primi anni del Governo fascista.

Nel periodo fascista le principali riforme di puro carattere finanziario o tributario riguardanti le provincie ed i comuni furono le seguenti: *a*) il D. L. 27 febbraio 1923, n. 419; *b*) il D. L. 18 novembre 1923, n. 2538; *c*) il D. L. 16 ottobre 1924, n. 1613; *d*) il D. L. 20 ottobre 1925, n. 1944; *e*) il D. L. 1° novembre 1928, n. 2848 oltre ad altri minori.

La materia dei tributi locali rimase però allo studio, finchè nell'anno 1930 il Parlamento delegò al Governo la risoluzione dell'annosa questione.

La nuova riforma fu annunciata nel Discorso della Corona della XXVIII Legislatura colle seguenti parole di Sua Maestà: « Dovrà essere portata a compimento la riforma della Finanza « locale, che non può essere ulteriormente considerata come di-

« stinta dalla Finanza dello Stato, poichè unico è il contri- « buente e solidali sono gli interessi dell'economia nazionale ».

Dopo tale premessa e con decreto 2 novembre 1928 fu costituita una prima Commissione sotto la Presidenza del Senatore A. Pironti e composta dei Sigg. De Ruggiero, Comm. Niccoli, Rossi, Troise, Bottaro e Mauno; tale Commissione addì 15 maggio 1930 compilò una relazione e schema di progetto di legge che furono presentate al Parlamento come concreto progetto. La discussione si chiuse con l'approvazione del seguente ordine del giorno: « La Camera, mentre approva il concetto fonda- « mentale della proposta riforma dei tributi locali nel senso di « una più razionale e organica distribuzione dei servizi tra lo « Stato, le Provincie e i Comuni e in particolare di un maggiore « potenziamento delle Provincie, condizione essenziale per im- « primere alla Amministrazione locale una maggiore unità, « secondo le direttive generali della politica fascista, fa voti « che, nella determinazione del piano finanziario della riforma « le aliquote delle imposte e sovrimposte e il congegno tecnico « della loro applicazione siano fissati con l'inderogabile criterio « di non aumentare l'onere dei contribuenti se non nei limiti « strettamente indispensabili per fronteggiare l'attuale disa- « vanzo economico, calcolato sulla base dei consuntivi 1929, « e solo in quanto questo disavanzo non possa essere fronteg- « giato con una ulteriore contrazione delle spese, sull'esempio « di quanto negli ultimi esercizi è già stato rigidamente attuato « dalla grande maggioranza delle Amministrazioni locali, con « profondo senso di responsabilità fascista ».

E così la Camera non approvò il progetto della Commissione presieduta dall'on. Pironti, ma delegò al Governo di « formare « ed approvare nuove disposizioni di legge per la finanza locale, « riguardanti le spese, i tributi e le altre entrate, nonchè i « bilanci comunali e provinciali e di coordinarle in un unico « testo con quelle vigenti, dopo aver udita una Commissione « composta di nove senatori e di nove deputati ». Tale Commissione risultò composta degli On. Berio Presidente, Tumedei Vice-Presidente, Carapelle Segretario, dei Senatori Broccardi, Celesia, Marozzi, Mayer, Pironti, Pitacco, Raineri e Vicini e dei Deputati Aldi Mai, Cartoni, De Martino, Ferracini, Solmi, Tassinari e Tredici. La Commissione stessa presentò al Governo le sue conclusioni e il suo schema di progetto di legge il 15 giugno 1931. Il Duce e il Governo modificarono ulteriormente tale schema e col 14 settembre 1931, n. 1175 fu promulgato il nuovo Testo Unico.

III. – Finalità fondamentali della riforma fascista dei tributi locali.

Nei dibattiti che precedettero la promulgazione del T. Unico 14 settembre 1931, n. 1175 il Capo del Governo e il Ministro delle Finanze, ebbero più volte ad emettere dichiarazioni sulle finalità fondamentali della riforma.

Così l'On. Mosconi, in un discorso tenuto a Napoli nel 1928 sulla politica finanziaria del Governo fascista, dichiarò che la riforma dei tributi locali avrebbe avuto per finalità quella di « semplificare ed unificare per quanto è possibile le troppo nu- « merose forme di imposizioni, a perequare e meglio distribuire « gli oneri, esaminando specialmente se ciò possa ottenersi « sia trasferendo allo Stato, senza aggravio per questo, talune « spese di carattere statale, sia trasferendo all'Ente più ampio « (Provincia) alcuni servizi di carattere intercomunale ».

Lo stesso On. Mosconi, discutendo sull'argomento alla Camera dei Deputati precisò che « le grandi linee (della riforma) « secondo anche i concetti sapientemente tracciati dal Capo « del Governo possono così riassumersi: nessuna nuova « imposta; riorganizzazione di quelle esistenti in modo da « ottenere, a un tempo, un rendimento migliore ed una maggiore « perequazione tra le varie categorie di contribuenti ed elimi- « nazione, nel limite del possibile, di quelle tasse o voci di tasse « che costituiscono un eccessivo sminuzzamento del sistema « tributario con disturbo del contribuente e scarso rendimento « per l'ente; sistema più snello e più spedito nell'applicazione « di tali tributi con vantaggio dei cittadini e degli impositori; « trasferimento di alcuni servizi, che maggiormente vi si prestino, « dagli enti minori a quelli maggiori per assicurarne un più « organico adempimento e per distribuirne l'onere in più vasto « campo, quali, ad esempio, la viabilità minore, le spedalità e « l'assistenza profilattica ».

E ancora lo stesso Ministro aggiungeva: « la tendenza a ren- « dere effettiva, entro limiti insormontabili, quella perequazione « delle sovrimposte fondiarie, che sebbene ripetutamente affer- « mata, ha dovuto essere, per necessità inderogabili, rimandata « di anno in anno; ed a sopprimere definitivamente quelle vec- « chie imposte a base prevalentemente induttiva, conservate « solo in via transitoria (tali ad esempio, la tassa di famiglia e « quella sugli esercizi e sulle rivendite) che mal si conciliano « con analoghi tributi statali ».

Il Capo del Governo, nel presentare alla Camera il progetto di legge predisposto dalla Commissione Pironti ebbe a premettere che le direttive del Governo stesso erano le seguenti:

trasferire allo Stato, senza aggravio per questo, talune spese di pretto carattere statale, eliminando corrispettivamente alcune compartecipazioni a proventi statali;

trasferire alla Provincia alcuni servizi che meglio si prestino a ciò, per assicurarne un più organico adempimento e per distribuirne l'onere in più vasto campo, quali, ad esempio, le spedalità e l'assistenza profilattica;

non istituire alcuna nuova imposta, ma riorganizzare quelle esistenti nel senso di eliminare l'eccessivo sminuzzamento, e di ottenere un rendimento migliore ed una maggiore perequazione tra le varie categorie di contribuenti;

sopprimere definitivamente le vecchie imposte a base prevalentemente induttiva, conservate finora solo in via transitoria, come la tassa di famiglia e quella sugli esercizi e sulle rivendite;

rendere effettiva entro limiti insormontabili, la perequazione delle sovrimposte fondiarie;

attuare un sistema di compensi per riparare le perdite derivanti dalla soppressione di taluni tributi.

La Commissione interparlamentare si adunò e dinanzi ad essa il Ministro delle Finanze così dichiarò: « È bene però che « due punti siano fin d'ora tenuti present circa i propositi del « Governo.

« In primo luogo esso non potrebbe consentire fossero posti « a carico dello Stato oneri ora sostenuti dagli enti locali che « non trovassero un completo corrispettivo nelle somme per « compartecipazione a tributi erariali, giacchè le condizioni « della finanza statale non possono assolutamente permettere « nuovi aggravi. In secondo luogo non può non rimanere in- « tegro tutto quel complesso di norme e di disposizioni che già « sono state dettate al fine di assicurare al Governo (e precisa- « mente al Ministero dell'Interno per la parte della spesa e a « quello delle Finanze per la parte dell'entrata) una vigilanza « attiva e un controllo efficace nel campo della finanza degli « enti locali ».

Riassumendo adunque la riforma fascista dei tributi locali doveva avere le seguenti finalità:

a) *riordinamento amministrativo dei servizi pubblici* e loro suddivisione fra lo Stato, la Provincia e il Comune con nuovo piano organico;

b) *sgravi finanziari dei bilanci locali*, conseguenti al trasferimento e alla suddivisione dei servizi pubblici;

c) *semplificazione ed unificazione del sistema tributario delle Provincie e dei Comuni* e conseguente abolizione di carichi tributari poco redditizi;

d) *limitazione della pressione tributaria degli Enti locali* nell'interesse dei contribuenti troppo martoriati e dell'economia generale della nazione che non poteva essere troppo gravata per tale titolo;

e) *limitazione, in via speciale delle sovrimposte comunali e provinciali ai tributi fondiari erariali* (imposta terreni e imposta fabbricati) allo scopo di equilibrare o perequare i carichi tributari locali fra la ricchezza mobiliare e quella immobiliare.

Se queste finalità furono raggiunte lo dirà il prossimo avvenire; naturalmente un esame preventivo delle nuove disposizioni deve essere fatto con adeguata valutazione delle difficoltà che la riforma presentava.

IV. – Fondamento politico-amministrativo della riforma:

a) *presupposti generali.*

La riforma organica dei tributi locali doveva essere preceduta da una riforma politica nella vita e attività degli Enti locali. La Relazione Ministeriale a Sua Maestà il Re conferma appunto tale pregiudiziale attraverso queste dichiarazioni: *a*) che « il principio generale è quello derivante dalla concezione « fascista dello Stato, che abolisce implicitamente il concetto « della autarchia frutto del *ius* naturalistico. Ogni potere emana « dallo Stato e quindi gli Enti locali non possono ripetere i loro « che da una delega statale; ma ciò non implica che lo Stato non « trovi utile di concedere agli Enti l'autonomia finanziaria totale « o parziale » (1); *b*) che « nel concetto fascista la ripartizione « delle funzioni finanziarie tra lo Staro e gli Enti locali non è « più dipendente da una teorica divisione dei poteri, ma ha « carattere contingente di una proficua ripartizione delle fun- « zioni amministrative e tributarie » (2).

Questo presupposto generale di ordine politico incide, se così può dirsi, tutte le disposizioni del nuovo Testo Unico

(1) Ediz. stereotipa ufficiale del *T. U. della finanza locale*, pag. 5.
(2) Ediz. stereotipa citata, pag. 5.

14 settembre 1931, n. 1175; ma, se volesse giungersi a una formulazione concreta del fondamento politico amministrativo della riforma, potrebbe scendersi ai seguenti postulati:

1) lo Stato, Ente supremo politico, determina i servizi pubblici e li ripartisce, parte avocandone alla gestione diretta e altri ripartendoli — mediante investitura o delega di gestione — alle Provincie, ai Comuni e agli Enti pubblici minori;

2) lo Stato, attraverso la legge, crea l'ordine tributario per i servizi propri e predispone quello per i servizi delegati. Per questi ultimi fissa la categoria fiscale, cioè i singoli tributi (imposte e tasse) e il limite massimo di contribuenza;

3) lo Stato riconosce agli Enti pubblici, nei limiti della ripartizione dei servizi e dei tributi, una autonomia finanziaria che si concreta nel diritto al bilancio e alle relative entrate patrimoniali e tributarie.

V. – Riparto dei servizi pubblici.

a) *Criterio distributivo.*

Uno dei più difficili ordini della pubblica Amministrazione sta nel riparto dei servizi fra gli Enti pubblici. Gli scrittori classici di diritto amministrativo straniero (Laferrière, Vivien, Laband) si accontentarono di una formula: *i servizi generali allo Stato, i servizi locali alle Provincie e ai Comuni, i servizi particolari o speciali agli Enti minori.* La formula fu ripetuta anche da alcuni scrittori italiani, per quanto non fosse esatta; innanzi tutto è sommamente discutibile che cosa debba intendersi per *pubblicità* di un servizio; posto poi che questo primo punto sia risoluto, resta ancora a conoscere in che cosa il servizio *generale* si distingua da quello *locale* o da quello *particolare*.

Secondo la riforma del nuovo Testo Unico non esistono *servizi provinciali o comunali*, ma soltanto *spese obbligatorie dei Comuni e delle Provincie*, e tale definizione fu sempre largamente criticata. Oltre alle spese per i servizi obbligatori, sono, sotto determinate e precise condizioni e limitazioni, consentiti servizi e spese facoltative, purchè (art. 9) abbiano per oggetto servizi e uffici di utilità pubblica nella rispettiva circoscrizione amministrativa.

Il nuovo Testo Unico, rispettivamente agli art. 5 e 7, enumera tutte le spese obbligatorie per i *Comuni*, raggruppate nelle otto categorie degli oneri patrimoniali, spese generali, polizia e igiene, sicurezza pubblica e giustizia, opere pubbliche — educazione nazionale — agricoltura, assistenza e beneficenza e culto.

Nell'interesse dell'industria elettrica meritano di essere ricordati nell'elenco delle *spese obbligatorie comunali*: i premi di diligenza da conferirsi agli agenti sull'ammontare delle contravvenzioni (D. L. 23 maggio 1924, n. 867), le spese per i locali, per la verifica pesi e misure (R. D. 23 agosto 1890, n. 7088) i contributi per canoni di manutenzione linee telegrafiche e uffici telegrafici (R. D. 21 ottobre 1923, n. 733 e legge 28 giugno 1885, n. 3200) le spese per servizi di polizia locale, per il funzionamento dei laboratori di igiene e profilassi (R. D. 30 dicembre 1923, n. 2889) per la distribuzione del chinino (R. D. 30 dicembre 1923, n. 2889) i contributi ai consorzi antitubercolari (Legge 23 giugno 1927, n. 636) le spese per la prevenzione e cura della pellagra (T. U. 1° agosto 1907, n. 636) le spese per il personale di segreteria e servizio delle scuole di avviamento al lavoro (D. R. 6 maggio 1923, n. 1054) *le spese per illuminazione* delle scuole stesse, dei licei, ginnasi e istituti magistrali, degli istituti nautici, delle scuole industriali e commerciali, delle palestre e stadi dell'Opera Nazionale Balilla, il contributo all'Ente italiano audizioni radiofoniche per i Comuni oltre 1000 abitanti (D. L. 17 novembre 1927, n. 2207), le spese per l'assistenza medico chirurgica ostetrica, per i medicinali e spese di spedalità per gli ammalati poveri (domicilio di soccorso ridotto da cinque a tre anni) a norma del T. U. 1° agosto 1907, n. 636 e delle leggi sulla beneficenza.

Le *spese provinciali obbligatorie* sono alla loro volta classificate nella categoria oneri patrimoniali — spese generali — sanità ed igiene — opere pubbliche — educazione nazionale — assistenza e beneficenza — agricoltura.

Nell'interesse delle industrie elettriche debbono essere ricordate fra le spese *obbligatorie provinciali* quelle per l'*illuminazione* dei locali per gli archivi provinciali (Legge 12 novembre 1918) dei locali per gli istituti scientifici (D. R. 6 maggio 1923, n. 1054) e per i premi per le contravvenzioni (D. L. 23 maggio 1924, n. 867) per le disinfezioni contro le malattie infettive e per le visite sanitarie in casi di epidemie ed epizoozie (T. U. 1° agosto 1907, n. 636) per i laboratori di igiene e profilassi, per il chinino, per la vaccinazione, per i Consorzi antitubercolari (R. D. 30 dicembre 1923, n. 2889) per la pellagra (Legge 23 giugno 1927, n. 1276) per le opere idrauliche di quinta categoria (T. U. 25 luglio 1904, n. 523) per le vie di navigazione (T. U. 11 luglio 1913, n. 959).

b) *Esoneri e trasferimenti di servizi.*

Prima della riforma del T. U. 14 settembre 1931, n. 1175, si discuteva comunque di esoneri di servizi pubblici generali e delle relative spese; le Provincie e i Comuni, p. es., lamentavano che fossero loro addossate spese di pubblica sicurezza (alloggi carabinieri, truppe) le spese per alloggi ai Prefetti, Azienda cavalli stalloni, contributi scolastici, opere idrauliche, ecc.).

Colle disposizioni del nuovo testo unico della finanza locale, tanto le Provincie che i Comuni sono stati esonerati di varie forme di attività che sono stati riconosciute di carattere generale e, come tali, avocate allo Stato.

Gli esoneri dai bilanci provinciali e comunali attuati col T. U. 1931 e il conseguente onere per il bilancio dello Stato è in totale di L. 540 287 572 delle quali L. 117 486 824 discaricate alle Provincie e L. 429 800 755 ai Comuni.

Il più importante trasferimento si servizi è quello dell'istruzione elementare (art. 2, n. 4) che, dai Comuni a regime autonomo per questo lato, passa allo Stato con una spesa di 345 milioni. Gli altri servizi che vengono allo Stato trasferiti sono: *dai Comuni*: per l'art. 2 T. U. n. 1 spese per l'elezioni politiche (L. 1 871 374) per l'art. 2 n. 3 spese per gli uffici giudiziari (L. 19 458 788) per l'art. 2 n. 2 spese per il carcere mandamentale (L. 8 733 967), per l'art. 2 n. 5 contributi per Licei, Ginnasi, Istituti magistrali e scuole complementari (L. 27 945 572) e contributi per le Scuole superiori economiche, industriali, commerciali, medie, minerarie, e di avviamento al lavoro (Lire 19 440 171), per l'art. 2 n. 7 contributi opere idrauliche (Lire 7 350 883).

I servizi trasferiti dalle Provincie allo Stato sono i seguenti: per l'art. 3 n. 1 inerente alle spese per i mobili e alloggi dei Prefetti e per i mobili per uffici di prefettura e pubblica sicurezza (L. 2 847 947) per l'art. 3 n. 2, spese per gli stipendi ai veterinari provinciali (L. 6 470 167) per l'art. 3 n. 3 spese per depositi cavalli stalloni (L. 6 470 167) per l'art. 3 n. 4 contributo all'azienda autonoma statale della strada per le strade di 1° classe (L. 70 000 000) per l'art. 3 n. 5, contributi scolastici di ogni natura, istituti tecnici, scientifici, nautici, scienze economiche e commerciali, industriali, minerarie, agrarie e avviamento al lavoro (L. 14 805 565) per l'art. 3 n. 7 contributo forestale (L. 629 734), per l'art. 3 n. 8 contributi per opere idrauliche (L. 21 613 840) e per l'art. 3 n. 9 spese per i campi di fortuna e per l'art. 3 n. 10 spese per gli archivi delle Provincie meridionali (L. 987 691).

VI. – Fondamento tecnico della riforma.

Il fondamento della riforma attuata col T. U. 14 settembre 1931, n. 1175 è di ordine *tecnico* in doppio senso: amministrativo e fiscale.

Dal punto di vista amministrativo, che è anche politico, era già stata sistemata la questione delle rappresentanze: (per i Comuni: Podestà e Consulta; per le Provincie: Preside e Rettorato). Col T. U. 14 settembre 1931, n. 1175 venne disciplinato il periodo dei bilanci degli Enti pubblici locali (esercizio ad anno solare colla *coda* di un mese, art. 299 — generalità del bilancio, art. 300 — bilancio di competenza col conto patrimoniale e conto del bilancio vero e proprio art. 301 — avanzo o disavanzo finale art. 303 — fondi di riserva (art. 308) nuove e maggiori spese ed entrate (art. 310 e 311).

Venne poi stabilita la necessità dell'approvazione del bilancio stesso nel termine del 15 ottobre (art. 303) l'obbligo di riduzione delle spese obbligatorie e delle entrate previste in corrispettivo (art. 305) del divieto, salve poche eccezioni, di nuove spese facoltative ed eliminazione di quelle esistenti (art. 306 e 307) per le Provincie e Comuni che eccedono certi limiti di imposizione.

Per la contrattazione dei mutui, dei quali, nel periodo anteriore si era così largamente abusato, furono poste rigorose limitazioni, condizioni e autorizzazioni speciali (art. 314 e 315).

Tutto questo nuovo ordinamento tecnico amministrativo fu garantito da una triplice responsabilità: 1° degli amministratori; 2° dei funzionari delle Provincie e dei Comuni; 3° dei Ragionieri della Prefettura. E tal responsabilità è civile-penale-amministrativa, riguardante i casi di illegittimità, di provvedimenti dannosi, tanto per errore che per colpa o dolo (D. L. 23 ottobre 1925, n. 2289 e art. 316, 317 ecc.).

Il tutto, naturalmente, sotto la vigilanza del Prefetto e del Ministero dell'Interno, coll'intervento del Governo centrale (revoca dei Podestà e Presidi, scioglimento delle Consulte e Rettorati) colla tutela delle Giunte Provinciali amministrative e colla giurisdizione contabile dei Consigli di Prefettura e della Corte dei Conti, oltre alla vigilanza di un organo speciale (Commissione Centrale per la Finanza locale D. L. 20 marzo 1930, n. 141 e art. 329 del T. U. 14 settembre 1931, n. 1175) in cui oltre ai funzionari partecipano un rappresentante del P.N.F.

due componenti il Consiglio Nazionale delle Corporazioni, due esperti, un Preside e un Podestà.

***

Il tecnicismo della riforma della finanza locale va però esaminata prevalentemente sotto l'aspetto fiscale, e, per tale riflesso, esaminare il T. U. 1931 delle Finanze locali, dal punto di vista dell'industria in generale e dell'industria elettrica in particolare, porta necessariamente a investire quella che può dirsi la tecnica fondamentale del nuovo diritto positivo della materia. A tal proposito occorre ricordare che i contribuenti hanno qualificazione immobiliare, mobiliare o mista.

Le industrie elettriche come tutte le industrie hanno mezzi di funzionamento immobiliari e mobiliari. È però notissimo che dopo la legge tributaria del 30 agosto 1923, n. 3060, gli impianti industriali immobiliari furono stralciati dal catasto ed esonerati dalle imposte e sovrimposte terreni e fabbricati e furono colpiti come redditi industriali veri e propri. Posto che i Comuni e le Provincie gravano gli immobili — e per cifre estremamente rilevanti — coi così detti centesimi addizionali o sovrimposte fondiarie, ne veniva la conseguenza che i cespiti industriali — dopo la riforma del 1923 — furono, dalle Provincie e dai Comuni, colpiti soltanto coi tributi mobiliari o misti e più precisamente colla imposta comunale e colla sovrimposta provinciale sulle industrie, colle imposte di consumo, colla imposta di licenza, colla imposta di occupazione di spazi ed aree pubbliche, colla tassa sulle insegne, colla tassa sui veicoli a trazione animale e coi contributi di miglioria. Nulla, ripetesi, a carico dell'industria — per sovrimposte comunali e provinciali, per gli impianti immobiliari, tranne per quegli immobili che rientravano nelle comuni categorie edilizie (sedi degli uffici, alloggi ai dipendenti ecc.) assimilabili alle vere e proprie abitazioni (1).

a) *Precedenza dei tributi locali sulla ricchezza mobiliare.*

Richiamato tutto ciò in ordine al criterio che presiedeva alla applicazione pratica delle imposte provinciali e comunali fino al 1931, occorre ricordare come quando si doveva fare un bilancio locale, dopo aver previsto il fabbisogno delle spese per i servizi dell'anno, si prevedevano le relative entrate, calcolandone il gettito tutto insieme, cioè senza obblighi di precedenza fra le diverse categorie di imposte. Era soltanto prescritto che quando le sovrimposte fossero giunte a un certo limite, non si potesse eccedere il limite stesso, se non quando alcune imposte mobiliari o miste fossero state istituite e portate a un determinato limite.

Il che vuol dire che *fino al* 1931 *il contributo della capacità contributiva ai bilanci comunali e provinciali, era, nel congegno tecnico, concorsuale e contemporanea fra le varie categorie di contribuenti — mobiliare, immobiliare o mista — e senza gradualità.* Il che però praticamente portava ad applicare PREVALENTEMENTE le sovrimposte che costituivano una categoria di entrate introdotte, se non proprio con precedenza, certo con relativa preferenza di applicazione tra le fonti tributarie provinciali e comunali.

Questo ordinamento è stato rovesciato, e il criterio tecnico fiscale della riforma non sembra sia stato sufficientemente inteso dai primi commentatori del nuovo ordinamento tributario locale.

È noto che uno dei danni che si lamentavano da gran tempo era quello che i contribuenti immobiliari affermavano di esser colpiti sproporzionatamente (nel confronto della ricchezza mobiliare) e con precedenza, dalle Provincie e dai Comuni.

Che cosa è avvenuto col Testo Unico 1931?

Che le sovrimposte immobiliari costituiscono la fonte, per dir così, sussidiaria dei bilanci locali, nel senso che esse vengono applicate solo quando non bastino le entrate di contribuenza mobiliare o mista.

La Relazione Ministeriale al T. U. 1931 (1) così enuncia il congegno: « è stato posto anche molto studio alla *perequazione* « della imposizione sulle varie forme di reddito, e a porre una « remora al malvezzo troppo diffuso di concentrare il carico « tributario sulle sovrimposte fondiarie, e si è *concatenata* l'au« torizzazione alla applicazione delle sovrimposte con l'imposi« zione degli altri tributi, prescrivendo anche oltre il secondo « limite, che si debbano applicare a questi tributi degli addi« zionali ».

In realtà il nuovo T. U. 1931 al suo art. 254, dopo aver enumerato e disciplinato tutti i tributi locali di carattere mobiliare o misto, dichiara la facoltà dei Comuni e delle Provincie di istituire sovrimposte terreni e fabbricati (2) e, al seguente articolo, dispone che la facoltà di tale sovrimposta *non può essere esercitata* — entro il limite normale — se non sono state istituite e poste in riscossione per i COMUNI l'*imposta di consumo* (vinose, alcooliche, carni, gas luce, energia elettrica, materiali per costruzioni edilizie) *la tassa di valore locativo o la tassa di famiglia, e la tassa di occupazione spazi aree pubbliche* e PER LE PROVINCIE l'*imposta sulle industrie e la tassa di occupazione,* il che significa vera precedenza di queste imposte mobiliari o miste rispetto alle sovrimposte immobiliari. È similmente dicasi per le eccedenze delle stesse sovrimposte immobiliari per il quale il nuovo T. U. (art. 256) prescrive, non in via di sola concatenazione, che possano essere istituite tali eccedenze solo quando « vengano applicate le addizionali all'imposta sul valore « locativo od a quella di famiglia fino ai due decimi di esse, « il che non riguarda i redditi industriali) e all'imposta sulle « industrie fino a cent. 50 per i redditi di categoria B e fino a « centesimi 40 per i redditi di categoria C I per ogni cento lire « di imponibile erariale ». E si aggiunga che l'eccedenza oltre il terzo limite, sulle sovrimposte fondiarie — limite detto insuperabile — per le Provincie e Comuni che al 1931 abbiano emesso delegazioni per mutui, l'eccedenza dei nuovi limiti di sovrimposizione terreni e fabbricati è assolutamente preclusa, per le stesse sovrimposte, quando siansi raggiunti 500 e 125 centesimi per i terreni e fabbricati. Il che significa che in questo caso, ogni maggior carico va ai contribuenti mobiliari.

Tutto questo non vuol dire affatto che vi saranno Provincie e Comuni senza sovrimposte immobiliari — perchè ciò è lontano da ogni possibilità pratica — ma vuol dire che le Amministrazioni locali saranno tratte a spingere fino al massimo limite le imposte di carattere mobiliare, per applicare le sovrimposte immobiliari nei limiti più ridotti, tanto più che queste hanno, diversamente dalle prime, barriere veramente insuperabili.

Si verificherà quindi, per la formazione dei bilanci provinciali e comunali, una *tendenza fiscale* a maggior carico della capacità contributiva mobiliare.

Non è il caso di discutere un fondamento della riforma, che si manifesta in un avviamento tributario tendente ad alleviare il peso sul reddito dei terreni e dei fabbricati. Tale fondamento può essere giustificato come può essere opinabile, perchè anche in materia fiscale nulla è assiomatico.

D'altra parte trattasi, come si è detto di una « tendenza », che può anche non trovare controllo nella realtà.

In linea di fatto, siccome i redditi industriali non subivano, come si è detto, sovrimposte immobiliari, è fuori di dubbio che il nuovo T. U. sulla finanza locale, col rovesciamento del suo tecnicismo chiamerà in più larga misura i contribuenti mobiliari e misti (fra i quali quelli industriali) a concorrere al fabbisogno dei servizi provinciali e comunali. Vero è che ad evitare squilibri, il nuovo Testo Unico ha introdotto, *specialmente per le Provincie,* freni tutelari adeguati. Vero è pure che il Regime fascista è tale da non consentire agli Amministratori delle Provincie e dei Comuni eccessi di spese e sovraccarichi di entrate, e ciò avverrà a mezzo di freni inibitori di politica generale,

---

(1) L'applicazione dell'esonero dalla imposta fondiaria degli immobili considerati come « opifici » e tutte le costruzioni « specialmente » destinate all'industria ha dato motivo a una serie infinita di contestazioni fiscali, tuttora interminabili. Leggasi, per riassumere lo stato della questione in materia l'articolo del GUZZARDI: *I fabbricati accessori di opifici industriali* in « Giustizia Tributaria » 1931, I, p. 566. Sono stati ritenuti fabbricati accessori e quindi esenti dall'imposta fondiaria, le camere di piombo per la fabbricazione dell'acido solforico, l'area adiacente a una cartiera, destinata al deposito materiali, le stazioni di scarico di una teleferica, i serbatoi, le vasche e le tubature di un acquedotto, i locali di imbottigliamento di un stabilimento idroterapico. Vennero invece considerati non connessi accessoriamente e come tali non esenti, i locali destinati agli uffici di amministrazione, direzione ecc. (Comm. Centrale 10 febbraio 1930, n. 1471).

Per le industrie idroelettriche furono invece considerati esenti il canale conduttore dell'acqua alla centrale (App. Torino 28 luglio 1913) le stazioni della linea di elettrodotto (App. Milano 14 marzo 1924).

Sono anche esenti a termine di legge i locali destinati ai ricoveri di operai e tali furono considerati i caselli destinati alla custodia dei canali di condotta forzata (Comm. Centrale 11 novembre 1905, n. 4526) il locale di ricovero del Capo officina e Capo meccanico (21 dicembre 1914, n. 67572) le portinerie e locali di ricovero provvisorio e pronto soccorso degli infortunati (13 aprile 1905, n. 73068), l'abitazione del portiere e guardiano (5 maggio 1927, n. 73956). Invece non sono stati riconosciuti esenti da imposta fondiaria l'abitazione del conduttore dell'opificio (6 luglio 1891, n. 9342) del Direttore e capofabbrica (2 febbraio 1918, n. 9005) del direttore tecnico di una stazione elettrica (Cass. 5 Dicembre 1921 e 3 gennaio 1921) l'abitazione dell'ingegnere ecc. (Comm. Centrale 15 febbraio 1930, n. 1850).

(1) Edizione stereotipa ufficiale citata, pag. 14.

(2) Limiti normali per i Comuni Terreni 200 centesimi, prima eccedenza 400 terza eccedenza 500 fabbricati rispettivamente 50, 100 e 125. Per le provincie limite normale terreni 50 eccedenza 100 fabbricati rispettivamente 50 e 75.

attraverso il funzionamento della vigilanza prefettizia, della tutela della Giunta Provinciale Amministrativa e della Commissione Centrale per le finanze locali, oltre che dei Ministeri delle Finanze e dell'Interno.

b) *Progressività combinata dei sovraccarichi.*

Un altro criterio tecnico fiscale che ha presieduto al riordinamento dei tributi locali è quello della *progressività combinata dei sovraccarichi.* Oltre quanto già si è detto fin qui per l'applicazione delle sovrimposte immobiliari e delle relative eccedenze dopo le imposte locali mobiliari o miste, occorre ricordare come il nuovo T. U. imponga una *concatenazione perequante* tra i carichi sui terreni e fabbricati, nel senso che le prime eccedenze di aliquote addizionali a queste due sovrimposte debbono per i Comuni, applicarsi nella proporzione 1 a 4 (1 per i fabbricati e 4 per i terreni) e per le Provincie 1 e 2 (1 fabbricati e 2 per i terreni). Per le ulteriori eccedenze vale sempre la proporzione 1 a 4 e da 1 a 2. Tale criterio tecnico è giustificato dal fatto che i redditi dei fabbricati sono più vicini al vero, mentre i redditi dei terreni sono fissati o sulla base dei prezzi e dello stato di cultura antichissimo o in base ai catasti degli Stati preunitari, ovvero, per le zone a nuovo catasto, sulla base dei prezzi e delle culture secondo il computo medio del dodicennio 1874-1886, il che vuol dire sulla base di una stima enormemente lontana dalla attualità.

In ogni modo, questo lato tecnico della stima della proprietà immobiliare, che è base tanto delle imposte erariali terreni e fabbricati, quanto delle relative sovrimposte provinciali e comunali, costituisce nuova causa per un trattamento di favore dei contribuenti immobiliari, tassati sulla base di estimi di tempi lontani — specie per i terreni — mentre i contribuenti mobiliari (e fra questi i possessori di redditi industriali) sono colpiti in base ad estimi riveduti normalmente ogni quadriennio e, per gli Enti collettivi (Società anonime e in accomandita per azioni) in base ad estimi riveduti ogni anno, e, come è noto, sull'esame analitico dei bilanci.

VII. – Fondamento economico della riforma: pressione tributaria e sgravi.

a) *Pressione tributaria.*

La Relazione a Sua Maestà il Re, nel suo proemio introduttivo, dichiara che la riforma della finanza locale fu approfondita « nei riguardi delle sue ripercussioni sull'economia nazio- « nale » investendo così anche gli interessi generali dell'industria, tanto che — aggiunge la stessa relazione — « il Governo aveva « sottoposto all'esame delle confederazioni sindacali.... lo schema « del disegno di legge, in modo che nell'elaborazione definitiva « del Testo Unico, il Governo ha potuto giovarsi di un materiale « di osservazioni e proposte assai vasto e che rispecchia, nella « sua varia provenienza, le diverse attività della vita nazionale, « che sono interessate in una simile riforma » (1).

Tendenzialmente, il fondamento economico della riforma è per l'equità tributaria, per la diminuzione di pressione per i tributi comunali e provinciali e per la loro semplificazione e unificazione.

Naturalmente come elemento compensativo di questa tendenza — entro i limiti posti dal Governo — stavano due necessità create in primo luogo dallo stato attuale di dissesto dei bilanci provinciali e comunali e dalle necessità dei pubblici servizi della Provincia e del Comune, pure ridotte al minimo.

In ogni modo la Commissione parlamentare Berio (2) ha previsto nella pressione tributaria locale per le Provincie un beneficio di L. 366 milioni (3) contro una diminuzione di milioni 315 (onere per i contribuenti locali milioni 51) e per i Comuni un beneficio di mil. 848 contro una diminuzione di mil. 804 (onere per i contribuenti locali mil. 445).

Il maggior onere della riforma, pur nella sua organicità e completezza, si limita a milioni 95 circa, salvo naturalmente il maggior fabbisogno per il bilancio dello Stato (4).

VIII. – Sgravi tributari.

Queste le norme tecniche amministrative e politiche e per la pressione tributaria generale; dal punto di vista fiscale, inoltre, la riforma si inizia (art. 1 T. U. n. 1175) cogli sgravi dei contribuenti di fronte alla Provincia e al Comune, che sono di doppio ordine: soppressione vera e propria di imposte e trasferimento di spese dalle Provincie e Comuni verso lo Stato, il quale a sua volta abolisce la partecipazione dei Comuni al provento tabacchi e delle Provincie alla tassa scambi.

Sono aboliti, oltre alla addizionale governativa sulle bevande vinose ed alcooliche e sulla birra: 1°) *la tassa di famiglia* nei Comuni di oltre 30 mila abitanti; 2°) *l'addizionale comunale del 5 % all'imposta complementare di Stato*; 3°) *la tassa sulle bestie da tiro, da sella e da soma*: 4°) *la tassa sulle fotografie*; 5°) *le imposte di consumo sulla birra*; 6°) *le imposte sulle acque minerali da tavola e acque gassose.*

Sono inoltre aboliti i contributi per la costruzione *originaria* delle fognature e la tassa esercizio rivendite, salvo quanto dispongono gli art. 253 e 325 del Testo Unico di cui si parlerà in appresso.

L'importo di questi sgravi è presuntivamente di annui milioni 650 l'importo dei servizi trasferiti, dei quali già fu detto è di mil. 540 che passano a carico dello Stato, salvo il compenso dell'abolizione di 60 milioni prima devoluti alle Provincie per la partecipazione alla tassa scambi e di 161 milioni ai Comuni, per la quota provento tabacchi (1).

Deve tenersi conto, fra gli sgravi, della eliminazione delle sovrimposte provinciali terreni e fabbricati in virtù delle nuove norme, per almeno mil. 200 (2) della riduzione delle imposte comunali di consumo per almeno mil. 804 e, inoltre, dell'assorbimento dei deficit 1930 verificatisi nei bilanci comunali e provinciali per almeno mil. 147 (3).

Tutto ciò corrisponde a un alleviamento di pesi che potrà parere modesto se si considerano i desideri dei contribuenti, ma che è notevole se si considerano le possibilità della pratica.

XI. – Fondo di integrazione a favore delle Provincie.

Una delle innovazioni del T. U. 1931 è quella della creazione di un « Fondo di integrazione dei bilanci provinciali » di 300 milioni annui a carico del Bilancio dello Stato, versati alla Cassa Depositi e Prestiti in sei rate semestrali.

Il presupposto di questo nuovo istituto è che molte Provincie, col nuovo ordinamento e specialmente colla riduzione sulle sovrimposte, non avrebbero avuto possibilità di vivere. Lo Stato perciò ha assunto un onere speciale per quelle Provincie che non ostante la più rigorosa gestione non avessero potuto formare il loro bilancio. E il fondo dei 300 milioni da ripartirsi a quote consolidate per un biennio, ha appunto tale destinazione.

Questo fondo di integrazione non risponde però solo a una necessità di fatto, ma anche a un difetto di congegno fiscale. Si conosce infatti che, nel sistema delle sovrimposte provinciali manca ogni corrispondenza fra il gettito dei tributi e i bisogni dei servizi pubblici locali, talchè non potrebbe uscirsi da questo bivio; o aumentare le aliquote fino all'intollerabile o trascurare il modo di gestione dei servizi. Il difetto si era aggravato coll'istituzione della addizionale provinciale sulle industrie. È notissimo che questo tributo segue, con una quasi completa euritmia, l'imposta di R. M. erariale e questa subisce in Italia accentramenti topografici in parte naturali e in parte artificiali, nel senso che le sedi aziendali non sempre sono anche sedi tributarie.

Ora il reddito non si localizza soltanto colla creazione delle filiali e succursali per le Aziende che hanno un raggio esteso di azione e quindi una ampia circoscrizione produttiva di ricchezza; le Aziende e le succursali, del resto, non corrispondono sempre a una possibilità di frazionamento del tributo fra i vari Comuni o fra le varie Provincie a cui estendono la loro attività e da cui quindi proviene il reddito imponibile.

Come ovviare al danno? La prima Commissione di studio aveva creato l'istituto relativamente nuovo, dei fondi di riparto. Restava a stabilire se questo istituto dovesse funzionare attraverso prelevamenti sul gettito di specifiche imposte erariali (sale, tabacco, scambi) o non piuttosto sul bilancio dello Stato genericamente considerato o non piuttosto, infine, mediante prelevamenti sulle stesse imposte provinciali delle singole provincie, da devolversi al fondo comune di stabilizzazione.

Non si è ritenuto opportuno di applicare l'ultimo mezzo, si è invece — colla nuova riforma — creato il fondo di riparto mediante assegnazione sul bilancio dello Stato e si è istituita una nuova fonte di entrata provinciale che porta un compenso allo squilibrio fra il limite di tolleranza tributaria specifica per ciascuna Provincia e le necessità indeclinabili dei servizi locali.

Secondo l'art. 327 del T. U. tale fondo sarà ripartito fra « le « Provincie che, nonostante l'applicazione, con le massime ali- « quote consentite dal T. U. delle sovrimposte fondiarie e di

(1) Edizione ufficiale 1931, pag. 4.

(2) La Commissione parlamentare Berio (Rel. p. 38 e 39) prevede il maggior onere per detto titolo in 545 mil. cui debbono aggiungersi i 75 milioni per maggior fondo di integrazione a favore delle Provincie.

(3) Tenuto conto dell'aumento del fondo di integrazione da mil. 225 a 300.

(4) Relazione finale p. 36.

(1) Cifre rilevate dalla Relazione Berio, pag. 40 e 41.

(2) Cifre rilevate dalla Relazione Berio, pag. 40.

(3) Cifre rilevate dalla Relazione Berio, pag. 41.

« tutte le altre imposte, tasse e contributi, non siano in grado di « provvedere al pareggio dei loro bilanci ».

X. – Quadro generale delle entrate Comunali e provinciali.

Le varie leggi sulle entrate provinciali e comunali usano una abbondante terminologia per denominare i vari carichi sulla ricchezza privata. Si parla di *imposte*, di *tasse*, di *diritti*, di *contributi*, di *proventi*, di *corrispettivi*, di *canoni di affitto*, di *sovracanoni*, di *sovrimposte*, di *addizionali*, di *prestazioni* e di *partecipazioni*.

Secondo il nuovo Testo Unico 14 settembre 1931, n. 1175 le imposte vigenti dal 1° gennaio 1932 per le Provincie e per i Comuni sono le seguenti:

Imposte, contributi e tasse delle Provincie.

1°) Sovrimposte provinciali terreni e fabbricati (art. 12 e 255 del T. U.). 2°) Tassa di occupazione di spazi ed aree pubbliche (art. 197 e 198). 3°) Imposta addizionale sulla imposta comunale sulle industrie, commerci, arti e professioni (art. 122 e 164 del T. U.). 4°) Contributi per la costruzione e l'occupazione di gallerie nel sottosuolo stradale (art. 198 del T. U.). 5°) Contributo di miglioria specifica per l'incremento di valore derivante da costruzioni di opere pubbliche (art. 236 e segg. T. U.). 6°) Tassa provinciale di circolazione sui veicoli a trazione animale (art 214 a 224 del T. U.). 7°) Contributo integrativo di utenza stradale (art. 225 e segg. T. U.).

Imposte, contributi e tasse dei Comuni.

8°) Imposta di consumo (da art. 20 fino ad art. 100 del T. U.). 9°) Imposta sul valore locativo delle abitazioni e delle loro dipendenze ovvero imposta di famiglia quando la popolazione del Comune è inferiore a 30 000 abitanti (da art. 101 a 121 del T. U.). 10°) Imposta sul bestiame (da art. 122 a 126 del T. U.). 11°) Imposta sulle vetture pubbliche e private (da art. 137 a 148 del T. U.). 12°) Imposta sui domestici (da art. 149 a 152 del T. U.) oltre alle disposizioni comuni colla precedente (articolo 153 a 154). 13°) Imposta sui pianoforti (art. 155 a 160 del T. U.). 14°) Imposta sui bigliardi (art. 157 del T. U.). 15°) Imposta di soggiorno (da art. 169 a 171 T. U.). 16°) Imposta di cura (da art. 172 a 174 e 176, 177 oltre le norme comuni colle precedenti da art. 178 a 182 del T. U.). 17°) Contributo speciale di cura (art. 175 T. U.); 18°) Imposta di licenza (art. 183 a 189 e 191 T. U.). 19°) Imposta sulle macchine da caffè tipo espresso (art. 190 del T. U.). 20°) Imposta sugli animali caprini (articolo 127 a 129 T. U.). 21°) Imposta sui cani (art. 130 a 136 del T. U.). 22°) Imposta (tassa) sulle insegne (art. 201 a 278 T. U.). 23°) Corrispettivi per il ritiro e trasporto delle immondizie domestiche (art. 268 a 272 del T. U.). 24°) Imposta sulle industrie, commerci, arti e professioni (art. 161 a 164 del T. U.). 25°) Imposta di esercizio e rivendita (art. 256 e 335 T. U.). 26°) Imposta di patente (art. 165 a 168 del T. U.). 27°) Tassa di occupazione di spazi ed aree pubbliche (art. 192 a 200 T. U.). 28°) Diritto di peso e misura pubblica (art. 209, 210, 213 del T. U.). 29°) Affitto di banchi pubblici (art. 211 e 212 del T. U.). 30°) Diritti accessori (statistica, assistenza ad operazioni a domicilio, magazzinaggio, marcazione, suggelli e contrassegni (art. 100) e altri diritti accessori (art. 25). 31°) Contributi per la costruzione e occupazione di gallerie nel sottosuolo stradale (art. 197 e 198 del T. U.). 32°) Contributi di miglioria (art. 236 a 246 del T. U.). 33°) Contributo di manutenzione delle fognature (art. 247 a 253 del T. U.). 34°) Contributo integrativo di utenza stradale (art. 225 a 235 del T. U.). 35°) Prestazioni d'opera (commutabili in danaro) per la costruzione di strade obbligatorie (legge 30 agosto 1868, n. 4613) per la costruzione di strade di accesso alle stazioni (legge 8 luglio 1903, n. 312) e per la lotta contro le cavallette (Legge 18 giugno 1931, n. 987). 36°) Partecipazione ai diritti erariali sui pubblici spettacoli (R. D. 30 dicembre 1923 n. 3276 e D. L. 2 ottobre 1924, n. 1589). 37°) Partecipazione ai proventi della tassa di macellazione dei bovini (Legge 6 luglio 1912, n. 332 e D. L. 15 aprile 1920, n. 577). 38°) Partecipazione ai proventi della tassa di circolazione sui veicoli a trazione animale (art. 214 a 224 del T. U. esclusi gli art. 219). 39°) Partecipazione ai proventi della tassa di circolazione sui velocipedi (art. 219 e 220 del T. U.). 40°) Sovrimposta comunale sulla imposta erariale terreni (art. 254 a 260 del T. U.). 41°) Sovrimposta comunale alla imposta erariale sui fabbricati (art. 254, 257 e segg. del T. U.). 42°) Proventi dei servizi municipalizzati (art. 261 a 267 del T. U.). 43°) Tassa sui distributori stradali di benzina (art. 199 del T. U.).

All'enumerazione dei tributi provinciali e comunali vigenti deve far seguito il rilievo circa i tributi aboliti che sono (art. 1 del T. U.) l'addizionale governativa sulle bevande vinose ed alcooliche, la tassa di famiglia nei Comuni superiori ai 30 mila abitanti, l'addizionale comunale alla imposta complementare di Stato, la tassa sulle bestie da soma, da tiro e da sella, la tassa sulle fotografie e l'imposta di consumo sulla birra e sulle acque minerali da tavola e acque gassose. A tale elenco devono essere aggiunte — fra i tributi locali aboliti — le compartecipazioni provinciali alla tassa scambi (D. R. 20 ottobre 1925, n. 1944), la partecipazione comunale ai proventi dei tabacchi, il contributo a carico dello Stato per la manutenzione delle strade di seconda e terza classe (D. R. 15 novembre 1923, n. 2605) e il contributo di costruzione originaria delle fognature.

Prima della riforma le imposte e tasse provinciali davano una entrata annua di milioni 867 (1) e quelle comunali di milioni 5296 (2).

Il totale delle imposte comunali e provinciali dopo la riforma non è previsto in cifra esatta, per la difficoltà di elementi presuntivamente vicini alla realtà. Il maggior onere dei contribuenti derivante dall'assestamento è previsto in milioni 400 annui (2) tenuto conto degli sgravi.

Le altre entrate ordinarie del Comune sono quelle patrimoniali (art. 13, 14, 17, 18, 19) e le entrate straordinarie sono quelle per avanzo di amministrazione degli esercizi precedenti e quelle per mutui, oltre, eventualmente agli interessi delle giacenze di cassa (art. 16).

XI. – Riassunto delle norme per le imposte e tasse generali delle Provincie e dei Comuni.

Abbiamo enunciato per sola enumerazione le imposte dirette locali; nell'interesse delle industrie in generale e dell'industria elettrica in particolare, ricordiamo:

a) per *l'imposta sul valore locativo* (art. 101) che essa ha tariffa graduale degressiva dal 9 % a 5 % dell'affitto locatizio e che non si applica che alle vere e proprie abitazioni e loro dipendenze (3); non quindi ai locali ad uso uffici, industrie e simili. Deve però ricordarsi che tra le case di abitazione sono comprese, agli effetti dell'imposta, le camere e gli appartamenti abitati dai proprietari, direttori, amministratori, insegnanti, sanitari e personale di servizio addetti agli uffici, stabilimenti e simili (art. 102).

La determinazione del valore locativo è quella risultante da atto scritto e registrato: se la differenza supera di un terzo questo indice il Comune può provocare rettifica (art. 10), o presunto negli altri casi; in ogni ipotesi il reddito non può essere inferiore a quello pro quota attribuito secondo l'imposta fabbricati, salva la denuncia e revisione, in questo caso a cura del Comune, presso l'ufficio distrettuale delle imposte (art. 104 e 105). Le esenzioni beneficano i redditi minimi, stabiliti dal regolamento speciale comunale e le abitazioni della Corona e principi Reali, degli Ambasciatori e Consoli, le case non fornite di mobili in alcun tempo dell'anno, le costruzioni rurali e le abitazioni gratuite o a fitto ridotto dei funzionari dello Stato. L'imposta è dovuta dal locatario e anche dal proprietario salvo rivalsa sull'inquilino (art. 106 a 110) quando si tratti di case mobiliate;

b) *per l'imposta di famiglia* è a ricordarsi come essa sia applicabile alternativamente a quella sul valore locativo e solo dai Comuni con popolazione inferiore a 30 000 abitanti. Il tributo colpisce, come dice la voce, l'unione di più persone, strette da vincoli di parentela o di affinità, conviventi e aventi patrimonio unico e indiviso; l'imposta è pagata nel Comune di dimora abituale, sull'imponibile presunto, coi minimi e colla graduazione fissata dal Regolamento speciale e colla detrazione dell'imposta complementare, la quale è dovuta allo Stato sul coacervo dei redditi, cioè come imposta globale sul reddito (art. 111 a 121);

c) *per le imposte sul bestiame*, il soggetto dell'imposta è fissato in base all'esistenza di fatto del bestiame nel Comune (salvi i reparti per le stagionature) a carico del proprietario, e colla compartecipazione dello Stato per tre quarti per gli animali caprini (art. 122 a 128);

d) *per l'imposta sui cani* la misura è da L. 15 a L. 150; oggetto è il cane, il soggetto è il possessore, custode o comunque detentore che ha l'obbligo della denuncia, con esenzione dei cani guida dei ciechi o che trasportano mutilati poveri, dei cani lattanti e di quelli adibiti all'Esercito o alla Pubblica Sicurezza (art. 129 a 136);

---

(1) Cfr. Relazione della Commissione Parlamentare, pag. 41.

(2) Cfr. allegato n. 15 e 6 della Relazione Pironti, pag. 114, 129 e 151.

(3) Sono considerate dipendenze i giardini, parchi, cortili ed aere comunque usate dal possessore dell'abitazione e tutti i locali e costruzioni che formino annesso e appendice dell'abitazione, anche se materialmente disgiunti (art. 103).

e) *per l'imposta sulle vetture* che colpisce i possessori o concessionari di vetture pubbliche (da L. 20 a L. 150 secondo la categoria delle vetture e classe del Comune, art. 141) e i possessori di vetture private tanto ad uso proprio che di speculazione (da L. 30 a L. 300 secondo la categoria della vettura e la classe de Comune, art. 137 e 148).

Questa imposta non colpisce i cicli, motocicli, automobili e camions, colpisce però i veicoli d'albergo, le gondole e barche a remi, a vela e a motore (art. 148). Doppia imposta sulle vetture con stemmi ed emblemi gentilizi (art. 146);

f) *per l'imposta sui domestici* la quale colpisce chiunque tenga al servizio suo o della famiglia, domestici dell'uno o dell'altro sesso, con o senza alloggio e vitto (art. 149). *Sono considerati tali gli individui che prestano opera di inserviente presso Società* o circoli di divertimento (art. 149). Questa imposta è progressiva (da L. 25 a L. 200) a seconda del sesso e del numero dei domestici (art. 151) e si paga nel Comune di dimora abituale e anche in più Comuni ove in questi il contribuente tenga casa aperta con separato personale di servizio (art. 152). Per questa imposta e per la precedente di cui alla lettera e) l'iscrizione è a carico dei capi famiglia (art. 153) e, quando trattisi di Enti collettivi, associazioni, circoli e simili, a carico delle persone che li dirigono, presiedono e rappresentano (art. 153 capoverso).

g) *per l'imposta pianoforti e imposta bigliardi* cui viene assoggettato chi fa uso o noleggio di tali mobili e nella misura di L. 50 rispettivamente e L. 125 (art. 157), salva l'esenzione ai maestri di musica, di orchestra o di canto e salva la riduzione a metà per persone con reddito inferiore a L. 10 mila che dimostrino di valersi del pianoforte per avviare i figli all'arte musicale (art. 160);

h) *per l'imposta comunale di soggiorno e per l'imposta comunale di cura*. La prima colpisce *chi dimora temporaneamente in un qualsiasi Comune* ed è ragguagliata al prezzo di locazione dell'albergo, pensione, stabilimento, ovvero (per chi dimora in ville) al fitto normale dell'appartamento, ove trattisi di stazioni climatiche e balneari (art. 169, 170, 171).

L'imposta di cura colpisce *coloro che dimorano temporaneamente nei Comuni dichiarati stazioni di cura*, di soggiorno o di turismo e, in tal caso, l'imposta di cura sostituisce quella di soggiorno (art. 172) è in misura fissa, non eccedente L. 30 a persona e grava chi dimora nel Comune per un periodo non inferiore — anche se interrotto — a cinque giorni (art. 172 e 173);

i) *per il contributo comunale speciale di cura* (art. 14 D. L. 15 aprile 1926, n. 765) che colpisce chi per l'esercizio di industria, commercio o professione, tragga speciali vantaggi economici dall'esistenza della stazione di cura e corrisponde a non oltre il 0,50 % dell'imposta sulle industrie. Questo tributo viene quindi applicato automaticamente a tutte le aziende collettive e private esistenti nei Comuni detti di cura, sulla base dell'imposta di ricchezza mobile statale, categoria B e C. I Comuni delle antiche Provincie, acquisite alla Madre Patria dalla Grande Guerra e che erano già dichiarati Comuni di cura, possono applicare questa imposta, in caso di necessità, secondo le speciali disposizioni in vigore prima dell'annessione (art. 176). Questo contributo non abroga o sostituisce gli altri contributi applicati nelle stazioni di cura a termini dell'art. 15 del D. L. 15 aprile 1926, n. 765 (art. 177).

L'applicazione di questi tributi può avvenire anche per una parte sola del Comune, è riscossa a carico degli alberghi locatori e ospiti, oltre che direttamente dai debitori, per proprio titolo, a mezzo del Tesoriere o di riscuotitori speciali (art. 178) e un quarto di gettito è devoluto alla O. N. maternità e infanzia (art. 179). Ne sono esenti oltre che coloro che risiedono nel Comune o vi hanno ville di loro proprietà, gli ambasciatori e Consoli, i funzionari governativi, gli ufficiali e militari dell'Esercito e della Milizia, i sanitari, i poveri inviati per ragione di cura e il personale degli alberghi (art. 182).

l) *per l'imposta di licenza* che è tributo comunale applicato al valore locativo degli esercizi pubblici destinati ad albergo, locanda, pensione, trattorie, osterie, caffè ed altri esercizi in cui si vendono al minuto e si consumano vino, birra, liquori e altre bevande anche non alcooliche, nonchè agli stabilimenti di bagni, rimesse di vetture e automobili, sale da ballo, da bigliardi o altri giuochi leciti (art. 183 e 184). L'imposta giunge al 20 e 30 % dell'imponibile secondo la classe di esercizio (art. 185);

Con D. M. 25 novembre 1931 (*Gazz. Uff.* n. 274 del 1931) è stato interpretato quest'onere fiscale comunale, per l'applicazione ai casi di esercizi misti (alberghi, ristoranti delle stazioni, ristoranti ecc.) pei quali la commisurazione della tassa di licenza alla misura del fitto locativo viene ristretta ai locali ove le bevande vengono vendute o a una parte proporzionale del fitto. Tutto ciò naturalmente oltre alle tasse erariali devolute allo Stato per gli esercizi di bevande ultra alcooliche a norma del D. R. 9 dicembre 1928, n. 2745 e della legge 8 luglio 1929, n. 1434 (art. 191 del T. U.);

m) *per l'imposta di patente* (da L. 15 a L. 60) che colpisce coloro che esercitano nel Comune un commercio, un'arte o una professione senza corrispondere all'Erario l'imposta di R. M. (art. 166). Questo tributo sostituisce l'imposta sulle industrie per i redditi minori a L. 2000 e non colpisce gli impiegati e salariati di amministrazioni od uffici pubblici o privati ancorchè di carattere industriale e commerciale, i ministri del culto e i rivenditori di privative (art. 168).

n) *per la imposta sulle macchine da caffè tipo espresso*, per cui la tassa è di L. 150 o 300 a seconda del numero dei becchi di tali apparecchi (art. 190);

o) *per la imposta sulle insegne* che colpisce ogni iscrizione, avviso, richiamo, anche se luminosi o di proiezioni, iscrizioni, stemmi ed emblemi relativi all'esercizio di industrie, commerci, professioni, arti e in genere a qualsiasi attività con fine di lucro che abbia carattere permanente e sia esposta o visibile al pubblico, escluse le aree marittime e salvo il regime speciale delle pubbliche affissioni a norma del R. D. 14 giugno 1928, n. 1399 (art. 201). Questa imposta si applica a tariffa di un canone annuo per ogni lettera da L. 0,70 a L. 2 per lettera secondo le classi di Comune. I fregi ecc. sono colpiti col massimo della tariffa (art. 202). La tariffa della classe superiore può essere applicata con graduazione di importanza delle strade (art. 204) e, per i Comuni di cura colla tariffa della classe superiore (art. 203). Le insegne in lingua straniera sono soggette a tariffa quintupla col minimo di L. 150 annue;

Deve ricordarsi come con D. M. 25 novembre 1931 (*Gazz. Uff.* 27 novembre n. 274) il significato della parola « insegne », ai fini della tassa comunale, è stato precisato in via positiva e in via negativa. Si è infatti stabilito che « debbono considerarsi « *insegne*.... solo le iscrizioni e simili, poste nella sede di un eser« cizio, di una *industria*, commercio, arte o professione, le quali « facciano menzione di un dato e di una attività permanente « dell'esercizio stesso, come il nome di una Ditta esercente o la « qualità dell'esercizio o la indicazione generica della merce in « esso venduta ».

E in via negativa il citato decreto ministeriale aggiunge che « tutte le altre tabelle o iscrizioni o targhe in uso nel commercio « o *industria* le quali non rispondono ai requisiti predetti sono « in conseguenza da ritenersi contemplate dalla legge sulla pub« blicità (1) e sulle affissioni qualunque sia la materia di cui siano « costituite ».

p) *per la imposta comunale e provinciale sui distributori di benzina* e relativi serbatoi sotterranei, che contempla una specialità dell'imposta di occupazione di sottosuolo stradale di pertinenza del Comune (art. 199). Questa imposta giunge da L. 100 a L. 600 annue secondo la classe del Comune e l'importanza della località ove il distributore è collocato;

q) *per il diritto comunale di peso e misura pubblica* che costituisce una entrata particolare con tariffa speciale e modalità speciali (art. 209 a 212), oltre, naturalmente, gli speciali proventi del servizio di privativa comunale per tali servizi, nei casi di municipalizzazione;

r) *per il contributo comunale di fognatura* che è un tributo speciale annuale per la manutenzione delle fognature, che può imporsi solo nei capoluoghi di Provincia e nei Comuni con oltre 100 mila abitanti o nei Comuni dichiarati di cura, soggiorno e turismo (art. 247) con tariffa commisurata a due centesimi per ogni lira di imponibile di imposta erariale fabbricati (art. 248). È abolito però ogni contributo alla spesa di costruzione originaria delle fognature, salva la non retroattività dell'abolizione pei Comuni ove tale contributo fu già imposto, salve le disposizioni speciali per Napoli (D. R. 16 gennaio 1921, n. 195) per l'Acquedotto Pugliese e per Roma (D. L. 22 agosto 1930, n. 1356) (art. 253);

s) *per il corrispettivo per il servizio di ritiro e trasporto delle immondizie domestiche* (art. 268) che è applicato in via obbligatoria, dai Comuni che istituiscono questo servizio *in rapporto alle condizioni economiche degli utenti* (art. 270) e viene riscosso anche a mezzo di riscuotitori speciali (art. 271) con ruolo a carico degli utenti motori (art. 272).

PARTE SPECIALE.

XII. – Le aziende elettriche e le riforme amministrative del T. U. 14 settembre 1931, n. 1175.

Il nuovo Testo Unico, per quanto intestato « sulla finanza locale » contiene — come abbiamo detto — non poche disposizioni di carattere amministrativo. Queste saranno fuse, a suo tempo, nel grande e nuovo testo unico di legge comunale e provinciale, per cui il Governo (adunanza del Consiglio dei Ministri

(1) Legge 14 giugno 1928, n. 1399 che colpisce queste forme pubblicitarie colla tassa erariale di bollo, dalla quale invece deve ritenersi siano escluse le vere insegne.

del 12 ottobre 1931) ha dichiarato di chiedere al Parlamento la delega legislativa. Ove questa sia concessa, come non è dubbio avverrà, si avrà il vero e proprio codice comunale e provinciale.

Frattanto, nel T. U. parziale del 1931 ora pubblicato hanno interesse per le industrie elettriche le seguenti norme di carattere amministrativo:

a) *per quanto riguarda la competenza e il trasferimento dei servizi*: che le spese per i servizi giudiziari e le spese di mantenimento delle carceri passano allo Stato, come le spese per i locali degli istituti di istruzione e relativa illuminazione e riscaldamento.

Fra i servizi di interesse dell'industria elettrica può ricordarsi che restano alla Provincia quelli per gli Archivi provinciali, per i locali sede dell'Amministrazione, per la illuminazione dei licei e degli istituti tecnici, scuole agrarie medie, manicomi, locali per l'assistenza scolastica e per la Federazione provinciale per la protezione della maternità e infanzia.

Restano poi a carico del Comune i servizi per la sede degli uffici, ai locali per la verifica pesi e misure, per l'alloggio ai RR. CC. di transito, per i servizi di polizia locale, il tutto per l'illuminazione, altrettanto dicasi per i laboratori locali di igiene e profilassi, dei macelli, per i locali degli ispettori scolastici, per gli alloggi ai maestri per le scuole di confine, per le scuole di avviamento (compresa la illuminazione) come per i licei, ginnasi e istituti magistrali, per gli istituti nautici, per le scuole industriali e commerciali, per la custodia, illuminazione e riscaldamento delle palestre e stadi di proprietà dell'O. N. Balilla, per i contributi dell'Eiar, per i locali ai Comitati di patronato dell'O. N. maternità e infanzia.

b) *per quanto riguarda l'accertamento delle entrate e la procedura di riscossione* rilevasi che ogni norma venne unificata. « Le nuove norme — dice la Relazione a Sua Maestà il Re pre« posta al T. U. n. 1175 — hanno il concetto basilare nell'unifi« cazione della procedura di accertamento con precisa determi« nazione dei modi e termini nei quali deve esser esercitato, « nei comuni del Regno il diritto di imporre i tributi e compiuto « dai contribuenti il dovere della denuncia dei cespiti imponi« bili. Analoga disciplina è data alla facoltà di impugnare gli « accertamenti, assicurando inoltre nel reciproco interesse dei « contribuenti e dell'Ente, la definizione, entro termini ragio« nevoli, delle controversie ». Su tali due punti riassumeremo, nella parte speciale, le relative norme;

Merita quindi di essere rilevato che l'accertamento delle imposte e tasse locali, viene espressamente e vigorosamente disciplinato come quello delle imposte erariali col metodo della denuncia obbligatoria da parte del contribuente, colla applicazione di penalità, come vedremo in seguito, nei casi di mancata denuncia.

c) *per le spese obbligatorie comunali e provinciali*, che restano a carico degli Enti locali, quelle per i sussidi alle Ferrovie, tramvie e servizi automobilistici, preferibilmente in forma di sovvenzione chilometrica, quando a tali servizi di comunicazione concorra l'interesse locale (art. 306). Sono vietate le garanzie di reddito chilometrico, e tali sussidi subiscono il trattamento delle spese facoltative e sono quindi riducibili, quando a tale disposto (dell'art. 305) non sia derogato in caso di evidente utilità con Decreto Reale su parere favorevole del Consiglio di Stato;

d) *per quanto riguarda la classificazione dei Comuni* i Comuni sono ripartiti (art. 11) in nove classi rispettivamente designate colle lettere A ad I e colle popolazioni di oltre 500 000 abitanti (A), da 20 000 a 500 000 (B), da 100 a 200 mila (C), da 60 a 100 mila (D), da 30 a 60 mila (E), da 15 a 30 mila (F), da 10 a 15 mila (G), da 5 a 10 mila (H), e fino a 5000 (I). Le Provincie sono di unica classe.

L'importanza di questa classificazione vale ai fini dell'istituzione della Consulta, delle imposte di consumo, fra le quali è specialmente rilevabile, come vedremo, quella sulla energia elettrica, della tassa di famiglia ecc.

XIII. – Le aziende elettriche e i servizi municipalizzati in gestione diretta o in concessione.

Le Provincie e i Comuni, come è noto, possono esercitare — con o senza diritto di monopolio — servizi pubblici locali per gestione diretta o per concessione, il tutto secondo il T. U. 15 ottobre 1925, n. 2578 (*Gazz. Uff.* n. 52 del 4 marzo 1926).

È comunemente conosciuto che questo T. U. sorto dalla riforma dell'antica legge 1903 sulla cosidetta municipalizzazione dei pubblici servizi — consente ai Comuni di assumere, fra l'altro, il servizio di impianto ed esercizio dell'illuminazione pubblica e privata, quello di costruzione ed esercizio di tramvie, di reti telefoniche e la produzione e distribuzione di forza (sic) elettrica, colla costruzione degli impianti relativi (art. 1).

Tali aziende di produzione o servizi pubblici possono — come è noto — essere costituite in due modi: o in *azienda autonoma*, con rappresentanza, gestione e bilancio proprio o in *gestione diretta* del Comune. L'una e l'altra forma sono oggetto di speciali procedure, modalità, vigilanza e tutela.

Le Provincie, a lor volta, possono assumere in via di esercizio di monopolio o di libera concorrenza, secondo i casi, i servizi di comunicazione di tramvie, di telefoni, di automobili a servizio pubblico, di produzione di forza motrice idraulica ed elettrica e di costruzione dei relativi impianti, di essicatoi di granturco e di semenzai (art. 1 ult. capov. T. U. 15 ottobre 1925, n. 2578).

***

L'accennato T. U., approvato con legge 15 ottobre 1925, n. 2578 è stato parzialmente innovato colla legge sulla finanza locale, in vari punti, i quali riguardano i proventi che dalla gestione diretta o indiretta dei pubblici servizi possono derivare al bilancio comunale (Titolo Terzo, Capo XVIII, Sez. 1ª; art. 261 a 267).

Premesso che sono rimaste immutate le norme di costituzione, rappresentanza e gestione delle aziende municipalizzate o provincializzate, (nel T. U. della Finanza locale è esplicitamente riconosciuta la provincializzazione, al che, in pratica erasi giunti fin dalla legge del 1903 e, in diritto positivo, anche colla legge del 1925), deve porsi in rilievo:

a) *che circa il modo di gestione* delle aziende — diretto o indiretto — la legge del 1931 riconferma la facoltà di scelta fra la gestione diretta e quella per concessione all'industria privata secondo il disposto dell'art. 26 della legge del 1925 (art. 265 del T. U.);

b) *che circa la forma di aggiudicazione* è prescritto che la concessione a privati deve essere preceduta da asta pubblica (art. 267). Le eccezioni — a trattativa o licitazione privata — possono essere consentite dal Prefetto, quando circostanze speciali in rapporto alla natura dei servizi lo consigliano (art. 267 capoverso);

c) *che circa l'approvazione dei capitolati* per tali concessioni deve ricordarsi che essi debbono essere approvati dalla G.P.A. e dal Consiglio di Prefettura; dal primo collegio nell'esercizio della tutela, dal secondo per il parere tanto sulla regolarità che sulla convenienza amministrativa del provvedimento (art. 266).

d) *che per quanto si riferisce alle norme per le concessioni* che sono poi il contenuto del capitolato, deve essere prevista e disciplinata la manutenzione degli impianti per l'intero periodo della concessione, la facoltà di riscatto, *le tariffe*, per le quali — art. 261 — non devono essere previsti, per le prestazioni fatte alla Provincia e al Comune, prezzi superiori ai minimi previsti per i privati.

Negli stessi capitolati deve essere disciplinata la vigilanza sul funzionamento dell'azienda, il canone di concessione e anche la partecipazione agli utili, i corrispettivi a carico del concessionario per gli immobili eventualmente ceduti dall'Amministrazione, le modalità per il trasferimento alla scadenza del contratto degli immobili e impianti del concessionario, rispettivamente alla Provincia o al Comune, i corrispettivi, le penalità, le norme di decadenza e i modi di definizione delle controversie (articolo 265).

Nelle discipline per la gestione diretta dei servizi devono esser previste le modalità di assunzione delle provviste, le responsabilità degli amministratori e degli addetti, le tariffe, ecc. (art. 264).

È a notarsi che tutte queste disposizioni — come spiegano le norme provvisorie (1) — « mirano principalmente ad evitare « l'occultazione delle deficienze finanziarie e la ripartizione di « utili fittizi ed a rendere più efficaci i controlli da parte del« l'Autorità tutoria e la responsabilità degli amministratori ».

XIV. – Le aziende elettriche e le imposte provinciale e comunale sulle industrie.

È noto che i redditi provenienti da esercizio misto di capitale e lavoro — tutti di carattere mobiliare — sono colpiti dallo Stato coll'imposta di ricchezza mobile, categoria B e C. Colla legge speciale del 18 novembre del 1923, n. 2538, gli stessi redditi o, per dir meglio, quelli di categoria B (redditi misti di capitale e opera dell'Uomo — industrie, commerci, ecc. — —) e C[1] (redditi professionali). Vengono, ai termini della legge speciale gravati anche con due imposte rispettivamente a favore delle Provincie e dei Comuni. Queste imposte variamente riordinate e modificate fino al 1931, sono state confermate nell'ordinamento della finanza locale del 1931. Fondamento tecnico di questo tributo si è che i redditi in parola derivino dall'esercizio, anche in modo non continuativo, di un'industria, un commercio, un'arte e una professione da cui sorga un reddito soggetto all'imposta erariale di ricchezza mobile (art. 161). Le im-

(1) Edizione ufficiale, pag. 98.

poste provinciali e comunali sulle industrie vengono però applicate anche ai redditi del genere sovradetto che siano esenti da ricchezza mobile per disposizione speciale di legge, eccetto i redditi della industria zolfifera e i redditi dei ministri del culto (art. 162 ultimi due capoversi).

Le aziende elettriche sono colpite da questo tributo dei Comuni o delle Provincie per il reddito o sulla parte di reddito che si produce nel Comune o nella Provincia (art. 161). Ove si tratti di un reddito che si produce in più comuni o più provincie il riparto del reddito generale dell'azienda fra tali Provincie e tali Comuni è eseguito dall'ufficio distrettuale dell'imposte che ha provveduto all'accertamento « *tenendo conto in giusta misura, così degli elementi tecnici come di quelli direttivi ed amministrativi che concorrono alla formazione del reddito* ». Questa formula, contenuta nell'art. 161 del T. U., presenta in pratica, come è noto, particolari difficoltà, specie per le industrie elettriche, in relazione al riparto del reddito in confronto dei vari elementi specifici (sede legale, amministrativa, impianti di produzione, cespiti di distribuzione, ecc.).

Comunque la legge dispone che il reparto del reddito aziendale ai fini dell'imposta sulle industrie, eseguito dall'Agenzia distrettuale, sia notificato ai Comuni interessati e al contribuente, nonchè alle Provincie quando i Comuni appartengono a Provincie diverse (art. 161 ult. capov.).

Le *aliquote massime* dell'imposta sulle industrie sono rispettivamente: *a*) per *l'imposta comunale* del 3 per cento per i redditi di categoria B e del 2,40 per cento per quelli di categoria C[1], fermo sempre, fra l'una e l'altra aliquota il rapporto 2,40 a 3; *b*) per *l'imposta provinciale* rispettivamente dell'1,50 e 1,20 per cento (art. 162 e 164).

L'*indice dell'imposta* è il reddito accertato ai fini di ricchezza mobile erariale, salvo quanto fu detto per i redditi esenti per disposizione speciale (art. 162). Lo sgravio dell'imposta di ricchezza mobile dello Stato produce automaticamente lo sgravio dell'imposta sulle industrie (art. 162).

L'imposta provinciale sulle industrie è denominata *addizionale*, per quanto sia applicabile in modo autonomo, cioè anche ove non sia istituita dai Comuni. Deve notarsi che l'imposta provinciale sulle industrie *non è applicabile ai redditi esenti* per disposizione speciale (art. 162).

L'ordinamento di questa imposta rispondeva a un criterio insieme politico e tecnico e, sopratutto doveva sostituire l'antico tributo denominato « tassa di esercizio e rivendita », che colpiva appunto i redditi mobiliari del genere di quelli posti a base dell'imposta sulle industrie, ma con un accertamento autonomo fatto dai Comuni. Colla riforma del 1923 si è voluto sottrarre il contribuente a un duplice accertamento di reddito mobiliare e l'imposta di esercizio e rivendita fu abolita, e sostituita, come si è detto, da quella sulle industrie; però, in via transitoria (art. 335 T. U. 1931), l'antica imposta di esercizio è stata conservata per quei Comuni che, non ostante la applicazione delle sovrimposte fondiarie fino al terzo limite insuperabile e non ostante l'applicazione di tutti gli altri tributi comunali colle aliquote massime, e non ostante la riduzione delle spese, non siano ancora in grado di raggiungere il pareggio dei bilanci (art. 256). La ragione di questa disposizione transitoria sta nella presunzione che gli accertamenti dell'antica tassa di esercizio siano, per lo stesso contribuente, più alti di quelli della ricchezza mobile erariale e, quindi della nuova imposta comunale sulle industrie.

XV. – Imposta di consumo sull'energia elettrica.

Il nuovo Testo Unico 1931 rappresenta, a riguardo delle imposte comunali di consumo, il terzo stadio di riforma fascista della materia; i due precedenti ordinamenti risalgono come è noto al 1923 e al 1930.

Nel 1923 la riforma De Stefani ebbe due finalità: *a*) applicazione del dazio a nuove voci (filati, legnami, saponi, legna da ardere e combustibili, foraggi, materiali edilizi, carta); *b*) elevazione e classificazione dei Comuni ai fini dei limiti massimi di aliquota di tassazione.

Nel 1930 la riforma abolì i dazi comunali del 1923 e istituì in corrispettivo le imposte comunali di consumo, ma esclusivamente per il vino, le carni, i materiali edilizi, l'energia elettrica ad uso di illuminazione, il gas luce e riscaldamento.

La nuova riforma (art. 45 e segg. T. U. 1931), oltre alla misura dell'imposta comunale di consumo secondo le nove classi dei Comuni (non più secondo le cinque classi del 1930 (1) applica l'imposta comunale di consumo alle seguenti voci e colle seguenti tariffe: *a*) Vino da L. 23 a L. 50 l'ettolitro secondo le classi dei Comuni (colla voce speciale spumanti in bottiglia da L. 0,80 a L. 1,70 ciascuna); *b*) alcool, acquavite e liquori da L. 120 a L. 275 l'ettolitro; *c*) carni da macellare e macellate, salate (insaccate, affumicate ecc.), buoi, manzi, vacche, tori, vitelli, cavalli, muli, asini, maiali, pecore, capre, montoni, castrati, agnelli, capretti con tariffa frazionata come all'art. 95 e 97, numeri 1 a 40; *d*) altri commestibili (pesce comunque conservato da L. 45 a L. 100, baccalà da L. 12 a L. 35; *e*) cioccolato da L. 20 a L. 150; *f*) biscotti e pasticceria da L. 20 a L. 150; *g*) formaggi e latticini escluso il burro e prodotti similari 3 % *ad valorem*; *h*) gas luce e riscaldamento da L. 0,02 a L. 0,03 il mc; *i*) materiali da costruzione 8 % *ad valorem*; *l*) generi diversi :mobili dal 5 all'8 % *ad valorem*; profumerie e saponi fini 10 % *ad valorem*; pelliccerie confezionate dal 5 all'8 % *ad valorem*.

Le relative disposizioni sono comprese fra quelle di cui agli art. 96 e 99 del T. U. 1931 oltre alle disposizioni generali dall'art. 20 all'art. 95.

Fra i generi soggetti ad imposta di consumo v'è quindi — come è noto — l'energia elettrica destinata all'illuminazione e non ad altri scopi. Secondo la nuova legge è quindi esente l'energia elettrica tanto se destinata a scopo di riscaldamento, quanto se destinata a scopo industriale.

La misura dell'imposta medesima è *normale*, *straordinaria* ed *eccezionale*. La misura normale dell'imposta comunale di consumo sull'energia elettrica applicata per la tariffa generale massima e nella misura di *tariffa normale* (art. 95) è la seguente:

CLASSE DI COMUNI

A e B	C	D	E	F e G	H ed I
0,025 Ewo	0,025	0,025	0,025	0,018	0,012

Vi sono però le tariffe, sempre massime, *straordinarie* ed *eccezionali*. La tariffa straordinaria si applica ai Comuni che erano *chiusi* al 1° aprile 1930 (1) e solo in caso di riconosciuta necessità previa approvazione della G. P. A. La tariffa *straordinaria* massima (art. 23) è la seguente:

CLASSI DI COMUNI

A ad E	F G	H ed I
0,045	0,03	0,02

La tariffa *eccezionale* è quella che si applica ai Comuni che erano alla data del 1° aprile 1930, *aperti*, nel senso della legge sui dazi di consumo (2) ed ha la stessa misura aritmetica della aliquota straordinaria, ma viene applicata solo per riconosciute necessità, coll'approvazione della G. P. A. e coll'omologazione del Ministero delle Finanze, che provvede, sentita la Commissione per la finanza locale (art. 24).

Tutte queste tariffe sono, per dir così, di regola, perchè occorre ricordare: *a*) che un Comune assegnato a classe inferiore, per effetto di un nuovo censimento, può mantenere, ai fini dell'imposta di consumo, l'aliquota dell'anno precedente e della classe superiore (art. 26); *b*) che per necessità di bilancio accertate e riconosciute dall'autorità di tutela (G. P. A.) e dalla Commissione centrale delle finanze locali, un Comune di qualunque Classe può riscuotere le imposte di consumo in base alla tariffa della classe immediatamente superiore (art. 27); *c*) altrettanto dicasi dei Comuni dichiarati di cura, soggiorno e turismo (art. 28); *d*) che i Comuni che non ostante i provvedimenti di cui alla lettera *c*) e non ostante le eccedenze massime di sovrimposta fondiaria (art. 256) non possono raggiungere il pareggio, sono soggetti all'approvazione del bilancio da parte della Commissione Centrale della finanza locale, la quale, sentita la G.P.A., e previe tutte le riduzioni di spese può « rivedere le tariffe delle imposte » e, in casi eccezionali, può « autorizzare l'applicazione di nuove imposte di consumo su voci non comprese nella tariffa 1923..... *ed autorizzare anche ulteriori aumenti di imposte, tasse e contributi* » (art. 321).

La facoltà di revisione e di aumento o modificazione si estende anche ai capitolati di appalto e ai regolamenti per i servizi assunti in gestione diretta o tenuti in economia.

---

(1) Le classi della legge sulle imposte di consumo erano cinque e, in rapporto all'energia elettrica, la classifica funzionava come appresso: classe 1 A (L. 0,25 ewo), 1 B (0,025) 1 C (0,025) II (0,025) III (0,012) IV (0,012). Colla classifica del 1931 le aliquote di imposta di consumo per ewo sono applicate a nove classi di comuni e nelle seguenti misure A e B (L. 0025) C (0,025) D (0,025) E (0,025) F-G (0,018) H-I (0,012) salve le eccezioni come appresso.

---

(1) Sono Comuni chiusi quelli con barriera effettiva o virtuale dichiarati tali e con popolazione superiore a 8000 abitanti (art. 9 del D. R. 24 settembre 1923, n. 2030).

(2) Sono Comuni aperti quelli con popolazione inferiore a 8000 abitanti, o, anche se superiori, dichiarati tali con deliberazione speciale (art. 9, capoverso D. R. 24 settembre 1923, n. 2030).

In conclusione, il minimo dell'imposta comunale di consumo sulla energia elettrica è di L. 0,012, il massimo è di L. 0,045 l'Ewo, oltre, s'intende, l'imposta di consumo governativa di L. 0,03, con un totale quindi di L. 0,42 a L. 0,75 il Kwo (1).
Tutto ciò salve le eccezioni e modificazioni sopra enunciate.
La relazione della Commissione parlamentare (2) prevede che l'onere *normale* (cioè senza calcolare le applicazioni eccezionali) per questo titolo sarà di mil. 80 annui.

***

Le esenzioni generali dell'imposta di consumo e quindi le esenzioni anche dall'imposta sull'energia elettrica sono istituite per i Sovrani, per i Capi del Governo esteri, Capi di Missione, membri del Corpo diplomatico, a condizione che uguale franchigia sia applicata reciprocamente (art. 29, n. 1).

Le esenzioni speciali per l'imposta sull'energia elettrica riguardano il consumo per il servizio di costruzione ed esercizio delle strade ferrate, quello per il servizio postale telegrafico e telefonico, quello per l'illuminazione governativa, provinciale e comunale di aree pubbliche (art. 29, n. 3, 4, 7). Sono pure esenti tutti generi ad uso della Croce Rossa, le bevande acquistate in economia dagli istituti di beneficenza. Sono state quindi abolite le eccezioni dell'art. 15 della legge del 20 marzo 1930, n. 141 riguardanti i generi ed oggetti ad uso delle Amministrazioni dello Stato.

L'imposta sull'energia elettrica per illuminazione si riscuote sul consumo accertato « mediante liquidazione da farsi alle « officine di produzione a carico dell'esercente, il quale ha di-« ritto di rivalersene sui consumatori » (art. 38). Questa formula di riscossione, giova notarlo, non parlerebbe dell'istituto detto dell'abbonamento, che pure è usato dalla legge per altri generi soggetti all'imposta di consumo. La nuova formula usata per l'imposta comunale induce, forse, la necessità di regolamenti speciali di esecuzione e di istruzioni governative nominate del resto, dall'art. 344 del T. U. 14 settembre 1931, n. 1175.

Vero è peraltro che l'art. 42 del Testo Unico dichiara, *in via generale*, che la riscossione delle imposte di consumo, senza eccezioni, è fatta in seguito a dichiarazione del contribuente e mediante l'applicazione della tariffa alle materie imponibili, aggiungendo: « Salve le limitazioni stabilite dal Regolamento, « (e il regolamento è tuttora allo studio) l'amministrazione « delle imposte di consumo può fare singole convenzioni d'ab-« bonamento tanto coi singoli contribuenti, *esercenti*, o fabbri-« canti, quanto con classi di esercenti o fabbricanti. *L'ab-« bonamento per esser valido, deve risultare da atto scritto*, secondo « le norme da determinarsi dal Regolamento, e *deve essere ga-« rantito* (?) *per un sesto del canone* ».

Deve anche ricordarsi che l'art. 44 del T. U. fissa l'abbonamento obbligatorio per i dolciumi e il cioccolato, ma aggiunge che « con decreto del Ministro delle Finanze tale modo di per-« cezione può essere esteso ad altri generi tassati *colle imposte « di consumo* ».

Per il periodo dal 1° gennaio 1932 (data di inizio di applicazione della nuova legge di finanza locale (art. 344) al 30 giugno 1932 (art. 344, terzo comma) prosegue il vigore delle norme provvisorie di cui avremo occasione di parlare al N. XXIII di queste note.

Il contribuente moroso per imposta di consumo per l'energia elettrica, per un tempo di oltre 10 giorni è colpito da una cosi detta « indannità di mora » del 6 per cento (art. 45). Tanto l'imposta dovuta insoluta che l'indennità di mora inerente sono riscossi col procedimento privilegiato della *ingiunzione*, secondo le norme stabilite per la tassa di registro (3). La prescrizione per questa riscossione è di tre anni, salvo inizio dell'azione penale, nel qual caso la prescrizione è sospesa (art. 48). L'art. 49 del T. U. applica alla riscossione delle imposte di consumo il privilegio (cioè la precedenza di percezione sugli altri crediti) sui generi stessi, sui relativi recipienti *e mezzi di trasporto e sui macchinismi di produzione*.

Il contribuente ha diritto al rimborso dell'imposta di consumo indebitamente pagata, purchè presenti la domanda di rimborso entro tre anni. *Se l'indebito dipende da errore di calcolo o di tassazione a carico dei contribuenti si provvede al rimborso senza che occorra la domanda dell'interessato* (art. 50). Il che significa che, in questo caso, e in qualunque tempo, — a nostro parere — il contribuente, per la cifra di indebito, può fare appello all'autorità gerarchica superiore ed eventualmente anche all'autorità giudiziaria ordinaria se il Comune interessato non provvede al rimborso così dichiarato obbligatorio dalla legge.

(1) Cfr. le considerazioni svolte, a proposito di tali tariffe dall'Ing. G. Valerio in *Energia Elettrica*, 1929 p. 1055 nella Relazione « *l'imposta sull'energia per illuminazione* ».
(2) Relazione Berio, pag. 41.
(3) Art. 48 del T. U. e art. 140 del T. U. 30 dicembre 1923, n. 3269.

***

Le penalità per l'imposta di consumo per la energia elettrica — come per ogni altra voce imponibile prevede — oltre le sanzioni di mora, ha vere e proprie *sanzioni penali*. Le sanzioni stesse sono da una a dieci volte l'imposta nei casi di frode, cioè quando « il produttore.... mediante atti fraudolenti si sottrae « o tenta di sottrarsi al pagamento dell'imposta, anche mediante « abuso delle esenzioni » (art. 55).

Le pena della multa non può comunque essere applicata in misura inferiore a L. 50 e il pagamento della multa, naturalmente, non dispensa dal pagamento dell'imposta (art. 55 ultimo).

Nel caso che nei tre anni precedenti il colpevole abbia subito già tre condanne per lo stesso titolo, può applicarsi la pena della reclusione fino a tre mesi (art. 56). In ogni caso le pene sono raddoppiate per gli impiegati e salariati addetti ai servizi di riscossione, vigilanza e ispezione delle imposte di consumo, nonchè per gli agenti di polizia tributaria, impiegati ed agenti delle strade ferrate, impresari e conduttori di tramvie e per il personale dipendente (art. 56 e 57).

In tutti questi casi si può applicare invece della *multa*, la pena dell'*ammenda*, il che non porta sempre trasformabilità in reclusione nel caso di mancato pagamento (art. 26 cod. pen.). Inoltre nei casi di lieve entità, l'ammenda può anche essere inferiore a L. 100 (art. 59).

Il T. U. 1931 parla anche di una « *particolare vigilanza* » sui « locali di fabbrica » dei generi soggetti a imposta di consumo, da parte degli agenti, che « possono entrare in detti locali nelle « ore in cui sono aperti per farvi le necessarie verificazioni » (art. 54). Quando però occorre procedere a perquisizioni domiciliari, si osservano le disposizioni del codice di procedura penale, per quanto riguarda la necessità del mandato di perquisizione emesso con decreto dal giudice, quando siavi motivo di sospetto che le cose pertinenti al reato siano in determinato luogo (art. 332 e segg. cod. proc. pen.), salvo il caso di fragranza di reato, nel quale gli ufficiali od agenti di polizia giudiziaria si uniformano alle disposizioni dell'art. 222 di detto codice, cioè con facoltà di arresto immediato e senza mandato di cattura, come dispongono gli art. 235 e 236 cod. proc. penale (art. 54).

Gli addetti all'imposta di consumo sono muniti di *patente*, rilasciata secondo le norme del regolamento. Essi hanno inoltre qualità di ufficiali o di agenti di polizia giudiziaria secondo che abbiano rispettivamente funzioni direttive od esecutive, il che deve risultare dalla patente (art. 54 ult. capoverso). In ogni caso le trasgressioni devono essere accertate con processo verbale (art. 63) e, in caso di fragranza, gli agenti delle imposte di consumo possono arrestare i trasgressori quando il reato sia accompagnato da altro reato punito colla pena restrittiva della libertà personale, ovvero nei casi in cui « il reato di flagranza « sia punibile con pena detentiva » (1), (art. 65) ovvero, finalmente quando si tratti di colpevoli di reato colto in flagranza o di altro delitto per cui la legge dispone il massimo della pena della reclusione ad un anno (art. 235 primo capov. Cod. proc. pen.). Abbiamo riportato questa disposizione per rilevare che l'arresto immediato a cura dell'agente della imposta di consumo, può essere applicato in detti casi di flagranza, ove trattisi, ad esempio, di furto di energia elettrica, di danneggiamento di apparati e di truffa (art. 624, 635, 640 cod. pen.), nei quali si combini e si accerti anche la violazione degli obblighi di pagamento dell'imposta di consumo. E non abbiamo bisogno di rilevare che questa penalità, per l'imposta di consumo sull'energia elettrica è applicabile nel caso di abbonamento o di accertamento preventivo, e porta obbligo dell'anticipazione dell'imposta; anche se l'utente si sottrae al pagamento dell'imposta dovuta sull'energia consumata per illuminazione, perchè l'utente stesso è il debitore finale dell'imposta.

Tutte le penalità vere e proprie cioè le sanzioni applicabili per le trasgressioni (non i ritardi di mora per cui si applica la sanzione civile) alla legge sull'imposta di consumo, possono essere *definite in via amministrativa*. Questa forma di risoluzione è duplice: *in via formale* e *in via breve*: la prima si verifica quando prima dell'apertura del dibattimento dinanzi all'autorità giudiziaria, il trasgressore con domanda da lui sottoscritta senza riserve o condizioni e che è considerata irrevocabile, accetta di sottoporsi all'applicazione della pena dell'*ammenda* (non multa) nei limiti fra il minimo e il massimo a norma della decisione dell'Amministrazione delle imposte di consumo (articolo 66). Tale domanda deve essere accompagnata dal *deposito* di quella somma che viene richiesta — ritiensi dall'Ente

(1) Questa disposizione è difficilmente comprensibile, posto che il nuovo codice penale ha abolito la distinzione fra la pena della reclusione e quella della detenzione. Può pero intendersi che la parola « pena detentiva » sia corrispondente alla pena dell'*arresto* secondo il nuovo codice penale (art. 25).

interessato — a garanzia dell'imposta, della pena e delle spese, secondo le norme che verranno stabilite dal Regolamento (art. 66). La decisione è presa dal Podestà o dalla Commissione Consorziale salvo ricorso gerarchico al Prefetto e successivamente al Ministero delle Finanze (art. 66 p. cap.). Su questo punto non esiste esplicita facoltà di ricorso all'autorità giudiziaria ordinaria (art. 66 penult. cap.). Questa è la definizione della trasgressione che fu dichiarata *in via formale*. Esiste però anche la definizione delle trasgressioni all'imposta di consumo, dinanzi all'autorità amministrativa che il T. U. 1931 definisce « *in via breve* » (art. 66 ult. capov.), che è poi quella della conciliazione mediante « oblazione » (art. 67) secondo le comuni e tradizionali forme.

La prescrizione per i debiti del genere fini qui riportati è di tre anni e per le contravvenzioni è di due anni (art. 69). In qual caso si possa, per la imposta di consumo sull'energia elettrica, parlarsi di delitto e in quale di contravvenzione, risulta dal codice penale (1) e, forse, risulterà anche più chiaramente dal Regolamento che sarà formato per il T. U. 1931.

Tanto la multa che l'ammenda non pagata sono convertibili, nei casi di insolvenza e di insolvibilità, nella reclusione per non oltre tre mesi e nell'arresto per non oltre due mesi, secondo si tratti di delitti o di contravvenzioni (art. 68).

Le somme riscosse per pene pecuniarie per tutte le imposte di consumo, prelevate le spese, sono devolute per il trenta per cento al Comune, per il quindici per cento alla massa di agenti dell'imposta di consumo e per il resto a un *fondo speciale*, su cui vengono assegnati i premi di diligenza « *a coloro che hanno contribuito alla scoperta e all'acecrtamento del reati* » (art. 70). La formula generica esclude che il titolo di percezione di questi premi sia collegato alla funzione di agente vero e proprio *dell'imposta di consumo. Sono quindi beneficabili anche i denunciatori*. Le questioni sul riparto di questi proventi sono decise in via amministrativa, cioè nei tre gradi del Podestà, Prefetto e Ministero delle Finanze, salvo ricorso — entro tre mesi — alla autorità giudiziaria (art. 70 e 90).

Nei riguardi dell'imposta di consumo sull'energia elettrica devesi ricordare che le imposte di consumo possono essere riscosse, a scelta del Comune, *o per gestione diretta*, ovvero a mezzo di appaltatore (art. 71 a 75 e art. 76 a 88); o a mezzo del Consorzio degli esercenti (art. 89). Se è vero che il modo di gestione a mezzo di appalto — a canone fisso o ad aggio — (art. 7 T. U.) risulta applicabile per qualunque genere o voce soggetta a imposta di consumo; si deve rilevare che l'art. 89 al Testo medesimo dichiara, nella sua prima parte, le imposte di consumo possono essere riscosse a mezzo del consorzio degli esercenti ma aggiunge, nell'ultimo capoverso, che questo modo di riscossione non può essere applicato per le imposte di consumo sull'energia elettrica (oltre che per il gas luce e materiali da costruzioni) « *che devono essere riscosse direttamente dal Comune* ». Naturalmente la Società esercente la distribuzione di energia elettrica, nella funzione di debitore diretto dall'imposta, diviene, verso l'utente, un creditore dell'imposta pagata a titolo di rivalsa.

Sulle imposte di consumo, si noti, possono essere emesse *delegazioni* a garanzia di mutui; tale deleghe sono date in carico all'esattore comunale o al tesoriere comunale (art. 94) nei casi di gestione diretta, o all'appaltatore quando sia applicato questo modo di riscossione. Naturalmente la delegazione riguarda l'agente della riscossione e non il debitore dell'imposta di consumo.

XVI. – Le industrie elettriche e le sovrimposte fondiarie.

Le aziende elettriche sono soggette al pagamento delle imposte terreni e fabbricati a favore dello Stato, e, quindi, alle sovrimposte provinciali e comunali sui contributi stessi. Deve ricordarsi però come per questo titolo, le industrie elettriche, come le altre industrie, sono soggette a meno largo imponibile, perchè, ripetesi, col D. L. 30 dicembre 1923, n. 3069, i cespiti di natura immobiliare sono, ai fini dell'imponibile, compresi fra i redditi di ricchezza mobile. Tutte le industrie non sono però esonerate dal pagamento delle imposte e sovrimposte terreni e fabbricati su quelli che non sono propriamente immobili pertinenti all'industria cioè — per le industrie elettriche — sugli impianti di derivazione, centrali, cabine. Deve anche ricordarsi come per l'art. 7 della legge 11 luglio 1889, n. 6214 si ritennero esenti dall'imposta fabbricati e quindi dalla sovrimposta, i generatori, apparecchi e meccanismi che sono generalmente compresi, in casi analoghi, nel reddito edilizio.

Il T. U. 1931 comprende varie norme dirette a istituire limiti legali degli addizionali provinciali e comunali all'imposta erariale terreni e fabbricati e poi, se non proprio a sopprimere, certo a limitare le eccedenze oltre i limiti legali. Per questo titolo si prevede uno sgravio fiscale alle proprietà immobiliari di almeno 200 milioni annui.

I limiti legali delle sovrimposte sono tre per i Comuni e due per le Provincie, in diversa aliquota per i terreni e fabbricati.

	Terreni	*fabbricati*
Comuni: 1° limite normale	200 cent.	50 cent.
2° » »	200 »	50 »
3° » »	100 »	25 »
Totale massimo dell'imposta erariale	500 cent.	125 cent.
Provincie 1° limite normale	50 cent.	50 cent.
2° » »	50 »	25 »
Totale massimo	100 cent.	75 cent.

L'imposta erariale base è quella dei ruoli erariali dell'anno (art. 254). Fu già detto che le eccedenze si applicano con norme di concatenamento fra le imposte mobiliari e quelle immobiliari delle Provincie e dei Comuni; in altre parole le eccedenze di sovrimposta possono funzionare, tanto per le Provincie che per i Comuni, solo quando siano state istituite certe altre imposte (consumo, industrie, occupazione) delle Provincie e dei Comuni e fino a certi limiti o anche fino ai limiti massimi (art. 255).

La istituzione e misura delle sovrimposte viene ordinata con deliberazione del Podestà o del Rettorato (art. 258) è soggetta a speciale tutela e viene ripartita nella proporzione obbligatoria 1 a 4 fra terreni e fabbricati (art. 257) per i Comuni e 1 a 2 per le Provincie.

XVII. – Le industrie elettriche e l'imposta di consumo sulle costruzioni edilizie.

L'industria elettrica è colpita dall'imposta di consumo solo sui materiali destinati alle costruzioni edilizie vere e proprie, che non siano da comprendersi fra la categoria degli opifici industriali.

Non è il caso di ricordare infatti che tale onere può riguardare soltanto i fabbricati « edilizi » in senso proprio e che per l'articolo 30 n. 6 del Testo Unico, l'imposta di consumo sui materiali edilizi nou si applica, oltre ad altri casi, a quelli impiegati « nelle costruzioni e nelle riparazioni di *opifici industriali* ». Aggiungasi alla categoria di materiali edilizi esenti da imposta di consumo quelli impiegati « nelle riparazioni previste dall'articolo 1004 del Cod. Civ.».

Merita di essere ricordato che l'imposta di consumo sulle costruzioni edilizie è applicata *ad valorem*, e che tale valore risulta dalle mercuriali del Consiglio provinciale dell'Economia e può giungere fino al massimo dell'8 % (art. 98 T. U. 1931) sulla media annuale delle mercuriali stesse.

Si deve anche ricordare che questa categoria di imposta di consumo (art. 89 T. U. 1931) non può essere riscossa per mezzo di appaltatori, ma deve in via obbligatoria essere versata direttamente al Comune.

XVIII. – Le industrie elettriche e la tassa per l'occupazione di spazi ed aree pubbliche.

Il T. U. 1931 ha riformato l'antica imposta o tassa di occupazione di aree pubbliche istituita nel 1859.

La tassa è il corrispettivo di una occupazione dello spazio e dell'area pubblica di *qualsiasi natura*, relativa da una strada, a un corso, a una piazza, a un pubblico mercato ovvero ad una area privata gravata da servitù di pubblico passaggio (art. 192).

A quest'ultimo riguardo giova ricordare che l'art. 22 della legge 20 marzo 1865 sulle opere pubbliche dichiara che « fanno parte delle strade gli spazi aperti sul suolo pubblico ».

L'occupazione dell'area pubblica, che ha per corrispettivo la tassa, può essere *superficiale*, *soprastante* o *sottostante* al suolo stradale (art. 192 capov.).

Perchè vi sia tassa di occupazione occorre una concessione amministrativa, temporanea o permanente dello spazio o dell'area stradale (art. 193). È rilevabile il disposto dell'art. 193 secondo comma, che dichiara come le concessioni in oggetto « sono sempre revocabili ».

A questa norma esistono due eccezioni, l'una assoluta riguardante il caso in cui il contribuente, con unica soluzione, affranca la tassa, come diremo in appresso e l'altra per le concessioni di sottosuolo, *le quali non sono revocabili se non per necessità di pubblico servizio* (art. 193).

La nuova legge, anche in quest'ultimo caso, dichiara che la

---

(1) Art. 17. – Le pene principali stabilite per i delitti sono la morte, l'ergastolo, la reclusione, la multa. Le pene principali stabilite per contravvenzioni sono: la multa e l'ammenda.

revoca della concessione non porta diritto ad alcuna indennità, salva la restituzione della tassa pagata (art. 193).

Le occupazioni in parola sono due: permanenti o temporanee (art. 195) e vengono autorizzate dai Comuni e dalle Provincie in conformità dei Regolamenti locali, che debbono prevedere apposita tariffa, con una graduazione a seconda dell'importanza della strada. L'art. 194 del T. U. prevede a tale riguardo l'obbligo di un « elenco di classificazione » delle strade, deliberato dal Podestà o dal Rettorato, rivedibile ogni biennio, approvato dalla G.P.A. e pubblicato per quindici giorni all'albo pretorio (art. 194).

Tra le occupazioni permanenti sono sempre quelle che sono costituite « *da balconi, verande e simili infissi di carattere stabile pertinenti alla fronte delle case verso l'area pubblica* ». Per queste occupazioni la tassa può essere corrisposta in unica soluzione mediante versamento di somma pari a venti annualità (art. 195 penult. capov.). L'accertamento della tassa balconi fu però sospeso con recente provvedimento comunicato per la stampa.

***

Il nuovo Testo Unico disciplina con molte modificazioni le norme vigenti per questo tributo. In primo luogo, mentre la tassa di occupazione poteva, fino al T. U. 1931, essere istituita solo dai Comuni, ora può essere istituita anche dalle Provincie.

In secondo luogo sono distinte due classi di tassa di occupazione di sottosuolo, oltre quella speciale per i distributori di carburanti soggetta a norme speciali (art. 199).

La prima classe riguarda le occupazioni che diremo *libere*, per le quali la posa di tubi, cavi, e impianti in genere nel sottosuolo non segue uno spazio obbligatorio.

La seconda classe riguarda invece i cavi, tubi ecc. che vengono collocati in cunicoli di muratura sotto i marciapiedi (articolo 197).

Per la prima classe di occupazione la *tariffa massima* (a favore della Provincia o del Comune) prevede il pagamento annuo a metro lineare come appresso: *a*) per condutture, cavi e impianti in genere, 1° se di diametro inferiore a cent. 20, L. 0,50 per metro lineare, 2° se oltre questo diametro Lire una per metro lineare; *b*) per le condutture di acqua potabile rispettivamente la metà (L. 0,25 e L. 0,50). Tutto, naturalmente oltre le spese per rimettere in pristino la strada (art. 197 nel capoverso e art. 198). La Provincia o il Comune hanno sempre la facoltà di trasferire in altra sede, a proprie spese, le condotture, i cavi, e gli impianti; quando però il trasferimento venga disposto per l'immissione delle condutture, cavi ed impianti in cunicoli di muratura sotto i marciapiedi, ovvero in collettori o gallerie appositamente costruite, la spesa è a carico degli utenti (art. 197 ult. capov.). E quando tali cunicoli, collettori o gallerie vengano costruiti dalla Provincia o dal Comune, questi Enti hanno diritto d'imporre un contributo di costruzione per una sola volta, oltre a un contributo annuo, in sostituzione della tassa ordinaria di occupazione di sottosuolo (art. 198 secondo comma).

Nei riflessi dell'industria elettrica l'art. 197 del T. U. 1931, dichiara che le tasse in parola sono applicabili alle occupazioni di suolo stradale *con condutture, cavi ed impianti per trasporti di energia*, e per qualunque altro scopo e servizio; quei mezzi di occupazione, dice l'art. 197 precitato « *sono tassati in ragione dello sviluppo a metro lineare delle occupazioni stesse* ». In realtà questo criterio della tassazione a metro non sembra obbligatorio per le occupazioni in cunicolo, collettore o galleria per cui l'art. 198 applica « un contributo annuo, in sostituzione della tassa a metro », contributo da intendersi quindi anche passibile di un diverso indice ed eventualmente anche di un *forfait*, ma sempre secondo i regolamenti locali.

Per le occupazioni superficiali o sovrastanti al suolo stradale non esiste massimo di tariffa; la misura e la classificazione sono lasciate al Regolamento locale, deliberato dal Podestà o dal Rettorato provinciale, rispettivamente per il Comune o Provincia, — pubblicato, come si è detto — all'albo pretorio e approvato dalla G. P. A. sentito il parere del Genio Civile e del Consiglio provinciale dell'Economia corporativa (art. 195). Naturalmente queste formalità sono introdotte a garanzia del contribuente o utente.

Dalla tassa di occupazione sono esenti: *a*) i pali, fili e cavi telegrafici e telefonici dello Stato o in servizio dello Stato (articolo 200) le tabelle indicative delle stazioni, funicolari ed ascensori pubblici, gli orologi pubblici, le aste delle bandiere, le occupazioni colle vetture destinate a servizi pubblici e le occupazioni occasionali per durata inferiore *al minimum* stabilito dal Regolamento speciale (art. 200).

È a prevedere che questo tributo speciale non abbia modificato il D. L. 17 maggio 1928, n. 1094 relativo alla occupazione delle strade nazionali o di prima classe o comunque tenute in gestione dall'A.A.S.S., per le quali i canoni di occupazione e di attraversamento sono attribuite alla azienda speciale.

Era sorto il dubbio se le condutture elettriche aeree fossero soggette a tassa di occupazione e in proposito al dubbio sembrò subito facile rispondere che tali condutture aeree, come i relativi pali e attacchi di qualsiasi natura infissi erano senz'altro tassabili per tre ragioni: 1° perchè l'area sovrastante alle strade, se non proprio tutto lo spazio aereo è ritenuto di natura demaniale e quindi, come tale, le relative occupazioni dipendono da concessione amministrativa e, come tale, inducono tassazione; 2° perchè nel sistema della legge del 1931 era chiaramente detto che erano colpite dalla tassa speciale le occupazioni di spazi pubblici e di aree pubbliche *di qualsiasi natura* (articolo 192); 3° perchè lo stesso T. U. del 1931 nel disciplinare le esenzioni dalla tassa di occupazione nominava separatamente i *pali*, i « *fili* » e i *cavi*, telegrafici e telefonici o *per trasporto di energia appartenenti a linee di Amministrazioni di Stato o al servizio dello Stato*, il che escludeva che gli altri tipi e categorie di elettrodotto fossero esenti.

Nè valeva obbiettare che la nuova legge prevedeva le tariffe di occupazione di cavi e fili solo per il sottosuolo (art. 198), perchè l'art. 195 della legge, intestato « tariffe », dichiara che « le rispettive tariffe (delle occupazioni) sono deliberate dal « Podestà o dal Rettorato e sono soggette all'approvazione « della G. P. A. sentito il parere del genio civile e del Consiglio « provinciale dell'economia ».

A proposito dell'industria elettrica e delle relative occupazioni poteva solo dubitarsi circa la misura della tariffa applicabile alle occupazioni aeree, in quanto il nuovo T. U. non parlava di misura di tassa altro che per le occupazioni sotterranee.

A togliere ogni dubbio è intervenuto appunto il D. M. 25 novembre 1931 (*Gazz. Uff.* 27 novembre, n. 274) che pone alcuni principi essenziali che possono così essere riassunti: 1° le occupazioni aeree sono soggette a tassa comunale; 2° le tasse comunali sono corrispettive di occupazioni superficiali, sotterranee ed aeree; per quelle sotterranee il T. U. 1931 fissa le misure massime. La misura delle tasse per le occupazioni superficiali è lasciata alla discrezione delle Amministrazioni « variando assai sensibil- « mente il loro valore commerciale secondo le usanze locali »; 3° la tassa è esclusa ove sianvi in contrario convenzioni fra il Comune e l'esercente.

Restava la tassa per l'occupazione degli spazi sovrastanti al suolo e, per questo caso, il D. M. 25 novembre 1931 e in relazione alla industria elettrica così dispone:

« Avendo qualche Amministratore sia comunale sia provin- « ciale applicata alle condutture elettriche la tassa per l'occupa- « zione di spazi soprastanti al suolo stradale in modo non con- « forme allo spirito della legge e delle istruzioni, si richiama l'at- « tenzione delle Giunte provinciali amministrative che ove dalle « predette Amministrazioni si creda necessario per ragioni di « bilancio addivenire alla tassazione anche di queste occupazioni, « o essa sia resa necessaria dall'applicazione degli articoli 255 « e 256, *sempre che non ostino convenzioni esistenti tra gli enti « predetti e le ditte che gestiscono tali condutture*, occorre tener « presente che le tariffe devono essere, in ogni modo, in relazione « a quelle dell'articolo 198 per la occupazione del sottosuolo « perchè questa ultima servitù non è meno gravosa di quella « soprastante al suolo stradale. E poichè l'articolo alla lettera *a*) « importa una tariffa massima di circa lire 2,50 al mq, ne con- « segue che tale deve essere la misura massima della tariffa an- « che per l'occupazione dello spazio anzidetto.

« Per spazio soprastante al suolo stradale, occupato dalle « condutture, deve intendersi la proiezione di ogni singolo filo « nonchè dei sostegni.

« Per semplificare l'applicazione della tassa, dovranno le « Amministrazioni compilare una tariffa graduata per diversi « tipi di sostegno, comprendendo in essa anche la tassazione « dello spazio occupato dai fili sospesi ai sostegni; proiezione « che si può, in una media di larga approssimazione, ritenere da « 10 a 20 volte la proiezione dei sostegni stessi, secondo la loro « minore o maggiore sporgenza.

« Nè va dimenticato che la tariffa va graduata, sia secondo la « impo tanza della località, sia secondo la maggiore o minore « importanza delle aree pubbliche, che devono essere classifi- « cate in categorie. Si ritiene inoltre che siano da esentarsi « dalla tassa le linee agricole contemplate dall'art. 13 del R. « decreto 2 ottobre 1919, n. 1995, e dal R. decreto 5 settembre « 1922, n. 1454. La tariffa massima da adottare sarà quindi « la seguente basata sulla ripartizione dei sostegni in tre cate- « gorie:

« *a*) paline (pali fissati su edifici) o mensole distinti se- « condo la loro sporgenza dal muro o la loro massima larghezza « oltre metri 0,60, fino a m 0,60, fino a m 0,40 (tali misure « vanno calcolate comprendendovi anche tutti gli elementi « costruttivi affidati alle paline o mensole o che servono a « questi di sopporto);

« *b*) pali in legno, ferro, cemento, travi striate o bates « aventi al punto di incastro nel terreno un diametro superiore « o inferiore a m 0,30;

« c) tralicci aventi un basamento con lato superiore e inferiore a m 0,80 ».

A seguito di tali criteri la tariffa massima è stata così graduata dal citato decreto ministeriale 25 novembre 1931.

MENSOLE O PALINE sporgenti da 0,40 a 0,60:
nel centro abitato da L. 3 a L. 5;
nella zona limitrofa da L. 1 a L. 4;
nei sobborghi e frazioni da L. 0,80 a L. 3;
nel resto del territorio da L. 0,50 a L. 2.
Secondo le classi dei Comuni (1).

PALI di diametro di sezione da 0,30 in più o in meno:
nel centro abitato da L. 9 a L. 25;
nella zona limitata da L. 6 a L. 15;
nei sobborghi e frazioni da L. 3,50 a L. 10;
nel resto del territorio da L. 0,50 a L. 1,50.
Secondo le classi dei Comuni (1).

TRALICCI col basamento di sezione da 0,80 in più o in meno:
nel centro abitato da L. 30 a L. 100;
nelle zone limitrofe da L. 25 a L. 70;
nei sobborghi e frazioni da L. 20 a L. 45;
nel resto del territorio da L. 10 a L. 25.
Secondo le classi dei Comuni (1).

Naturalmente la tassa di occupazione di sottosuolo non deve essere confusa col *contributo di fognatura*, di cui fu già parlato e che riguarda tutti gli immobili, ma per diverso titolo e in diversa misura (art. 247 e segg.).

XIX. – Le industrie elettriche, la tassa di circolazione e il contributo integrativo di utenza stradale.

Le industrie elettriche, come ogni altra industria e come i privati, sono soggette a una *tassa di circolazione stradale* (meglio sarebbe definirla imposta) a favore delle Provincie, dei Comuni e dei Consorzi di utenti, per la circolazione sulle strade pubbliche dei veicoli a trazione animale, delle vetture, dei velocipedi (art. 214) e delle macchine agricole.

Oltre a questa imposta esiste il cosidetto « contributo integrativo di utenza stradale ». Il primo è generale il secondo è speciale.

Su questo ultimo tributo la Relazione a Sua Maestà il Re, preposta al recente T. U., così osserva: « Oltre al contributo, « per così dire, normale (tassa di circolazione), ha trovato al« tresì applicazione, benchè non espressamente previsto dal « decreto del 1923, un contributo integrativo per i casi di eccezio« nale logorio delle strade. Questo secondo contributo ha poi « ricevuto organica disciplina, nei riguardi dell' Azienda Auto« noma della Strada col R. D. 30 maggio 1929, n. 977. Giustizia « voleva che non fossero esclusi da tale beneficio Comune e Pro« vincia, le cui strade vanno pure soggette a straordinario logo« ramento; pertanto sono state concretate norme intese ad « assicurare la *riscossione unica del contributo* di cui si tratta, ad « opera di una speciale Commissione mista da istituire in ciascuna « Provincia per la ripartizione dei relativi proventi in base allo « sviluppo chilometrico e al genere di pavimentazione delle varie « categorie di strade. Non è a temere che si esageri nell'applica« zione del contributo ove si consideri che gli stabilimenti e gli « esercizi possono esservi assoggettati, *solo quando il transito da « essi effettuato superi le mille tonnellate chilometro per anno* ».

In verità, potrebbe osservarsi che questo limite minimo consente un traffico ben poco sensibile, ma ciò non infirma il fondamento dell'Istituto, fondamento ormai indiscusso.

***

Il pagamento della *tassa di circolazione* vien fatto alla Provincia e per essa agli esattori comunali (art. 216) anche per conto dei Comuni e dei Consorzi ed è ripartito in proporzione delle spese sostenute dagli Enti predetti per l'ordinaria manutenzione delle rispettive strade (art. 215).

La misura dell'imposta è da L. 25 a 100 per i veicoli, graduata secondo il rispettivo peso, quella per le vetture è da L. 25 a 50 secondo il numero dei posti delle vetture e quella dei velocipedi è di L. 10 annua (art. 214), colla riduzione alla metà per le macchine agricole.

Tale tassa è applicata per ogni categoria di contribuenza mediante la vendita di speciali contrassegni metallici (art. 216) da applicare ai veicoli che, debbono essere apposti entro il 1º marzo d'ogni anno (art. 217) sotto pena di una sopratassa pari alla tassa dovuta per la rispettiva categoria ovvero alla differenza fra tassa dovuta e tassa pagata (art. 221). La tassa è pagata nella Provincia di residenza del proprietario del veicolo (articolo 219) che ha l'obbligo appunto di ritirare il contrassegno.

Sono esenti da questo tributo i veicoli di Casa Reale, delle Ambasciate e Consolati delle Nazioni che concedono parità di trattamento, i veicoli dello Stato, AA. SS., della Provincia, Comune, Istituti di Beneficenza, Croce Rossa, Corpi armati, mutilati e invalidi, i veicoli addetti a pubblici servizi, i carri e le macchine agricole di pertinenza delle Aziende agricole che circolano solo nel fondo o che percorrono le strade pubbliche soltanto per recarsi ad altro fondo della stessa azienda (art. 220).

***

Il contributo integrativo di utenza stradale, già previsto dal R. D. 30 maggio 1929, n. 997 e che deve essere distinto tanto dalla tassa di circolazione che dal cosidetto contributo di miglioria è disciplinato come appresso: il *contributo di utenza stradale* non è un carico che colpisce tutti i cittadini in istato e condizioni di contribuenza, ma *è dovuto dalle Società, di qualunque tipo e dagli Enti e persone che — in dipendenza dell'esercizio di una industria o di un commercio — cagionano col transito stradale un « eccezionale logorio » delle strade statali, provinciali, comunali e consorziali soggette a pubblico transito* (art. 225).

La misura del logorio normale e quindi non soggetto a tassa e la misura del « coefficiente di logorio » eccezionale sono fissati dal Ministro delle Finanze, entro il 1º febbraio di ogni anno e uditi i Ministri dell'Interno, dei LL. PP. e udita la Commissione Centrale della finanza locale (art. 235). Si fissano così i contributi per ogni grado di logorio e per ogni classe di strade (art. 23 capov.). Il contributo integrativo è graduato anche in base alla intensità dei trasporti e alla loro durata, alla specie dei veicoli, alla lunghezza dei percorsi abituali, alla natura e al peso delle merci, nonchè alla maggiore spesa che le Amministrazioni interessate debbono, in fatto, sostenere per la manutenzione e sistemazione dei tronchi di strade soggette ad eccezionale logorio (art. 226). Per il primo anno di esercizio (e nelle Provincie napoletane nei primi tre anni) e quindi, riteniamo, anche per i trasporti inferiori rispettivamente a questi periodi di tempo, non si applica contributo integrativo (art. 227).

La misura di questo contributo va dal minimo di Lire cento al massimo di lire trentamila annue (art. 228); non si applica contributo alle aziende che non esercitano oltre mille tonn/km annue (art. 228). *Il contributo di utenza stradale è devoluto all'azienda Autonoma Statale Stradale, alle Provincie, al Comune, ai Consorzi, secondo un riparto predisposto, non oltre il 15 maggio di ogni anno, da uno speciale Collegio provinciale* (Commissione provinciale per l'utenza stradale) *composto dell'Intendente di Finanza, due membri designati l'uno dal Preside, l'altro dal Podestà del Comune Capoluogo, di un funzionario dell'ufficio compartimentale della viabilità e di uno dei Podestà della Provincia, escluso quello del Capoluogo, designato dal Prefetto* (art. 229).

La Commissione provinciale per l'utenza stradale applica in concreto il coefficiente di logorio, fissando le tariffe e il riparto fra gli Enti interessati. Tale provvedimento è pubblicato entro il 31 gennaio di ogni anno; gli interessati debbono presentare le denuncie (art. 230) colle necessarie indicazioni; tali denuncie vengono esaminate ed eventualmente rettificate (art. 231) e sono l'oggetto della formazione di un ruolo speciale di contribuenza a cura della Commissione provinciale (art. 232) ruolo che viene posto in riscossione dalle Provincie a mezzo degli esattori comunali in quattro rate (giugno, agosto, ottobre, dicembre (art. 233)), previa pubblicazione e deposito nei Comuni ove risiedono le Ditte interessate.

Contro la notifica personale agli interessati dell'iscrizione a ruolo è ammesso ricorso in primo grado alla G.P.A. e, in appello alla stessa G.P.A. integrata con due rappresentanti dei sindacati di categoria interessati, legittimamente riconosciuti (articolo 232 e 284).

XX. – Le industrie elettriche e il contributo di miglioria.

È noto che fin dal 18 novembre 1923 colla legge n. 2538 sui tributi locali è stato introdotto in Italia un istituto fiscale derivato dalla legislazione straniera (1). Data la premessa

---

(1) Ricordasi che le classi dei Comuni sono segnate colle lettere A, B, C, D, E, F, G, H, I, rispettivamente colla popolazione di: = oltre 500 mila abitanti; = da oltre 200 000 a 500 000 abitanti; = da oltre 100 000 a 200 000 abitanti; = da oltre 60 000 a 100.000 abitanti; = da oltre 30 000 a 60 000 abitanti; = da oltre 15 000 a 30 000 abitanti; = da oltre 10 000 a 15 000 abitanti; = da oltre 5 000 a 10 000 abitanti; = fino a 5 000 abitanti.

(1) In fatto il contributo alle opere pubbliche nel diritto positivo italiano risale alla legge 20 marzo 1865, n. 2358, sulla espropriazione per pubblica utilità. Però una partecipazione alla spesa dell'opera pubblica, per il vantaggio che ne trae il proprietario della zona interessata, poteva (art. 9 e 77 legge 1865) essere imposta non, come avviene per il T. U. 1931 per atto amministrativo, ma soltanto per legge speciale.

che la proprietà immobiliare (terreni e fabbricati) consegue notevoli vantaggi dalla esecuzione delle opere pubbliche, gli scienziati del diritto tributario hanno dedotto che su *questa miglioria non guadagnata* dal titolare dell'immobile (*unearned increment*) debba gravare uno speciale tributo o contributo o corrispettivo.

In Italia sono stati istituiti due contributi di miglioria, l'uno a favore dello Stato (disciplinato dalla legge 16 dicembre 1926, n. 2231 e dal Regolamento 16 febbraio 1928, n. 4170) per le opere pubbliche dello Stato e l'altro a favore degli Enti locali per le opere pubbliche eseguite dalle Provincie e dai Comuni.

Tutti questi contributi interessano le aziende elettriche in quanto possono essere imposti sulle loro proprietà immobiliari — terreni e fabbricati —. Per i contributi provinciali e comunali, dispone il T. U. 1931 dagli art. 236 al 246. Per le Provincie e per i Comuni sono previsti due diversi contributi di miglioria il primo detto di *miglioria specifica*, il secondo di *miglioria generica*, che funzionano in modo perfettamente autonomo: possono cioè applicarsi uno o ambedue i contributi previsti — oltre a quello dello Stato — le Provincie però non possono applicare che il contributo specifico — non quello generico (art. 236) — mentre i Comuni possono applicare tanto il contributo specifico che quello generico.

È *contributo generico di miglioria* quello imposto « sull'incre« mento di valore delle aree febbricabili *che sia da attribuirsi* « all'espansione dell'abitato *ed al complesso delle opere pubbliche* « eseguite dal Comune » (art. 236, n. 2).

È *contributo specifico di miglioria* quello imposto « sull'incre« mento di valore dei beni rustici e urbani, escluse le aree fab« bricabili, per la parte di maggior valore *che sia conseguenza* « *dell'opera pubblica eseguita* ».

Le Provincie possono istituire solo questo ultimo contributo limitatamente alle proprietà extra urbane (art. 236, n. 1) *il cui valore sia cresciuto per effetto dell'esecuzione di opere pubbliche provinciali* (art. 236 ult. capoverso).

È a notarsi la diversa terminologia usata dal legislatore nei tre casi: nel primo caso (contributo di miglioria generico del Comune) è soggetto a contributo il plusvalore *« che sia da attribuirsi »* al complesso delle opere pubbliche comunali. Nel secondo caso (contributo di miglioria specifica del Comune) si dice soggetto a contributo « il maggior valore *che sia conseguenza* » dell'opera pubblica eseguita dal Comune. Nel terzo caso (contributo di miglioria specifica provinciale) si dice soggetto a contributo « il valore della proprietà extra urbana « *che sia cresciuto per effetto dell'esecuzione di opere pubbliche* « *provinciali* ». La diversa dizione corrisponde a diverso fondamento e limite di imponibilità del contributo? E con quali applicazioni in concreto? O è semplice occasionale diversità terminologica, ferma restando la base fondamentale del contributo? Lo dirà, evidentemente, il Regolamento per l'applicazione del Testo Unico n. 1175.

Deve però ricordarsi che l'incremento di valore soggetto ai due contributi — generico e specifico — è determinato in base alla differenza tra il prezzo di mercato dei beni e delle aree prima dell'opera pubblica quello poi accertato (art. 238). Dall'incremento di valore si detraggono le spese sostenute e la presunta rimunerazione dell'opera eventualmente prestata dal contribuente e dai componenti della sua famiglia per migliorare i beni a cui l'incremento si riferisce, nonchè il corrispettivo di ogni causa di incremento diversa da quella indicata come fondamento del contributo (cioè incremento di valore per espansione dell'abitato, per il complesso o per una determinata opera pubblica eseguita dal Comune (art. 238 cap). Il contributo di miglioria è deducibile in sede di imposta erariale (articolo 244) anche per la patrimoniale.

Il *limite generale* del contributo di miglioria specifica non può superare il 30 % della spesa sostenuta dal Comune o dalla Provincia e la relativa aliquota non può superare il 15 % dell'incremento di valore. Il contributo di miglioria generica non può superare il 15 % dell'incremento di valore delle aree fabbricabili (art. 238).

L'istituzione dei due contributi segue questa procedura: 1°) deliberazione del Podestà o del Rettorato, che definisce la zona soggetta a contributo colle relative proprietà e, per le aree fabbricabili anche il parcellamento; 2°) deposito della deliberazione per venti giorni; 3°) notifica agli interessati; 4°) deposito dei ricorsi; 5°) separatamente approvazione della deliberazione da parte della G.P.A.; 6°) omologazione del Ministro delle Finanze (art. 239).

In sede di applicazione generale gli interessati hanno facoltà di ricorrere alla G.P.A.; in sede di applicazione individuale possono ricorrere in primo grado alla Commissione Comunale e in secondo grado alla G.P.A. in sede amministrativa per i tributi comunali. Per quelli provinciali si ricorre in primo grado alla G. P. A. nella ordinaria sede amministrativa e in secondo grado alla stessa G.P.A. integrata colle rappresentanze sindacali (art. 240, 277, 282, 283 e 284).

Particolarità del contributo di *miglioria* sono che viene imposto e iscritto a ruolo per una sola volta, *in occasione del primo trapasso di proprietà* che dà luogo ad accertamento di valore (imposta successione quando sia applicata, o imposta di registro sulle vendite) da parte degli uffici finanziari dello Stato (articolo 240). È dubbia l'applicazione nei casi di apporto, fusione ecc.

Ove in un quindicennio non avvengano trapassi di proprietà oppure l'ultimo accertamento sia stato eseguito da più di tre anni, l'incremento di valore è in via presuntiva determinato al momento in cui l'area è utilizzata a scopo edilizio (art. 240 e 241).

Per il contributo di miglioria specifica sono possibili accertamenti suppletivi in occasione di successivi trapassi di proprietà (art. 241).

Il carico del contributo grava il proprietario dell'immobile all'atto dell'accertamento (art. 242); la riscossione deve farsi, di regola, a rate semestrali non inferiori a dieci, a datare, per il contributo di miglioria generica, dall'ultimo accertamento eseguito dal Comune (art. 243 lett. *B*) e per il contributo di miglioria specifica dal primo trapasso di proprietà o dall'accertamento nella forma subordinata prevista dalla legge (art. 243 lettera *a*). Si può ripartire il contributo in un numero di semestralità fino a venti, ma coll'aggiunta dell'interesse legale per le rate oltre le prime dieci (art. 243). Il contribuente può anticipare il pagamento di contributo di miglioria con affrancazione, tenuto conto dell'interesse legale dell'anticipazione (art. 243 penult. capoverso).

XXI. – Accertamento e riscossione dei tributi locali.

Le imposte e tasse delle Provincie e del Comuni attraversano i seguenti stadii: 1°) accertamento; 2°) decisione sulle eventuali contestazioni; 3°) riscossione e versamento nelle Casse del Comune o della Provincia a cura dello speciale incaricato (Esattore comunale o incaricato della riscossione delle imposte speciali e appaltatore per l'imposta di consumo).

I vari tributi hanno un accertamento *esterno* e un accertamento *interno*: l'accertamento esterno è costituito dal provvedimento amministrativo del Podestà o del Preside che determina di istituire un certo tributo locale previsto dalla legge e di applicare a detto tributo una certa tariffa nei limiti massimi previsti dalla legge. La legge comunale e provinciale prevede infatti una serie di tributi — e son quelli enunciati più sopra — con una tariffazione massima: spetta al Capo del Comune o della Provincia di applicarla a sua facoltà, sempre — come è naturale — nei limiti, gradi, proposizioni e forme previste dal Testo Unico 1931 e colla garanzia di tutela all'uopo prevista a garanzia del contribuente.

La istituzione e tariffazione originaria o la variazione di tariffazione a cura del Podestà o del Preside (art. 273) devono essere deliberate non oltre il primo agosto d'ogni anno.

Tale deliberazione deve essere: 1°) *approvata* dalla G.P.A.; 2°) *omologata* dal Ministero delle Finanze, per i casi di eccedenza. Se entro tale termine del 1° agosto non interviene deliberazione il tributo comunale o provinciale, non può essere imposto od elevato naturalmente per quell'anno.

Intervenuta la deliberazione e l'approvazione sempre entro il 1° agosto si apre la procedura di accertamento *interno* cioè l'assegnazione ad ogni contribuente della rispettiva quota di imposta da pagare nell'anno successivo. L'elenco dei contribuenti e la rispettiva quota si chiama *Ruolo* di contribuenza e i ruoli possono essere *principali* se compilati prima dell'inizio dell'anno cui si riferiscono (entro il 20 ottobre, art. 276) e *suppletivi* se compilati entro l'anno successivo ovvero, comunque, dopo l'emissione del ruolo principale (art. 290).

Il ruolo è: 1°) compilato; 2° reso esecutorio cioè approvato dal Prefetto; 3°) pubblicato e depositato come un intero documento enumerativo delle singole partite di contribuenza. Questa formalità deve aver luogo per 20 giorni entro il mese di ottobre (art. 277). Del deposito è data notizia mediante avviso all'albo pretorio e negli altri luoghi pubblici (art. 277 secondo comma).

Ciò per i ruoli principali. Termini analoghi valgono per i ruoli suppletivi.

Questa prima forma di notorietà collettiva che rende possibile al contribuente di recarsi ad esaminare la partita propria e le partite altrui (queste ultime, come vedremo, anche per protestare e ricorrere contro le deficienze di imposizione degli altri) — non è sufficiente, perchè è noto che, per ogni istituzione ovvero per ogni modificazione di partita, al contribuente interessato deve essere notificato il carico tributario a mezzo di formale comunicazione (R. D. 21 ottobre 1923, n. 2393) del messo comunale.

Da questa data di notifica, come è noto, prendono termine utile i ricorsi (art. 277).

È da notarsi che un solo tributo comunale e provinciale — e precisamente l'imposta sulle industrie — non ha notifiche individuali perchè si ritiene utile a tal fine la procedura di accertamento

individuale che si verifica ai fini dell'imposta statale di ricchezza mobile, di cui, come è noto, l'imposta comunale e provinciale sulle industrie, costituisce addizionale, per le categorie B e *CI* (art. 277, comma 4°).

Per l'imposta sulle industrie, però, si procede sempre alla compilazione, approvazione, pubblicazione e deposito del ruolo.

***

Come si compila il ruolo per ciascuna imposta?

La regola è la *denuncia* spontanea del contribuente, il mezzo sussidiario è l'*accertamento d'ufficio*, il mezzo eccezionale è il *concordato*. Di quest'ultimo diremo parlando delle penalità per i tributi locali nel seguente capitolo.

La *denuncia* è obbligo del contribuente; a tale obbligo il Podestà o il Preside deve invitare con apposito avviso da affiggersi all'albo pretorio entro il 20 settembre (art. 274 primo comma) salvo diverso termine per le imposte sul bestiame.

Naturalmente la denuncia non è necessaria per le imposte e tasse già inscritte nei ruoli dell'anno precedente e quando le condizioni di tassabilità siano rimaste invariate (art. 274 terzo comma). Non esiste, come si è detto, obbligo di denuncia per l'imposta sulle industrie che si applica automaticamente alla ricchezza mobile erariale.

La *denuncia* è un documento sottoscritto dal contribuente o da chi lo rappresenta legittimamente, consegnato all'Amministrazione interessata e contenente nome, cognome, paternità e residenza e abitazione del contribuente, la data di presentazione, la data di origine del cespite tassabile (che può risalire al biennio anteriore all'anno tributario in corso) e le altre indicazioni necessarie per l'applicazione del tributo. Se trattasi di Società, deve risultare il nome delle persone che la rappresentano legalmente, amministratore o direttore, la ragione sociale, la sede.

Ma abbiamo detto che i mezzi di accertamento del debito individuale di imposta sono due: il primo, principale, è la denuncia; il secondo sussidiario, è l'accertamento di ufficio; in ogni modo la denuncia non esclude mai, naturalmente, *l'accertamento d'ufficio*; ove quest'ultimo avvenga, l'interessato cui son portate a conoscenza le risultanze finali dell'accertamento stesso, *deve dichiarare esplicitamente l'importo del tributo che ritiene di dover pagare* (art. 277, quinto comma), ove già non l'abbia fatto con precedente denuncia.

Ciò esclude evidentemente l'applicazione delle penalità nei casi di mancata denuncia seguita da accertamento d'ufficio.

***

La riscossione dei tributi locali avviene a mezzo di incaricati della Provincia o del Comune. In generale la riscossione avviene a mezzo dell'esattore comunale; esiste però per certe imposte e tasse, la possibilità di riscuotitori speciali. Tale è il caso dell'imposta di consumo quando si nomini uno speciale appaltatore. La riscossione di regola avviene a rate bimestrali (art. 297) in ogni modo le rate non possono essere inferiori a quattro, salve diverse facoltà per comprovate ragioni di urgenza, da autorizzarsi dal Prefetto (art. 297 terzo comma).

Le sovrimposte fondiarie terreni e fabbricati vengono riscosse colle imposte erariali, dagli stessi esattori comunali e ricevitori provinciali.

Alla riscossione delle imposte, tasse e contributi previsti dal testo unico 14 settembre 1931, n. 1175, sono estesi e a favore delle Provincie e dei Comuni, i così detti *privilegi* delle imposte dovute allo Stato. Trattasi, come è noto, di una precedenza di esigibilità del credito, sempre dopo quelli dello Stato, sull'importo della vendita dei beni mobili e immobili del contribuente insolvente e sull'importo dei suoi crediti verso i terzi (art. 1957 e 1962 del Cod. Civile, art. 62 e 63 T. U. n. 1877, n. 4021). Il tutto secondo la disposizione dell'art. 298 del T. U. 14 settembre 1931 in esame e in conformità del T. U. 17 aprile 1922, n. 1401.

Per la riscossione delle imposte di consumo fu detto allo speciale capo riguardante l'imposta sull'energia elettrica. Si richiamano ad ogni modo, per questo titolo gli art. 71 a 88 del T. U. 1931.

VIII. – Penelità per i tributi locali.

Il contribuente può omettere la denuncia o la risposta all'accertamento di ufficio: in tal caso possono applicarsi a suo danno sanzioni civili e sanzioni penali come per le contravvenzioni di diritto comune (art. 296) cioè o uno così detta *sopratassa* a titolo di *multa* e una vera e propria *ammenda*. Quest'ultima *si aggiunge* alla multa e può arrivare a lire 500 per ogni trasgressione (art. 296), salva la conciliazione secondo le disposizioni generali della legge comunale e provinciale (art. 227, 228 e 255 della legge 4 febbraio 1915, n. 148 modif. cogli art. 71 e 72 del D. R. 30 dice,bre 1923, n. 2839 e D. R. 23 maggio 1924, n. 867). L'ammenda è applicata dal giudice penale (pretore), previa la contestazione della contravvenzione e solo ove manchi l'esperimento di conciliazione.

La sopratassa o multa colpisce chi ha omesso la denuncia o la dichiarazione ed è pari al terzo del contributo dovuto per un anno (art. 292). Se denuncia vi fu ma infedele, *in guisa da sottrarsi almeno alla metà dell'imposta dovuta* (e quindi sotto questa percentuale la denuncia infedele non è punita) la sopratassa o multa è pari al terzo della differenza fra il tributo effettivamente dovuto per l'anno e quello che sarebbe stato applicato in base alla dichiarazione fatta (art. 296). È evidente il trattamento di favore fatto al contribuente che risponde all'obbligo della denuncia, ma fino alla metà del dovuto; e, anche in questo caso, potrebbe forse ritenersi utile — ai fini dell'esonero della penalità — l'ulteriore accertamento di ufficio colla richiesta dell'Amministrazione e susseguente dichiarazione obbligatoria da parte del contribuente a norma del quinto comma del già citato articolo 277 del T. U. 1931.

Deve anche ritenersi che quando alla omissione di denuncia spontanea sia sostituito l'accertamento di ufficio, colla richiesta del Comune o della Provincia e colla risposta fedele del contribuente, non debba farsi luogo ad applicazione di sanzioni civili. E l'esonero da tali sanzioni è anche ammesso se, in seguito, interviene il *concordato*, come diremo.

Comunque la sanzione civile è applicata dal Podestà o dal Preside, *in via amministrativa*, previa contestazione all'interessato. La contestazione non è soltanto una comunicazione, ma è la notifica formale di un vero e proprio verbale, contenente tutti gli estremi della trasgressione della legge.

Dal momento della contestazione del verbale si apre una doppia via di risoluzione: o il *concordato* sulla partita di tributo dovuta o l'*applicazione della penalità* medianta decisione in sede amministrativa (art. 293). Nel primo caso la sovratassa è abbonata interamente se trattasi solo di denuncia infedele ed è ridotta alla metà se trattasi di omessa denuncia (art. 293 pen. comma). Se invece interviene la decisione amministrativa la sovratassa è pari al terzo della differenza (art. 292) ed è riscossa coi privilegi fiscali.

Le omissioni o imperfezioni di denuncia avverate alla data di pubblicazione del T. U. (14 settembre 1931) *sono rettificabili entro tre mesi e cioè entro il* 16 dicembre 1931.

Le sanzioni civili applicate contro i contribuenti che omisero la denuncia o la fecero infedele non possono essere condonate (salvo i casi anzidetti) che per legge (art. 294).

XXII. – Il nuovo contenzioso dei tributi locali.

È notissimo che nelle contestazioni di applicazione dei tributi locali esisteva nella precedente legislazione una prima distinzione fra i ricorsi riguardanti le *imposte dirette locali* (valore locativo o famiglia, industrie e patente, bestiame, vetture e domestici, pianoforti e bigliardi, licenza e occupazione, insegne, circolazione e veicoli, miglioria, oltrechè per le sovrimposte fondiarie e cioè i ricorsi dei contribuenti contro le eccedenze di aliquota, e salvi quelli che, incidendo sulla misura di imposta terreni fabbricati e ricchezza mobile erariale, trovavano soluzione applicabile anche ai centesimi addizionali) e ricorsi per le *imposte indirette* (dazio consumo). Per le prime era competente in primo grado la Commissione comunale e in secondo grado la Giunta Provinciale Amministrativa e, in ulteriore grado il Consiglio di Stato per la sovrimposta oltre i ricorsi alle Commissioni dell'imposte dirette. *Tutto ciò peraltro solo per le questioni riguardanti l'estimazione dei redditi* o la legittimità del provvedimento generale di imposizione.

Per le altre questioni era competente l'autorità ordinaria e il Tribunale ordinario giudicava quando il contribuente interessato aveva fatto questione di ripetizione di somma di danaro, corrispondente alla restituzione dell'imposta o tassa che si pretendeva indebitamente pagata.

In virtù della legge del 20 marzo 1865 (art. 6) non era però ammessa l'istanza di restituzione per tributi locali prima che, nei casi di legge, non fosse stato esaurito il ricorso amministrativo fino alla Giunta Provinciale Amministrativa e non oltre sei mesi dalla decisione di questa. Inoltre in applicazione della legge stessa era stata riconosciuto il diritto a ricorrere all'autorità ordinaria anche alle Provincie e ai Comuni.

Per i ricorsi in materia di dazio consumo (imposte indirette) era ammesso il ricorso amministrativo al Comune e al Ministero delle Finanze.

Le Commissioni comunali e la G. P. A. erano però composte di membri liberamente scelti e senza rappresentanze dirette dei contribuenti, anche perchè il relativo regime era anteriore all'ordinamento corporativo fondamentale per lo Stato fascista.

Il nuovo Testo Unico 14 settembre 1931, n. 1175 ha completamente riordinato la materia sulle seguenti basi, stabilendo due classi di rimedi giurisdizionali: il primo dinanzi al giudice speciale amministrativo e il secondo dinanzi all'autorità ordinaria.

Il ricorso amministrativo può essere rivolto o alla stessa amministrazione provinciale e comunale (p. es. per le penalità per omessa o infedele denuncia del reddito imponibile) o al giudice speciale amministrativo (Commissione Comunale e Giunta Provinciale Amministrativa) o all'Autorità amministrativa superiore (Prefetto, Ministero dell'Interno, Ministero delle Finanze) funzionante in questo caso o come superiore autorità gerarchica (art. 289) o come amministrazione in funzione di giudice speciale (art. 288).

Tutta la casistica dei ricorsi non è facile; le norme relative sono, anzi, abbastanza complicate.

L'autorità ordinaria (tribunale, appello, Cassazione) interviene solo per le materie di diritto patrimoniale (restituzione di somme dovute o dichiarazione di debito o di indebito di imposte) e nei casi e colle forme previste.

I ricorsi dinanzi al giudice ordinario seguono le regole del rito comune (Tribunale, Appello, Cassazione).

I ricorsi amministrativi sono di cinque specie: *a*) per l'estimazione dei redditi colpiti da imposte dirette locali; *b*) per le duplicazioni per errore materiale inerente a redditi colpiti da imposte dirette locali; *c*) per la spettanza dei tributi ripartiti fra diversi Comuni o diverse Provincie; *d*) per le imposte indirette (imposte sui consumi); *e*) per le sovrimposte.

Il primo rimedio giurisdizionale (estimazione) si svolge per i tributi provinciali dinanzi alla G.P.A. (art. 284) e per quelli comunali dinanzi alla Commissione comunale (art. 277); l'interesse a ricorrere è determinato coll'iscrizione effettiva o colla proposta di iscrizione (art. 277). Il ricorrente può essere però tanto il contribuente per la propria partita di iscrizione *quanto il contribuente che intendere chiedere che l'imposta sia applicata in giusta misura a chi risulti indebitamente esonerato o ingiustamente colpito*. In questo caso, che può dirsi di vera azione popolare, il ricorso è, a cura della Commissione notificato all'interessato (art. 277). La Commissione deve decidere i ricorsi non prima di 20 e non dopo 60 giorni (art. 281) dalla comunicazione.

Contro la decisione della Commissione Comunale si ricorre (art. 282), sempre per i ricorsi comunali, alla G. P. A. composta, come vedremo, in modo speciale; per i tributi provinciali l'appello è pure alla G.P.A. composta in modo speciale (art. 282 e 284). *Questo per i giudizi di estimazione ed accertamento di fatto relativi alla materia imponibile con imposta dirette. Per gli errori del ruolo* (duplicazioni ecc.) *il ricorso si svolge in due gradi: al Prefetto e alle Sezioni giurisdizionali del Consiglio di Stato*, poichè il nuovo T. U. dichiara che, in tal materia il Provvedimento prefettizio è definitivo (art. 288).

Ma il ricorso amministrativo può investire un tributo che spetta a diversi Comuni o a diverse Provincie e ciò per le imposte ripartite come, per esempio, l'imposta sulle industrie; in tal caso (art. 289) il ricorso si propone al Prefetto e successivamente al Ministero dell'interno.

Finalmente il ricorso amministrativo — sempre per le imposte dirette locali — può investire la sovratassa o sanzioni penali per le omesse o infedeli denuncie e in tal caso il ricorso si propone (Art. 292 e 293) rispettivamente al Podestà o al Preside per le imposte comunali e provinciali (art. 296 e 297).

Speciali norme riguardano i ricorsi per le eccedenze di sovrimposta (art. 258) per le imposte indirette di consumo (art. 44 e 90).

Il quadro generale dei ricorsi è quindi il seguente:

RICORSI AMMINISTRATIVI

a) *Imposte dirette* (estimazione o accertamento di fatto).
Comunali: *in primo grado* alla Commissione Comunale nel termine di 20 giorni dalla notifica della iscrizione a ruolo (art. 277);
in secondo grado o di appello alla G.P.A. con le rappresentanze sindacali entro 20 giorni dalla notifica della decisione di primo grado (art. 282).
Provinciali: *in primo grado* alla G.P.A. nella composizione giurisdizionale sempre entro 20 giorni dalla notifica;
in secondo grado o di appello alla stessa G.P.A. integrata colle rappresentanze sindacali entro 20 giorni dalla notifica della decisione di primo grado (art. 284).

b) *Imposte dirette* (errori materiali o risultanze materiali del ruolo):
in primo grado tanto per le imposte comunali che provinciali al Prefetto entro sei mesi dall'ultimo giorno di pubblicazione del ruolo (art. 288);
in secondo grado o di appello alle sezioni giurisdizionali del Consiglio di Stato (art. 288).

c) *Imposte dirette* (riparto e attribuzione di imposte spettanti a diversi Comuni o a diverse Provincie:
per le imposte comunali da ripartire fra Comuni della stessa Provincia alla G.P.A. della Provincia (art. 289);
per le imposte comunali da ripartire fra Comuni di diverse Provincie al Ministero dell'Interno (art. 289);
per le imposte provinciali da ripartire fra diverse provincie al Ministero dell'Interno (art. 289).

d) *Per le Imposte Indirette* (imposte di consumo):
in generale *in primo grado* al Podestà (art. 44 e 90);
in secondo grado al Prefetto (art. 90);
in terzo ed ultimo grado amministrativo al Ministero delle Finanze (art. 90) e per l'imposta dell'abbonamento alla imposta di consumo alla Commissione Comunale di cui sopra (art. 44 e 277).

e) *Per le sovrimposte fondiarie*. Per quanto si riferisce al limite delle sovrimposte comunali e provinciali:
in primo grado alla G.P.A. (art. 258) da parte di ogni contribuente;
in secondo grado al Ministero dell'Interno tanto da parte dei contribuenti che del Prefetto, del Podestà o del Rettorato. Il Ministro dell'Interno (art. 258) decide di concerto col Ministro delle Finanze, su parere della Commissione Centrale delle finanze locali;
in ultimo grado alle Sezioni Giurisdizionali del Consiglio di Stato che decide in Camera di Consiglio, cioè senza la pubblica discussione sulle memorie presentate dalle parti (art. 258).

f) *Per le sovratasse o sanzioni penali per omessa denuncia* (art. 277, 292, 293):
per le imposte comunali al Podestà;
per le imposte provinciali al Preside.

g) *Per la determinazione della misura e per il riparto del contributo di utenza stradale* alla Commissione di utenza stradale (art. 232 e 234).

h) *Per i contributi di miglioria*:
1° *Generica*. — *In primo grado* alla Giunta provinciale amministratica (art. 239).
In secondo grado al Ministro delle finanze (art. 239).
2° *Specifica*. — *In primo grado* alla Commissione Comunale (art. 240, 278).
In grado di appello alla Giunta provinciale amministrativa (art. 240, 285).

i) *Per la sospensione dei ruoli* al Prefetto (art. 288).

RICORSI ALL'AUTORITA' ORDINARIA.

a) *Per le imposte dirette comunali e provinciali* e per qualunque motivo di ricorso non attinente a estimazione di reddito o ad accertamento di fatto relativo alla materia imponibile: al Tribunale e poi alla Corte di Appello e successivamente per motivi di rito, alla Cassazione (art. 285).

L'esperimento del ricorso al giudice ordinario è ammesso solo quando siano esauriti i ricorsi amministrativi (art. 6 legge 20 marzo 1865 all. *E*) e purchè la citazione all'autorità ordinaria sia notificata non oltre sei mesi dalla data di pubblicazione del ruolo in cui fu iscritto il contribuente interessato, anche se ruolo suppletivo (art. 285, 286, 287).

Il ricorso all'autorità ordinaria (Tribunale, Appello, Cassazione) è generalmente poco conosciuto ed è, in sostanza, una garanzia giudiziaria che si svolge fra il contribuente da un lato e il Comune o la Provincia dall'altro o viceversa. Posto che il nuovo T. U. come, del resto, le leggi anteriori, escludono dalla competenza del giudice ordinario le questioni di estimazione dei redditi (cioè sul *quantum* della materia imponibile) e di accertamento di fatto relativi alla materia imponibile, i più credono che non sia possibile alcun caso diverso od estraneo da questi. Il che non è: perchè anzitutto si può fare questione di esistenza del tributo, di imposizione legittima di esso nei limiti e colle forme di legge, di regolarità delle notifiche e delle forme di decisione, di duplicazione di imposta, di legittimità di riparto di legittimità delle sanzioni penali (sopratasse o sanzioni civili, ammende o sanzioni penali).

Questa garanzia di legalità tributaria è quindi valido mezzo di tutela del contribuente. E anche la Provincia o il Comune possono sperimentare l'azione civile ordinaria contro il contribuente per far dichiarare la sussistenza del debito di imposta.

Concludendo per le imposte dirette e per le imposte indirette di consumo (art. 90), dopo il ricorso amministrativo, *ma non oltre sei mesi* dall'ultima decisione, è ammesso il ricorso al tribunale ordinario.

***

Uno dei lati più caratteristici e innovativi del contenzioso per i tributi locali per il nuovo T. U. è quello della composizione

delle Commissioni amministrative, alle quali, colla nuova riforma, sono state ammesse le rappresentanze sindacali.

L'art. 278 del nuovo T. U. stabilisce infatti che le Commissioni comunali per le imposte dirette del Comune (e, per eccezione, per i ricorsi riguardanti gli abbonamenti dell'imposta di consumo) sono composti di un numero di membri variabili da 6 a 24 secondo la popolazione e la classe del Comune. Nelle prime cinque classi di Comuni (in quelle cioè con oltre 30 000 abitanti, art. 11) *un terzo dei membri della Commissione locale per i ricorsi delle imposte dirette è nominato dal Prefetto, mediante scelta fra un numero doppio di designati dalle associazioni sindacali legalmente riconosciute dal Comune*. Le associazioni ammesse a fare la proposta sono designate annualmente dal Prefetto in base all'importanza delle varie attività economiche locali. Gli altri due terzi dei membri della Commissione sono nominati dal Podestà, udita la Consulta. Per essere eletti a far parte della Commissione occorre rivestire i requisiti per la nomina a consultore e, per quelli nominati dal Podestà, bisogna inoltre che almeno per la metà, i designati siano contribuenti del Comune (art. 278).

Il Presidente della Commissione è nominato dal Prefetto; i Vice Presidenti sono nominati dal Presidente e scelti fra i membri della Commissione. Nei Comuni delle prime cinque classi la Commissione può essere divisa in Sottocommissioni, ognuna delle quali deve avere almeno cinque membri (art. 279). Le questioni di massima sono decise in adunanza generale di tutte le sezioni riunite.

La Commissione ha poteri di consultare i registri e atti del Comune e delle altre pubbliche amministrazioni, purchè queste vi consentano (art. 280); le decisioni sono notificate in forma amministrativa e, se investono un contribuente che non sia il ricorrente, col diritto alla difesa preventiva dell'interessato (articolo 282). *Ma la rappresentanza sindacale non si limita al primo grado, perchè*, in base al T. U. 14 settembre 1931, n. 1175, *investe anche il giudice di appello tanto per le imposte dirette comunali che per quelle provinciali* (art. 284).

Tale Giudice di appello — la Giunta Provinciale Amministrativa — è composta infatti di sette membri nominati dal Ministro dell'Interno e, inoltre di due membri aggiunti effettivi e due supplenti scelti dal Prefetto, fra i contribuenti della Provincia che abbiano i requisiti per la nomina a Rettore, scelti in una lista di designati, contenente un numero doppio di quello degli eleggibili, dalle associazioni sindacali, legalmente riconosciute di primo grado e preventivamente indicate in precedenza dallo stesso Prefetto (art. 284).

Le Commissioni per i tributi locali possono essere sciolte dal Prefetto qualora non adempiano al loro compito entro 60 giorni dalla comunicazione del ricorso. I singoli membri possono essere dichiarati decaduti se non intervengono, senza giustificati motivi, a tre sedute successive (art. 291).

Il Prefetto provvede d'ufficio se il Podestà, o il Preside o i Rettori o i Consultori non provvedano alle nomine loro delegate (art. 291) per la composizione della Commissione tributaria. Il prefetto nomina, in tal caso, uno speciale commissario, a spese di chi di ragione (art. 291).

XXIII. – Le norme transitorie di applicazione del Testo Unico n. 1175.

Tutto questo ordinamento tributario provinciale e comunale è stato — per ragioni di tempo — regolato in modo provvisorio per l'applicazione nell'anno 1932. Le norme provvisorie sono state approvate con D. M. 19 settembre 1931 (*Gazz. Uff.* n. 218 del 21 settembre 1931). Fermo restando che l'esecuzione della nuova legge (art. 344) dovrà aver luogo col 1° gennaio 1932, è stato disposto:

a) che per le imposte di consumo, compresa quella sull'energia elettrica, rimangano in vigore le norme precedenti fin a non oltre il 30 giugno 1932, e fin quando non siano pubblicati i regolamenti speciali;

b) che per le altre imposte il termine di denuncia del contribuente è spostato al 30 novembre 1931 e al 10 febbraio 1932 quello per i ricorsi di primo grado. Tali ricorsi debbono essere comunicati alla Commissione entro il 15 febbraio 1932;

c) che entro il 10 ottobre 1931 Comuni e Provincie debbono approvare le tariffe e quindi i regolamenti speciali dei tributi rispettivi;

d) che al 5 gennaio 1932 debbono depositarsi i ruoli delle imposte dirette locali colle variazioni per il 1932;

e) che i ruoli sulle imposte locali debbono essere consegnati all'esattore al 10 marzo 1932;

f) che al 15 aprile 1932 scade il termine per la decisione dei ricorsi di primo e secondo grado e al 25 aprile 1932 le decisioni debbono essere notificate;

g) che al 5 agosto 1932 scade il termine di ricorso alla G.P.A. coll'integrazione delle rappresentanze sindacali;

h) che col 31 ottobre 1931 scade il termine di designazione di tali rappresentanze.

Altre e speciali norme regolano in via provvisoria, sempre col decreto del Capo del Governo di pari data del 19 settembre 1931, la soppressione dei tributi e il trasferimento dei servizi, l'assunzione di nuove spese da parte delle Provincie e dei Comuni e le singole imposte provinciali e comunali.

XXIV. – Riassunto e conclusione finale.

La Commissione presieduta dal Senatore Pironti che ebbe a studiare con ogni ponderazione l'intricata materia dei tributi locali, prepose allo schema di progetto di legge una dichiarazione finale così formulata: « Se, come è prevedibile, non tutte « le proposte concretate in un progetto tanto complesso, ven« gano riconosciute immuni da imperfezioni, non potrà esserle « negata venia, quando si consideri che *omnium habere memo« riam et penitus in nullo peccare, divinitatis magis quam morta« litatis* ».

E questa dichiarazione di perfettibilità delle cose umane può essere ricordata per tutto il T. U. 14 settembre 1931, n. 1175.

La riforma contenuta in questa norma giuridica può ritenersi definitiva, nel senso che sia finita la serie delle continue modificazioni, le quali, in verità vessarono, per il passato, il contribuente colla loro stessa successione?

La Relazione a Sua Maestà il Re che precede il T. U. 1931 chiude con queste parole:

« Con questa legge che consta di 344 articoli e la cui elabora« zione è durata ben tre anni, il Governo fascista intende di « aver assestato per un lungo periodo di tempo l'assillante pro« blema dei tributi locali e di aver fornito nuovi elementi di « stabilità e di progresso all'economia della Nazione ».

Vero è peraltro che anche queste parole debbono essere intese col dovuto senso di relatività e in primo luogo perchè Governo e Parlamento non possono fin d'ora superare le necessità che che potranno derivare da contingenze future, le quali possono, in più e in meno, modificare i servizi pubblici e il loro fabbisogno di bilancio.

Si aggiunga che la pratica applicazione di un nuovo ordinamento fiscale dà luogo spesso — e nella materia in esame il fatto si è verificato — a difficoltà di interpretazione che debbono risolversi non già caso per caso, ma in via di disposizioni generali.

D'altra parte il dinamismo del Regime fascista non può precludere la via a ulteriori riforme nella materia quando ciò potesse derivare da diversi istituti che il Regime stesso fosse in avvenire per creare o trasformare.

E, del resto, lo stesso T. U. 14 settembre 1931, n. 1175, prevede attività normative tributarie nuove conseguenti da future eventuali riforme quando, nell'art. 8, dichiara che « dall'en« trata in vigore del presente T. U., qualsiasi disposizione le« gislativa tendente a porre a carico dei Comuni e delle Pro« vincie nuove o maggiori spese, deve essere concretata di con« certo oltrechè col Ministro delle Finanze, anche col Ministro « dell'Interno, il cui consenso deve risultare dal relativo disegno « di legge; e qualora la spesa sia inerente a servizi di carattere « statale *devono essere, in pari tempo, assegnati agli enti predetti « i corrispondenti mezzi di entrata* ».

Annibale Gilardoni.

FATTI E TESTIMONIANZE

L'industria elettrica e i dilettanti

«I dilettanti sono la più insopportabile mostruosità del pensiero».

ORIANI – *La disfatta.*

Se vi fu mai al mondo una scoperta, una manifestazione scientifico-industriale che abbia colpito a fondo la mente dell'uomo, trascinandolo a sognare ad occhi aperti miracoli impossibili, questa fu l'elettricità.

Se c'è industria la quale possa vantarsi di avere una pleiade di competenti, di consiglieri e di critici nella folla dei dilettanti questa è l'industria elettrica.

La seconda verità non è che una semplice conseguenza della prima. L'elettricità si lascia dominare, piegare, condurre, utilizzare con tanta docilità e con tale semplicità di mezzi! Pensate: un filo flessibile di rame più o meno rivestito di vilissimo cotone, un martello, alcuni chiodi, un po' di nastro gommato, un porta lampade, ed ecco un ragazzo quindicenne trasformato in elettricista, costruttore di un *impianto elettrico*. Cosa ci vuole dunque per fare un impianto *idroelettrico*? Un po' d'acqua in più; ecco che cosa ci vuole; e con questo di meraviglioso: che l'acqua non è necessario comprarla; la manda il buon Dio. E si sa che l'acqua per sua natura infila i canali e le tubazioni forzate e si trasforma da sè in energia elettrica senza bisogno nè di dottori nè di comari. Tutti elettricisti! Tutti industriali elettricisti! Tutti in grado di darci consigli, istruzioni, rimproveri; di fare progetti tecnici ed economici; di scrivere monografie. Ce n'è per tutti i gusti! La posta ci ha recato in questi ultimi giorni un voluminosissimo opuscolo di 48 pagine, che è un vero gioiello. L'autore deve essere davvero persuaso che con l'elettricità si assicura la felicità dell'Italia intera. State a sentire qual'è la sua idea:

«Costituire mercè un lavoro di pochi anni, un'apparato in-«dustriale dal quale con perfetto automatismo si avrà, quasi a «titolo gratuito e perennemente, un reddito immenso che po-«tenzierà l'economia della Nazione».

Questo mirabolante risultato ha bisogno di mezzi di una semplicità infantile. Eccone i principii: «Un debito può essere pagato tanto in moneta come in valori esattamente corrispondenti», dice l'autore. Qual'è il debito principale dello Stato? Il servizio d'interessi del debito pubblico, il quale assorbe ogni anno circa 4500 milioni. Ebbene, propone l'autore, invece di pagare questi 4500 milioni in moneta, paghiamoli in titoli azionari di un ente colossale, il quale si metta a sfruttare le forze idrauliche che la pigrizia, l'avidità e l'ignoranza degli industriali elettrici lasciano inoperose nel fondo delle nostre valli alpine.

Se il disegno dell'autore è sbalorditivo per vastità, il punto di partenza è .....la Francia. Statelo a sentire. «La Francia — «dice lui — produce annualmente 56 milioni di tonnellate di «carbone. Questa quantità di combustibile può essere prodotta «con 290 centrali idroelettriche (*nè una più nè una meno, N.d.R.*) «della potenza di 50.000 cavalli. Per scavare quel carbone oc-«corre il lavoro di 307.000 persone. Con questa massa di lavo-«ratori si possono costruire annualmente 30 centrali di 50.000 «cavalli, cosicchè nel periodo di meno di dieci anni si può «creare una ricchezza pari a quella rappresentata dal valore «delle miniere francesi».

Non crediate a questo punto che l'autore abbia dimenticato di accertarsi se ci sia la materia, cioè l'acqua, e i salti. Ohibò! Ecco che cosa in proposito scrive: «Una corrente d'acqua colle «seguenti caratteristiche: larghezza m. 12, altezza m. 2, velo-«cità m. 2 al minuto secondo, dislivello utilizzabile 800 m, può «azionare 8 centrali idroelettriche della potenza di 50.000 ca-«valli cadauna. *Con 35 corsi d'acqua delle stesse succitate carat-«teristiche si possono costruire le 290 centrali di cui sopra*».

Voi ve lo immaginate alla ricerca dei 35 corsi d'acqua «*succitati*»? Ma che necessità c'è? Ma chi può dubitare che ci siano? «Appare evidente, scrive il nostro, come nell'insieme dei nostri «corsi d'acqua con scaturigini dagli elevati bacini imbriferi «delle Alpi e degli Appennini, vi sia una potenza idroelettrica «molto superiore a quella occorrente per la realizzazione del «nostro programma». E se voi non ci credete, peggio per voi!

Accertata la stoffa non c'è che da fare l'abito; ed ecco qui un pensiero profondo: «I 4500 milioni di interessi annui (*quelli «dovuti ai creditori dello Stato - N.d.R.*) non più suddivisi a «isterilirsi e a sperdersi in un'infinità di rivoli, conserveranno «indiminuito il potere di tutta la loro massa; anzichè costituire «una passività (*sic*) forniranno il capitale con cui pagare il «lavoro e le forniture occorrenti per gli impianti idro-elettrici «e le altre opere prestabilite; *il titolo di proprietà di questa «nuova ricchezza costituirà il nuovo mezzo di pagamento del debito «pubblico, di cui gli interessi saranno garantiti dallo Stato*».

Avete un vago sospetto che qualcuno possa preferire o aver bisogno di moneta? Ecco qui l'autore a tacitare i vostri scrupoli: «Chi venisse a trovarsi nella necessità di realizzare questi «titoli non dovrà vincere per questo nessuna difficoltà, perchè i «valori elettrici sono i migliori, i più sicuri e stabili; e quelli «di cui parliamo ancor più, perchè sono avvalorati dalla ga-«ranzia statale e rappresentano il monopolio di tutta la futura «ricchezza italiana».

Se c'è qualcuno il quale abbia bisogno degli interessi del Consolidato per fare la minestra, può rivolgersi al nostro autore, il quale assicura che il compratore del titolo industriale, ci sarà sempre!

Ma quanta sarà l'energia prodotta? Eccovi accontentati: L'autore ha calcolato che si tratta di 65 miliardi di kWh prodotti in 10 anni. E voi vi chiederete: Ma a chi si vendono 65 miliardi di Kilowattora in 10 anni, se l'industria elettrica è riuscita in 34 anni a venderne solamente 8? Ecco la risposta dell'autore:

«Nè devesi avere alcuna preoccupazione circa il collocamento «e il prezzo dell'energia elettrica. Una quantità di forza motrice «pari a quella posseduta attualmente dalla Francia non può «essere giudicata eccessiva ai bisogni del nostro progresso. «L'accrescimento demografico «*esige assolutamente*» che ci pre-«disponiamo nuove fonti di sostentamento».

Siete tanto protervi da avere dei dubbi sulle imperative esigenze dell'accrescimento demografico? Oh uomini di poca fede! Ecco invece l'insegnamento e la conclusione dell'autore: «Non «potendosi quindi parlare di produzione superflua e tanto meno «di saturazione del mercato, il prezzo dell'energia sarà certa-«mente rimunerativo».

Se trovaste che la logica faccia cilecca sareste proprio incontentabili. Ma se vorreste conoscere meglio la mentalità dell'autore di questo portentoso sistema di arricchimento, eccovi qui alcune affermazioni a spizzico:

« L'interesse del capitale è un'assoluta negazione di ogni « possibilità di progresso ».

. . . .

« L'energia elettrica si trasporta automaticamente ovunque, « con velocità che annulla ogni distanza; ma questa superiorità « è annullata dall'usura dell'interesse che grava eternamente « sul costo dell'energia elettrica ».

. . . .

« L'impianto idroelettrico viene sclassificato nei confronti delle « miniere di carbone perchè queste non richiedono impiego di « capitale ».

. . . .

« Per quanto il fatto appaia strano, l'attuale economia capi- « talista è essenzialmente anticapitalista ».

. . . .

« L'interesse del denaro è il vero nemico del capitale ».

. . . .

« L'industria elettrica ha già messo in atto il sistema di pro- « durre al di sotto della potenzialità degli impianti, lasciando « defluire a vuoto una notevole parte dell'acqua disponibile. « Si pensa a distruggere e non a costruire.

« Queste vere e proprie colpe, portato logico e naturale delle « incongruenze dei non sensi congeniti ed insopprimibili del « sistema economico privato, hanno prodotto l'attuale tristis- « sima situazione: il consumo di energia elettrica nel primo qua- « drimestre dell'anno in corso è stato inferiore a quello del pre- « cedente 1930, e questo male viene ad aggiungersi agli altri « aspetti della crisi economica, mentre la soluzione di questa « può essere data solo da un'intensissima attività nel campo « delle costruzioni idroelettriche ».

. . . .

Crediamo che i lettori siano istruiti a sufficienza. Possiamo dunque invitare l'autore a mettersi agli ordini dei nostri avversarii i quali meritano un simile aiuto. *Inter pares* il discorrere è piacevole: pari competenza; pari obiettività, uguale preparazione. Eppure è in base a questi concetti che l'industria elettrica deve combattere ogni giorno una battaglia che diventa sempre più dura.

Che Iddio l'assista.

x. y.

DIRITTO E GIURISPRUDENZA

Fornitura di energia elettrica - Clausole di esclusività e di preferenza.

I.

MASSIMA

È valido ed efficace il patto di prelazione contenuto in un contratto di fornitura di energia elettrica che obbliga l'utente a preferire l'attuale fornitore ad altri per le contrattazioni future.

La disdetta del contratto, comunicata alla fornitrice alla scadenza del contratto stesso allo scopo di impedirne la tacita rinnovazione, ed accettata dalla detta fornitrice, non implica rinuncia da parte di quest'ultima al diritto che le deriva dal patto di prelazione.

L'utente non esaurisce l'adempimento del suo obbligo nel limitarsi a richiedere al fornitore le condizioni per la nuova fornitura, essendo tenuto a comunicare anche le offerte fattegli dai concorrenti al fine che l'avente diritto possa esercitare, ove lo creda, la facoltà di assumere la fornitura alle stesse condizioni.

Nè vale a sanare la inadempienza il fatto che l'utente abbia stipulato il nuovo contratto di fornitura con terzi sotto una mutata ragione sociale (1).

Tribunale Parma, 8-19 maggio 1931, Pres. Carboni, Est. Pisani, in causa Soc. Emiliana Esercizii Elettrici (Avv. Artoni) c. Ditta Fratelli Barbieri (Avv. Isi).

Fatto

Con citazione 2 agosto 1930 la S.E.E.E. conveniva innanzi questo Tribunale la Ditta Fratelli Barbieri in persona come in epigrafe, e premesso:

che la Ditta convenuta il 27 aprile 1929 stipulava con essa richiedente un contratto di forniture di energia elettrica a scopo di forza motrice per la lavorazione del truciolo e fabbricazione di cappelli;

che detto contratto, stipulato per la durata di un anno, a partire dal 1° aprile 1929, venne espressamente e tempestivamente disdettato dalla Ditta F.lli Barbieri, ed è quindi scaduto il 31 marzo 1930;

che all'Art. 10 del contratto è inserita la clausola: « L'Utente si impegna di usare esclusivamente della energia fornita dalla S.E.E.E. per tutta la durata dell'accordo, e si obbliga alla scadenza a darle la preferenza per un successivo quinquennio a parità di condizioni che l'Utente fosse in grado di ottenere con eventuali altri mezzi, e con offerte di altri fornitori. A tale effetto l'Utente dovrà comunicare integralmente alla S.E.E.E. per mezzo di lettera raccomandata, le proposte impegnative ed il costo della energia pervenutigli da altri fornitori, e la S.E.E.E. nel termine di quindici giorni dal ricevimento della raccomandata, comunicherà nella stessa forma la sua accettazione o meno »;

che la Ditta convenuta, scaduto il contratto con essa richiedente, ha senz'altro stipulato altro contratto di fornitura con diverso fornitore, senza, comunque, curarsi (per quanto diffidata a farlo) di comunicare alla Società ricorrente le proposte impegnative ed il costo dell'energia pervenutile dal detto nuovo fornitore;

che ciò costituisce violazione del patto di prelazione contenuto nel cessato contratto di fornitura;

che inoltre la stessa convenuta aveva ed ha in corso colla stessa richiedente altro contratto di fornitura di energia elettrica a scopo di illuminazione in data 15 dicembre 1928, scaduto il 31 dicembre 1931, portante la clausola di esclusiva della fornitura di energia elettrica per tutta la durata dell'accordo;

che la convenuta deve quindi rispondere dei danni.

Ciò premesso, l'attrice chiedeva dichiararsi la inadempienza della convenuta alle clausole di preferenza e di esclusiva contenute nei contratti ricordati; condannarsi la stessa convenuta al risarcimento dei danni da liquidarsi in separata sede con vittoria delle spese e accessori.

Costituitosi il contradditorio come in epigrafe e prodotti *hinc-inde* i documenti di cui alla rispettiva comparsa, alla udienza di discussione si concludeva come in epigrafe.

Diritto

La difesa della convenuta si afferma su queste difese:

1°) È nullo il patto di prelazione;

2°) Il patto di esclusiva inserito nel contratto luce limita i suoi effetti a questo contratto;

3°) La S.E.E.E. ha rinunziato alla prelazione, e la convenuta ha fatto quanto doveva trattando i termini di un nuovo contratto con la Società;

4°) La Ditta che contrattò con l'Attrice non è quella che contrattò coll'Ente Adige-Garda la nuova fornitura.

Non regge il primo motivo, perchè è pacifico in giurisprudenza che il patto di prelazione è pienamente efficace. E in verità

nessuna contraddizione può vedersi tra il termine di un anno apposto al contratto e il termine di anni cinque per il nuovo contratto, appunto perchè i due contratti sono distinti, e il secondo è legato al primo solo eccezionalmente. Nessun vincolo quindi che crei « una condizione ambientale impenetrabile alla concorrenza» perchè invece il vincolo è ben limitato nel tempo e nello spazio, ed eccita, anzichè annullare, la concorrenza. Infatti la prelazione pone la S.E.E.E. nella condizione di vincere la concorrenza di altre Società, di favorire quindi la clientela nel limite stesso in cui altri protrebbero servirla. Chè anzi appare come la clausola di prelazione favorisca il cliente, in quanto spinge le Società concorrenti ad offrire le più agevoli condizioni, se vogliono vincere la concorrenza, e spinge la Società, che vuol mantenere la clientela, ad offrire a sua volta le condizioni stesse.

Nè può affermarsi che si vincola per tal modo la libertà dei cittadini, perchè la libertà del cittadino è vincolata da questa clausola come in tutti i contratti, essendo ben delimitato nel tempo il vincolo e le sue condizioni. Ora: che il contratto fosse scaduto è pacifico; ne segue che la convenuta doveva, nei modi dell'Art. 10 citato, notificare alla S.E.E.E. le offerte impegnative avute da altri concorrenti.

Ma afferma la Ditta Barbieri che l'attrice rinunciò alla claucola quando diede il benestare, «prese buona nota» della disdetta del contratto.

Per quanto si esamini la lettera della Società non è possibile trovarvi accenno anche implicito a tale rinunzia. La lettera della Società non è che la risposta a quella della Ditta con la quale si disdiceva il contratto all'effetto di impedirne la tacita rinnovazione; ma appunto per questo non si può leggere in detto documento quello che non vi poteva essere, ossia la rinunzia alla clausola, che prendeva vigore proprio soltanto in seguito alla scadenza del contratto.

Che d'altra parte la Ditta Barbieri non si ritenesse liberata dalla clausola, lo dimostra la sua lettera 5 febbraio 1930, con la quale chiede alla S.E.E.E. le condizioni per un nuovo contratto, richiedendo i « prezzi minimi e indiscutibili ». Ma se l'attrice avesse rinunciato alla prelazione, perchè chiedere i prezzi minimi per il nuovo contratto? Dunque non vi fu rinunzia.

Nè si può dire che con questo invito la convenuta abbia adempiuto a quanto le imponesse la clausola. Doveva la Barbieri comunicare integralmente le proposte impegnative e il costo dell'energia pervenutile da altri fornitori, perchè solo così la S.E.E.E. poteva regolarsi, poteva fare i suoi calcoli su dati positivi e rinunciare al contratto o impegnarsi a quelle stesse condizioni. Si deve conoscere le offerte impegnative del concorrente per evitare i facili sotterfugi, o per porre davvero in concorrenza la Società con gli altri offerenti. Ma finchè si chiede il prezzo minimo, senza nemmeno accennare ad offerte di altri, si fa proprio il contrario di quello che la clausola vuole. Il patto di prelazione ha per base oggettiva la conoscenza dei prezzi e delle condizioni offerte dai concorrenti, perchè, senza di questo, non si poteva prendere alcuna decisione in base alla concorrenza.

Dunque la convenuta ha violato la clausola. Nè si dica che diversa è la Società che assunse il contratto da quella che lo viola vincolandosi con l'Ente Adige-Garda. Intanto è pacifico che la Ditta Barbieri era una Società irregolare, e quindi ogni suo componente bene la rappresenta; di più, non essendovi la prova che si sia sciolta nei modi di legge (e le formalità dello scioglimento, pubblicazioni, ecc. sono applicabili anche alle Società irregolari), i terzi bene a lei si rivolgono. Infine non vi è alcuna prova che sia sorta una nuova Società, nè se ne conosce la costituzione, nè i rapporti con la precedente; non si può quindi opporre questa eccezione ai terzi.

Il capitolo all'uopo dedotto è per lo meno inconcludente, perchè fino a che non sia provato lo scioglimento della Società con la relativa pubblicazione, è vano parlare del sorgere di altre Società. La costituzione poi di questa asserita Società si deve provare col regolare atto di costituzione.

Non sarà vano infine osservare come l'asserita costituzione della nuova Società urti stranamente col contenuto della lettera 5 febbraio 1930, nella quale si parla della morte di uno dei soci e di proposte da farsi al consiglio di famiglia, ma non si accenna affatto alla nuova Società.

Sull'interferenza tra il contratto di fornitura luce e quello per forza motrice, si osserva che ogni indagine appare inutile, dal momento che è provata la inadempienza in ordine alla clausola di prelazione.

Allo stato non si può giudicare della esclusiva contenuta nell'altro contratto per illuminazione, perchè, se l'attrice non avesse accettato le condizioni dei concorrenti, non poteva certo attaccarsi all'esclusiva per obbligare la convenuta a fornirsi la lei.

Sulla prova dedotta in estremo subordine per provare che verrebbe meno ogni ragione di danno in quanto la S.E.E.E., esercitando la prelazione, si sarebbe messa in condizioni di perdere, si osserva che occorrerebbe produrre il contratto stipulato coll'Ente concorrente, che deve essere bollato e registrato, dal momento che se ne fa uso. La necessità della produzione è fatta palese dalla stessa formulazione della prova nella quale il contratto è espressamente richiamato.

Sul primo capitolo dedotto in subordine per interrogatorio (palesemente per errore al Barbieri) si rileva che non giova affatto stabilire che non approdarono certe trattative con l'attrice, perchè occorrerebbe prima provare che la Barbieri notificò la proposta impegnativa e il costo dell'energia dell'Adige-Garda, essendo questo il presupposto di fatto per l'esercizio del patto di prelazione.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) Giurisprudenza costante, per quanto concerne le prime massime. Circa il mutamento di intestazione del nuovo contratto, si veda anche la sentenza 29-30 gennaio del 1931 del Pretore di Parma (in questa Rivista, giugno 1931, pag. 516).

II.

MASSIMA

L'obbligo di acquisto della energia elettrica risultante per tutta la durata pattuita dal contratto regolarmente stipulato, non viene meno per il fatto che l'utente trasferisca altrove la propria abitazione, per uso della quale aveva richiesto la fornitura.

Il trasferimento non importa decadenza neppure del patto di esclusività col quale l'utente si è obbligato a non fornirsi di energia da altri, essendo tale obbligazione personale indipendente dal luogo in cui la fornitura si effettua.

Nè costituisce per l'utente ragione di forza maggiore valida ad esimerlo dalla osservanza del patto, il fatto che il locatore della sua nuova abitazione gli abbia contrattualmente imposto di servirsi della energia di altro fornitore (1).

Tribunale Macerata, 13-24 luglio 1931, Pres. Bonavolta, Est. Punzo, in causa UNIONE ESERCIZI ELETTRICI (Avv. Galanti) c. DE BELLIS (Avv.ti Mariottini e Micciani).

FATTO

Ritenuto in fatto: Il 4 agosto 1930 tra la Società Unione Esercizi Elettrici di Macerata e il sig. Orazio De Bellis veniva firmato un contratto per somministrazione di energia elettrica a contatore per illuminazione con decorrenza dal 1° agosto 1930 e durata fino al 31 luglio 1935: che il 30 gennaio 1931 il De Bellis a mezzo lettera, notificava alla U. E. E., che avendo preso in affitto con decorrenza dal 1° marzo 1931, un appartamento delle case impiegati, era costretto a disdire il contratto stipulato con la U.E.E. perchè si faceva obbligo agli inquilini delle predette case per gli statali di servirsi della luce della stessa Società locatrice.

Avendo l'Unione Esercizi Elettrici replicato che esso De Bellis non poteva esimersi dall'obbligo di continuare il contratto, essendo la U.E.E. stessa pronta alla fornitura dell'energia, e non avendo il De Bellis dimostrato di volersi attenere all'esecuzione dell'obbligazione assunta, con atto di citazione 10 marzo 1931 per l'ufficiale giudiziario Gentilucci addetto al Tribunale di Macerata la U.E.E. conveniva il detto suo utente davanti il Tribunale per sentirsi dichiarare il De Bellis tenuto all'osservanza dell'obbligo assunto, con la condanna ai danni derivanti all'attrice dalla inadempienza di lui ai patti contrattuali.

Radicatasi la causa, il De Bellis non si costituiva, e il procuratore dell'attrice, all'udienza di spedizione concludeva perchè fosse dichiarato tenuto il sig. Orazio De Bellis ala osservanza degli obblighi assunti con il contratto 4 agosto 1930, e fosse prefisso al medesimo un breve e perentorio termine all'uopo, con spese rifuse e sentenza provvisoriamente esecutiva.

Ma il procuratore del convenuto riapriva i termini con comparsa del 27 maggio 1931, e instauratosi il giudizio in contraddittorio, la causa veniva assegnata a sentenza, prendendosi dai procuratori delle parti le conclusioni riportate in epigrafe.

DIRITTO

Osserva in diritto: La domanda dell'attrice è evidentemente fondata. Invero la pretesa dell'attrice è sorretta da un titolo: il contratto 4 agosto 1930, nel quale una clausola ben chiara ed accettata liberamente dalle due parti, porta la scadenza della convenzione fino al 1935.

Nè vale obbiettare che il contratto deve essere interpretato non alla lettera, ma nel suo spirito ed occorre pertanto l'indagine sulla volontà delle parti, e che in ogni caso l'obbligo del De Bellis, era limitato all'epoca in cui avesse abitato la casa che occupava alla sottoscrizione del contratto stesso.

Non può negligersi che trattasi di negozio giuridico bilaterale; da una parte vi è la Società fornitrice la quale offre la illuminazione ad un determinato prezzo, tenendo presenti nella contrattazione gli elementi di vantaggio per l'utente; dall'altra vi è l'utente che, in cambio di un impegno di lunga durata che assume, usufruisce di condizioni di fornitura più favorevoli. Voler ammettere che uno dei contraenti possa in un determinato momento ritenersi sciolto dall'obbligo e cercare condizioni a lui più comode e vantaggiose, significa mettere una delle parti in condizioni di manifesta inferiorità, e tali da non potere essere la volontà dei contraenti in un contratto di buona fede. Nè può ritenersi che l'obbligo permanesse nel De Bellis finchè abitasse la casa originaria ove ebbe inizio il contratto: trattasi non di un contratto accessorio a quello di locazione interceduto tra lo stesso locatore e l'inquilino, ma di un rapporto giuridico a sè stante che è venuto a crearsi completamente autonomo e indipendente dal rapporto locativo.

Nè può invocare il De Bellis il caso di forza maggiore, perchè egli non poteva ignorare, al momento del contratto 4 agosto 1930, il rapporto obbligatorio che veniva per lui a crearsi dovunque gli piacesse scegliere in seguito l'alloggio, e tanto meno può invocare l'inadempimento della Unes: esista pure il divieto da parte della I.N.C.I.S. ai propri inquilini di servirsi di altri produttori di energia, non per questo la Unes è in colpa.

Perchè avrebbe potuto questa invocare il caso di forza maggiore non potendo eventualmente fornire l'energia, non il De Bellis che ha liberamente scelta senza alcuna coercizione, una casa il cui proprietario gli vietava di mantenere un'obbligazione contrattualmente assunta. Ora se egli ha preferito servirsi di un'abitazione che offre per lui evidentemente dei vantaggi notevoli su quella precedente, vuol dire che i vantaggi stessi compensano il danno a cui è esposto per doversi rendere inadempiente a patti precedentemente stipulati.

Le conclusioni pertanto della Unes vanno integralmente accolte: può essere prefisso un termine al De Bellis perchè continui a servirsi dell'energia per cui è contratto; in mancanza non potendo essere coattivamente indotto a servirsi dell'energia elettrica dell'Unes, egli è tenuto ai danni da liquidarsi in separata sede.

Non vi è dubbio dell'esistenza del danno per la Unes. Essa fonda il suo bilancio, la sua gestione e le spese generali, il suo programma di sviluppo sul numero dei suoi utenti e sulla durata dei contratti. È evidente che ogni fatto che muti il piano finanziario di una azienda con una ripercussione economica consistente in minor introito, costituisca un danno risarcibile da chi volontariamente vi abbia dato causa.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) Sull'obbligo dell'utente di osservare i patti di esclusività e di prelazione anche in caso di trasloco in altri locali, si veda da ultimo la sentenza 18-30 giugno 1931 della Corte di Appello di Milano (in questa Rivista, agosto 1931, pag. 709) con nota di richiamo e commento.

Interessante e, a nostro avviso, rettamente risolta, è la questione di cui all'ultima delle massime annotate. L'utente che accetti e stipuli liberamente col nuovo suo locatore una locazione fra le cui condizioni sia quella di fornirsi di energia da fornitore diverso di quello a cui lo lega un vincolo di esclusività tuttora vigente, non subisce certamente un evento di forza maggiore estranea. È egli stesso che volontariamente si pone in una condizione di impossibilità allo adempimento, con lo stipulare una obbligazione che è incompatibile con quella già assunta. Con l'accettare la condizione apposta alla nuova locazione, egli compie per l'appunto quanto dal contratto di fornitura dell'energia gli era espressamente vietato.

III

MASSIMA

È valida la clausola di esclusività contenuta in un contratto di fornitura di energia elettrica.

In caso di inadempienza da parte dell'utente bene può il fornitore chiedere alla Autorità Giudiziaria la condanna dell'utente al riallacciamento della rete isolata, facendosi autorizzare, in difetto, a provvedervi a spese dell'utente (art. 1220 Cod. Civ.) (1).

Pretura di Este (Pret. Apicella) 15-29 maggio 1931 in causa Soc. Euganea di elettricità (Avv. Lancerotto) c. Bianchi (Avv. Gambarini).

Fatto

Premesso che la Signora Bianchi Arpalice richiese la energia elettrica alla Società Euganea e che si addivenne a regolare contratto con cui, fra altro, si convenne il diritto di esclusiva e di prelazione al cessare del contratto; che la Signora Bianchi staccò il proprio impianto dai fili della Società Euganea in violazione del contratto; con atto 16 febbraio 1931 la Società Euganea di Elettricità conveniva d'innanzi questa Giustizia la Signora Bianchi per sentirsi condannare:

1° al risarcimento dei danni da liquidarsi separatamente per il distacco operato nella conduttura dell'energia elettrica;

2° a riallacciare immediatamente i fili interni della propria casa coi fili esterni conducenti l'energia della Società istante, in esecuzione del contratto 1° aprile 1930, e in mancanza, a sentire autorizzare essa instante a provvedere a spese di esso convenuto al riallacciamento dei fili qualora questi non lo faccia nel termine di giorni tre dalla notifica della sentenza da munirsi di clausola;

3° al risarcimento dei danni relativi alla mancata fornitura nonchè alle spese di lite.

Chiamata la causa nella udienza 17 aprile 1931 passava in decisione sulle seguenti conclusioni: L'attrice alla domanda. Il convenuto, dedotta la ignoranza delle clausole del contratto e della scadenza anche di questo, per non averne mai avuto copia dalla Società e dichiarandosi pronto a riallacciare i fili fino alla scadenza del contratto, facendo riserva di poter usare anche l'energia di altro ente, impugna perchè illecita la clausola di prelazione e di esclusiva della Società Euganea mai posta in rilievo all'atto della firma del contratto.

Diritto

Ritenuto che con contratto 18 aprile 1930 reg. in Este il 19 febbraio 1931 fra la Società Euganea di Elettricità e la Signora Bianchi Arpalice in Pellegrini si conveniva la fornitura da parte della prima al secondo di energia elettrica a contatore per illuminazione, per la durata di anni tre con decorrenza dal 1° aprile 1930: che fra le condizioni generali del contratto è il patto 5 del seguente tenore:

« Alla scadenza del presente contratto e delle sue eventuali proroghe consensali o tacite, ove l'Utente abbia ancora a fornirsi di energia, la Società avrà diritto di continuare la fornitura per un quinquennio con diritto di esclusiva quando dichiari di accettare i prezzi e le condizioni in uso normale presso altro distributore.

« La Società dovrà esercitare tale diritto entro 15 giorni dalla comunicazione che l'Utente dovrà fare alla Società stessa a mezzo lettera raccomandata con ricevuta di ritorno, delle proposte impegnative da altri ottenute ».

« In caso di inosservanza da parte dell'Utente all'impegno sopradetto, l'utente dovrà risarcire alla Società il danno da questa subito. Tale risarcimento corrisponderà ad ogni modo ad una somma non mai inferiore all'importo del canone medio pagato nell'ultimo anno per quanti sono gli anni che mancano ancora a compiere il quinquennio sopra stabilito ».

Che fra le condizioni è pure il patto 12° del seguente tenore: « La Società avrà diritto esclusivo di fornitura di energia elettrica nei locali indicati dal contratto ed annessi di uso dell'abbonato ».

Osserva che la difesa del convenuto, basandosi su di una sentenza della Corte di Venezia, che ha ritenuto illecito il patto di esclusiva come contrario alla pubblica economia ed all'ordine pubblico, giusta il disposto dell'art. 1122 Cod. Civ., ha sostenuto che i patti di esclusiva e di preferenza determinano un regime di monopolio, che, eliminando la possibilità di concorrenza, è contrario all'interesse del consumatore. Il giudicante però con tutto l'ossequio verso la Superiore Corte Veneta, non ritiene che nella specie si possa trovare il concetto dell'illecito di cui all'art. 1122 Cod. Civ. Ed in vero, mentre da un lato i contratti vanno considerati nei rapporti giuridici che creano fra le parti contraenti, e non pure nella eventuale e vaga lesione di puro e semplice interesse che tali rapporti possono arrecare a terzi non identificati e non identificabili, o peggio, che potrebbero anche non esistere, da l'altro per vago ed indeterminato che sia il concetto di ordine pubblico che la nostra legge ha preso dal Codice di Napoleone, esso non può essere confuso col concetto astratto nebuloso ed elastico di *interesse sociale* senza

nuocere gravemente la libertà contrattuale che verrebbe abbandonata alle considerazioni del tutto subiettive del Codice! Ciò indubbiamente non ha potuto volere il legislatore, per cui il giudicante riportandosi al concetto fondamentale del diritto romano, ritrova nel disposto dell'art. 1122 Cod. Civ. il precetto appunto di diritto romano «*ius publicum privatorum pactis mutari non potest*». vale a dire che la causa illecita che inficia i contratti, perchè contraria all'ordine pubblico, è quella che è in contrasto col diritto pubblico. Ora il nostro diritto pubblico che pure è così preciso nei suoi divieti, mentre, per la tutela dell'interesse sociale, in alcun modo vieta alle pubbliche imprese di cautelarsi con speciali clausole contrattuali, dalla eventuale perdita della clientela; e la difesa del capitale, in un senso vasto, costituisce una vera e propria difesa dell'interesse sociale; d'altro canto i concetti d'indole economica più volgari che scientifici, sui quali la Corte Veneta ha creduto di fondare i concetti giuridici ai quali è pervenuta, sono superati dalla stessa realtà economica, che trovando dannosa in taluni casi la concorrenza, ha escogitato in America i *trust* ed in Europa i Sindacati Industriali, i cosidetti *cartelli* e da noi specialmente la fusione delle società esercenti la stessa industria allo scopo appunto, di disciplinare la produzione e la concorrenza e di evitare lo sperpero di capitali.

Nel merito poi, nessun danno una clausola preferenziale arreca al consumatore inquantochè questi ha sempre diritto alla condizione a lui più favorevole come nessun danno costituisce per la pubblica economia una clausola di esclusiva, che mentre da un lato non è un impegno perpetuo per chi liberamente lo ha assunto, dall'altro tende alla difesa di capitali, talvolta ingenti, impiegati in una impresa, che non possono, da un momento all'altro, essere esposti alla rovina! Senza dir pure che nessuna intrapresa può pretendere di entrare nell'agone della pubblica concorrenza scartando senz'altro l'alea, che è propria di tutte le intraprese. È questa una mentalità del dopoguerra che con i facili guadagni del periodo bellico, pretende ancora di saldare il capitale investito con gli utili del primo anno di esercizio; quando una intrapresa utile e salda è solo quella che, a traverso il tempo ed il sacrificio talvolta lungo, è riuscita ad imporsi ed a raggiungere le proprie mete. Poichè evidente quindi è la violazione del contratto lamentata dall'attrice che bene ha il diritto di riallacciare i fili per la somministrazione della propria energia elettrica al convenuto, il quale può pretendere la risoluzione del contratto solo nel caso che l'attrice non voglia concedere eventuali più favorevoli condizioni fatte da altra Società. Poichè i danni possono concretizzarsi nel mancato consumo di energia dal momento in cui i fili sono stati tagliati al momento in cui essi verranno riallacciati, per cui non è il caso di rinviarne la liquidazione

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) La sentenza della Corte di Appello di Venezia, di cui è cenno nella motivazione della sentenza annotata, può leggersi in questa Rivista, gennaio 1931, pag. 49.

Si veda pure però, nel fascicolo di maggio 1931, pag. 428, la sentenza 17 gennaio - 19 febbraio 1931 della Cazsazione del Regno, che annullava la sopra ricordata sentenza della Corte Veneta.

IV.

MASSIMA

La validità del patto di prelazione contenuto in un contratto di fornitura di energia elettrica può ritenersi ormai pacifica in dottrina ed in giurisprudenza. (1)

Pretura di Parma (Pret. Belli) 20 ottobre 1931, in causa Soc. EMILIANA ESERCIZII ELETTRICI (Avv. Bazini) c. PASSERINI.

FATTO

La Società Emiliana Esercizi Elettrici di Parma con atto Zenoni 7 agosto 1931 citava avanti la intestata Pretura, Passerini Oreste residente a Cento e premetteva: che il citato a mezzo di contratto reg. a Parma il 4 agosto 1931, n.° 931 Vol. 68 atti priv. si obbligava ad usare fino al 30 giugno 1931 per l'illuminazione della sua abitazione in Cento energia elettrica fornita esclusivamente da essa istante e si era obbligato altresì alla scadenza a darle la preferenza per un quinquennio a parità di condizioni, per la successiva fornitura; che il Passerini nel maggio 1931 in occasione del trasloco della sua abitazione in altra casa di Cento aveva staccato dalla rete di distribuzione di essa S.E.E.E. il suo impianto per allacciarlo a quello di altra fornitrice; ciò premesso chiedeva pronunciarsi la condanna del convenuto al ristoro dei danni provocati coi detti fatti, danni da liquidarsi in separato giudizio; infine domandava a suo favore la condanna del convenuto nelle spese tutte del giudizio e la concessione della clausola di provvisoria esecutorietà. All'udienza di iscrizione e in quella successiva il convenuto non è comparso e l'attrice produceva contratto registrato e corrispondenza varia, il tutto descritto in verbale e concludeva come in citazione.

DIRITTO

La domanda dell'attrice deve poi accogliersi nel merito: con la produzione del contratto registrato la S.E.E.E. ha dato prova delle obbligazioni del convenuto. Di più con la produzione della corrispondenza e particolarmente degli scritti del convenuto che riconoscono i fatti ha convinto il giudicante della inadempienza del Passerini al quale d'altra parte incombeva l'onere di provare la eventuale sua liberazione. Devesi di conseguenza condannare il convenuto al risarcimento dei danni col suo contegno cagionati e da liquidarsi — giusta la richiesta attrice — in separato giudizio. Nella liquidazione di tali danni si dovrà naturalmente tener conto non solo della durata del contratto *ma altresì del patto di preferenza stipulato col contratto. Tale patto devesi infatti ritenere legittimo e valido secondo la ormai pacifica dottrina e giurisprudenza. Ed è a meravigliarsi come in casi analoghi se ne osi sostenere la invalidità proprio dall'utente che dal patto stesso non può ritrarre se non benefici.*

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) Della stessa Pretura di Parma si vedano in ugual senso le due sentenze 29-30 gennaio 1931 pubblicate in questa Rivista, giugno 1931, pag. 516.

Linee ad alta tensione - Responsabilità civile per sinistri.

MASSIMA

Non esiste disposizione di legge nel nostro diritto che stabilisca il principio della responsabilità obbiettiva nel proprietario di una conduttura elettrica per i sinistri cagionati dalla conduttura stessa.

Per porre in essere la responsabilità occorre quindi dimostrare la colpa del proprietario della linea, colpa consistente in fatto od omissione ai sensi degli articoli 1151 e 1152 Cod. Civ., o in una inosservanza di ordini o discipline.

Occorre inoltre che tra il fatto colposo e l'evento dannoso sia dimostrato il nesso di causa ad effetto.

La colpa ed il nesso di causalità con il danno non possono presumersi, onde spetta a chi chiede il risarcimento del danno patito di fornirne la prova (1).

Tribunale Napoli, Pres. Sciasciulli, Est. Frangipane, 8-22 giugno 1931, in causa LOLLINO (Avv.ti Benevento e Grandolfo) c. SOCIETÀ MERIDIONALE DI ELETTRICITÀ (Avv.ti Ioele e Graziani).

FATTO

Nel 12 dicembre 1929 il ragazzo Vincenzo Lollino di circa otto anni, mentre nelle vicinanze di Bari, si recava in compagnia di una sorellina dalla casa colonica al fondo dove lavorava suo padre, si arrampicò sopra un'antenna a traliccio destinata a reggere l'elettrodotto della Società Meridionale di Elettricità con Sede a Napoli e cadde fulminato.

Con atto del 19 novembre 1930, Vito Lollino e Vincenza Mastasa, genitori dello sventurato ragazzo, dopo aver chiesto e ottenuto il beneficio del gratuito patrocinio, citarono a giudizio in questo tribunale la detta Società Meridionale di Elettricità pel pagamento a titolo di danni, di lire trecentomila, o di quella minor somma che si ritenesse di giustizia. Assumevano a fondamento della azione, che le antenne usate dalla Società convenuta non rispondessero nè ai dettami della prudenza, nè alle prescrizioni della legge 7 giugno 1894, n. 236 e del regolamento 25 ottobre 1895, n. 642 e che inoltre la Società stessa avesse colposamente lasciato aperto un varco praticato nel muro di cinta del fondo dove era stata collocata l'antenna, senza

il quale varco il ragazzo non avrebbe potuto raggiungere l'antenna. Aggiungevano che la Mastasa a seguito del tragico evento, fosse rapidamente deperita in salute, sì da contrarre una tubercolosi polmonare che, oltre a metterne in pericolo la vita, richiedette cure costosissime mentre la famiglia viveva nell'estrema miseria.

La Società Meridionale di Elettricità eccepì che l'antenna rispondesse alle norme regolamentari ed ai dettami della tecnica, che l'evento doloroso fosse dovuto unicamente ad imprudenza del ragazzo, e di coloro che lo avevano lasciato senza sorveglianza e che infine mancasse ogni vincolo causale tra la morte del ragazzo e l'assunta malattia della Mastasa. (*omissis*).

DIRITTO

La legge 7 giugno 1864 n. 232 per la trasmissione a distanza delle correnti elettriche ed il relativo regolamento 25 ottobre 1895 n. 642 impongono determinate misure per impedire che una qualsiasi persona raggiunga i conduttori ad alto potenziale. Tali norme per altro non sanciscono una responsabilità assoluta per tutti i sinistri provocati direttamente od indirettamente dalle condutture elettriche, bensì contemplano disposizioni protettive le quali non snaturano il fondamento della responsabilità civile, che resta sempre nel principio della colpa aquiliana, cioè negli art. 1151 e 1152 Codice Civile. La ingiuria non contrattuale determina responsabilità solo se prodotta da colpa.

Inoltre il legislatore non ha inteso di garantire ai terzi una sicurezza assoluta, nel senso di far salva la loro incolumità in qualsiasi evenienza: egli ha voluto stabilire a carico dell'utente degli obblighi di costruzione e di protezione, mercè i quali si assicura ai terzi un grado normale di sicurezza, una sfera cioè, un centro cui è lecito muoversi e vivere senza la tema che la vita sia messa in pericolo da un proprio fatto normale e non imprudente; ma, per ciò stesso, non ha dispensato il terzo da quel minimo di prudenza che è necessario per vivere nel consorzio civile. I criteri, fissati dalla legge sono poi stati dalla pratica adattati alla evoluzione rapidissima del fenomeno tecnico-scientifico e, per rimanere nel caso in esame, sono stati creati vari tipi di antenna che rispondessero sempre meglio alle norme regolamentari e nel tempo stesso, alle esigenze dell'industria elettrica.

L'Art. 10 n. 6 del cennato regolamento quando parla di ripari atti ad impedire che si acceda ai conduttori senza l'aiuto di scale mobili o di mezzi analoghi, va interpretato nel senso che il riparo non debba essere assoluto, ma tale da richiamare il terzo alla considerazione del pericolo che affronta nel tentativo di raggiungere il conduttore (confr. art. 3104 delle norme compilate dalla Associazione Elettrotecnica Italiana per la esecuzione e l'esercizio degli impianti elettrici). In base a tali principi indiscutibili non può il Collegio ritenere fondata la colpa della Società nell'adombrata ma non dimostrata costruzione dell'antenna contro i dettami della tecnica: da un lato il difetto di qualsiasi elemento di prova che potesse menare a detta convinzione, dall'altro lato le caratteristiche dell'antenna stessa, quali risultano dai tipi esibiti; e la presunzione di regolarità che assiste l'utente di un impianto così importante sono a favore della convenuta.

Nè certo può trarsi argomento dall'esistenza di altri tipi di antenna che, secondo gli attori, garantirebbero meglio l'incolumità pubblica, sia perchè un sistema tecnicamente più perfetto non porta necessariamente alla conseguenza che altri sistemi meno completi siano disadatti agli scopi di protezione, sia perchè sarebbe assurdo ed ingiusto pretendere che ogni migliore accorgimento creato dal continuo progredire degli studi dovesse di colpo essere adottato da tutte le società elettriche, sotto pena d'incorrere in responsabilità civile in caso d'infortunio.

Giova piuttosto aggiungere che non si contesta l'esistenza sull'antenna in esame della corona spinata e del cartello indicante pericolo di morte, così come è assodato che l'elettrodotto era posto anche a notevole distanza dal margine del traliccio, per modo che solo in uno sforzo superiore alla sua età il povero ragazzo dovette spingere il braccio sino ad incontrare il mezzo distruttore.

L'elemento della colpa non può riscontrarsi nemmeno sotto l'altro profilo d'una imprudenza o negligenza della Società a richiudere il varco che si dice praticato nel muro di cinta del fondo dove sorgeva l'antenna. Invero la semplice introduzione del ragazzo nel terreno non modificò affatto le condizioni di pericolo derivanti dall'installazione dell'elettrodotto in quella zona, dati i requisiti di garanzia che presentava l'antenna indipendentemente dalla maggiore o minore facilità d'ingresso nel fondo.

Nè vale obbiettare che se quella buca fosse stata murata il Lollino non avrebbe potuto penetrarvi ed arrampicarsi sull'antenna, poichè non deve confondersi nell'ardua indagine della responsabilità derivante da colpa, la causa con la condizione e sarebbe ugualmente consentito di risalire agli altri antecedenti non causali ma concomitanti dell'evento dannoso, rilevando per esempio che questo non avrebbe potuto prodursi se il fanciullo non fosse uscito dalla casa colonica dei genitori, rimanendo abbandonato a sè stesso nei campi. A questo punto l'esame è completo e porta al rigetto della domanda, ma il Collegio non può fare a meno di rilevare da ultimo che se pure fosse rimasto assodato il vincolo di causalità colposa tra l'azione, positiva o negativa, della società convenuta e la morte del ragazzo, rimarrebbe sempre l'ardua prova del rapporto tra questo dolorosissimo fatto e conseguenze dannose che si assumono da esso derivate.

Nè la perizia medica, nè peggio ancora, la prova testimoniale varrebbero ad accertare che la tisi polmonare da cui si dice affetta la Mastasa sia da riferirsi senz'altro alla scossa patita per la sventura che la colpì: la ziologia della tubercolosi è così varia, che risultati positivi non possono sperarsi dalla osservazione del medico e debbono assolutamente negarsi alla parola del testimone.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) Negli stessi sensi e con ampiezza di motivazione, si veda la sentenza 17 aprile 11 maggio 1931 della Corte di Appello di Genova, in questa Rivista, agosto 1931, pag. 705. Si veda pure la sentenza 5 luglio 1930 del Tribunale de La Spezia, nel fascicolo di marzo 1931, pag. 241, con nota di commento.

Fornitura di energia elettrica - Credito per rimborso imposte di consumo - Privilegio.

MASSIMA

Il credito del produttore di energia elettrica verso l'utente per il rimborso delle somme pagate per imposta di consumo sulla energia fornita, è privilegiato sui beni del debitore (1).

Tribunale Bologna, .. luglio 1931, in causa FALLIMENTO FRATELLI NENZIONI (Avv. Magli) c. SOCIETÀ BOLOGNESE DI ELETTRICITÀ (Avv. Brazioli).

DIRITTO

La Società Bolognese di Elettricità, ebbe a chiedere di essere ammessa al passivo del fallimento della Ditta F.lli Nenzioni per complessive Lire 1219,85, dipendenti da fornitura di energia elettrica allo stabilimento Nenzioni di Bologna, e chiese di essere collocata in chirografario per Lire 1041,55 importo di energia consumata e in privilegio per L. 178,30, importo tasse pagate sull'energia stessa.

Il credito venne nella sua totalità ammesso in via chirografaria, non avendo in sede di verifica dei crediti trovato il Giudice Delegato che si riscontrassero gli estremi per la costituzione di un privilegio. La S.E.B. non si acquetò alla decisione del Giudice Delegato e volle che la questione venisse — come era suo diritto — esaminata dal Collegio.

(*Omissis*).

Fra così opposti e contrari opinamenti riconosce il Collegio che alla stregua delle norme dettate, dal codice civile — articolo 1597 — trattandosi di imposta sui consumi, che costituisce un tributo indiretto, il privilegio sulla generalità dei mobili non potrebbe venire accordato, e che d'altra parte l'applicazione delle norme relative ai tributi indiretti sopra i mobili che ne sono l'oggetto, costituirebbe un non senso, una disposizione destinata a rimanere lettera morta, dal momento che trattasi di materia di natura specialissima, che si consuma nello stesso momento in cui è usata. Non quindi alle norme del Codice Civile, sorto quando l'energia elettrica non aveva trovato così ampio respiro di vita sotto l'irresistibile impulso del progresso, occorre richiamarsi per decidere la presente questione.

Occorre perciò ricorrere alle norme sancite nel T. U. approvato con D. M. 8 luglio 1924, che espressamente riconosce il diritto di rivalsa al fabbricante dell'energia sui consumatori della stessa (art. 14), che impone al fabbricante di pagare prima, oppure di concedere cauzione corrispondente all'imposta di due mesi, (art. 15) e che attribuisce alla Finanza una ulteriore ga-

ranzia, dandole un diritto di preferenza sulle « somme dovute dagli utenti alle Ditte medesime per consumi soggetti a tassa ».

Sono tutte norme, queste, di carattere singolare escogitate *aerarii commodo*, col preciso scopo di rendere più piana, più facile e più sicura sopratutto, l'esazione delle imposte, le quali, erariali o comunali che siano, colpendo il consumo dell'energia elettrica, devono in definitiva pesare sul consumatore ed utente. In questa guisa lo Stato e i Comuni con minore difficoltà e con minore spesa si avvalgono dell'opera del fabbricante dell'energia, il quale così viene a costituire ed assumere la figura di intermediario fra l'Ente creditore delle imposte e il contribuente, che nonostante tutto rimane il vero debitore della imposta, non venendo meno, per la natura particolare delle disposizioni sopra accennate, il rapporto fondamentale.

Ed allora se il credito dello Stato è privilegiato, poichè rientra in quelli previsti e disciplinati dall'art. 1958 n. 1 Codice Civile, che riguarda i dazii e tributi indiretti sopra i mobili che ne furono oggetto; se il diritto di rivalsa è espressamente riconosciuto e precisato nella disposizione dell'articolo 14 della precitata legge, non può più revocarsi in dubbio che al fabbricante, tenuto a pagare direttamente ed anticipatamente l'imposta in Tesoreria, spetti il privilegio nei confronti dei consumatori su cui deve rivalersi. E se la Finanza pretende il pagamento anticipato, o in difetto una adeguata cauzione, esorbitando perciò dai ristretti confini stabiliti dal Codice di commercio per i tributi indiretti (privilegio limitato ai mobili che dell'imposta sono l'oggetto), tale criterio va osservato anche per il fornitore; elementari principii di diritto, di equità e di logica impongono appunto che a lui non sia fatto diverso trattamento, il quale poi — data, come sopra si è visto, la particolare caratteristica dell'energia elettrica, che si consuma nell'attimo stesso che si crea — diventerebbe statuizione vuota di contenuto nei confronti di chi la tassa dovrebbe pagare, e che invece avrebbe in tal modo la possibilità di sottrarsi in mille guise a tale obbligo, che rimarrebbe a gravare compiutamente sulle spalle di colui, che la Finanza per propria comodità, per motivi di semplice convenienza, presceglie quale intermediario nei rapporti con coloro che con l'imposta vuole colpire.

Se rivalsa ha da essere, questo diritto deve costituire non una semplice figura rettorica, ma costituire una garanzia piena ed efficace: non deve essere limitata alla particolare natura dell'oggetto della fornitura, ma estendersi a tutti i beni mobili del debitore. E a questo proposito va richiamato quanto ebbe a disporre in tema di tassa di scambio il R. D. Legge 28 luglio 1930, n. 1011; con gli articoli 43 e 60 è disposto che detta tassa, gravante anche sull'energia elettrica, sia dovuta, salvo rivalsa, dal fornitore fatturante, il quale gode, per detta rivalsa verso l'altro contraente, dello stesso privilegio competente allo Stato a norma dell'articolo 109. Vale a dire del privilegio sulla generalità dei mobili.

Il creditore della S.E.B. va perciò collocato in via privilegiata al passivo del fallimento Nenzioni per quanto riguarda l'importo delle tasse pagate sull'energia.

Le spese, *data la particolare natura della dibattuta questione*, reputa il Collegio doveroso compensare fra le parti.

NOTA

(1) Giurisprudenza ormai prevalente. Si veda però, in contrario senso, da ultimo, la sentenza 4 aprile 1931 del Tribunale di Milano, in questa Rivista, settembre 1931, pag. 807.

Si veda pure la nota di commento alla sentenza suddetta, in cui è contenuto il richiamo ai precedenti della questione.

A. P.

PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazione di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica e di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali ecc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

217 — *Concessione di derivazione di acqua pubblica - Progetto esecutivo - Variante nella ubicazione della presa in confronto del progetto di massima - Non è necessaria nuova istruttoria* (art. 36 III comma D. L. 9 ottobre 1919, n. 2161).

La variante al progetto esecutivo di un'opera di derivazione di acqua pubblica, *anche per l'ubicazione delle opere di presa* (nella specie spostamento a monte di m. 56 e aumento di salto di m. 3,56), rispetto al progetto di massima approvato coll'originario decreto di concessione, non richiede nuova istruttoria ma solo un nuovo decreto di concessione. Nel caso concreto lo spostamento dichiaravasi giustificato per la necessità di superare un'alta scarpata a monte della ferrovia. Dallo autorizzato spostamento la quantità di energia elettrica producibile da HP 2541,60 previsti nel decreto di concessione originario salirà a 3555 HP.

D. R. 26 settembre 1930. Concessione Società Imprese elettriche del Gizio. Derivazione dal Gizio in Comune di Pettorano (Aquila). Parere Cons. Sup. LL. PP. 10 aprile 1929, n. 1288. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, pag. 553).

218 — *Particolarità costruttive di impianto idroelettrico - Clausola disciplinare di garanzia di altre opere pubbliche.*

Nel disciplinare di concessione di derivazione di acqua pubblica a scopo di produzione di energia elettrica, può essere imposta una clausola che contempli l'obbligo generico di attuazione delle opere idroelettriche « in modo da salvaguardare totalmente — nella specie un acquedotto comunale — da tutti gli inconvenienti che potrebbero verificarsi per effetto della costruzione della diga di sbarramento, della sommersione della conduttura delle acque ristagnanti a monte dello sbarramento, della permanenza, in prossimità della sorgente degli operai addetti ai lavori ». A seguito di tale clausola può anche essere specificato l'obbligo per la società concessionaria di eseguire a proprie spese il progetto e le opere atte a salvaguardare gli acquedotti comunali, opere il cui progetto dovrà ottenere l'approvazione dei Comuni interessati e del medico provinciale. Nell'eseguire tali opere si potrà applicare al concessionario l'obbligo di estendere l'allacciamento della sorgente in modo da emungere una quantità d'acqua potabile per aumentare eventualmente (*sic*) il rifornimento idrico dei Comuni interessati.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 557.

219 — *Concessioni idroelettriche - Riserve ai Comuni rivieraschi - Decorrenza del termine per l'esercizio della facoltà, nei Comuni stessi, di impegnare la quantità di energia, non oltre quella riservata.*

Ove il disciplinare di concessione di una derivazione idroelettrica, contempli la riserva di una quantità di energia da destinarsi ai Comuni rivieraschi del corso d'acqua pubblica investito dalla derivazione, il disciplinare stesso deve prescrivere

il termine, sotto pena di decadenza, entro il quale i Comuni devono impegnare l'energia fino alla quantità riservata. E, inoltre, se, in corso di esecuzione dei lavori, vengono con successivo decreto, autorizzate varianti di esecuzione, detto termine decorre solo dalla data del secondo decreto.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 559.

220 – *Concessione idroelettrica - Varianti nella località di presa della derivazione - Nuova istruttoria e nuovo decreto - Concessibilità con aggiunta di riserva per ulteriore concessione di altra derivazione a valle.*

Ove nel progetto esecutivo di un impianto idroelettrico si preveda lo spostamento della presa, (nella specie di m. 100 a monte), si procede a nuova istruttoria (vedi il precedente N. 217) e a nuovo decreto di concessione. In detto secondo decreto può prevedersi una prima utilizzazione, riservando di provvedere a una seconda ulteriore utilizzazione nella camera di carico di un nuovo impianto a monte per cui il concessionario ha fatto riserva di presentare altra e nuova domanda di concessione, del che il decreto dà atto colla clausola « salva ogni decisione *di merito* ».

D. R. 9 ottobre 1930. Concessionaria Soc. Edison. Derivazione dal Toce in Comune di Formazza (Novara). Parere Cons. Sup. LL. PP. 15 maggio 1930, n. 1518. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, p. 583).

221 – *Impianto idroelettrico in zona di confine - Clausole di interessi militare - Obbligo di mascheramenti delle opere della centrale ed accessori.*

Nel disciplinare di concessione di una derivazione idroelettrica può essere inserita una clausola, nello interesse della difesa nazionale, che imponga al concessionario l'obbligo di « sistemare a sue spese le interruzioni, mascheramenti ed accessori, secondo le istruzioni particolari che saranno a suo tempo date, previo sopraluogo e di concerto col competente ufficio tecnico civile (*sic*) dall'Autorità militare, la quale avrà facoltà di far sorvegliare da un proprio funzionario tecnico, anche per le opportune istruzioni, l'esecuzione dei relativi lavori, restando a carico del concessionario le spese inerenti a tale sorveglianza. Il collaudo dei lavori predetti da parte dell'autorità militare avrà luogo *precedentemente* o contemporaneamente al collaudo dell'opera complessiva da effettuarsi da altra pubblica Autorità (*sic*). Dei risultati del primo (collaudo) sarà data immediata comunicazione a quest'ultima, perchè provveda in conseguenza della rilevata regolarità o irregolarità di esecuzione dei lavori medesimi ».

Come al Num. precedente, ivi, pag. 591.

222 – *Clausole di concessione idroelettrica nello interesse dei difesa militare - Variante alla formula della decaden della concessione nei casi in cui risultasse che il conce sionario agisse per conto di terzi.*

La clausola d'uso, introdotta nei disciplinari di concessio idroelettrica, e generalmente espressa colla seguente formul « qualora da indagini o informazioni successive alla data concessione del nulla osta rilasciato nei riguardi militari, risu tasse che il concessionario al quale il nulla osta stesso si rilasc non agisce per proprio conto, ma bensì per conto ed interes di terza persona, figurando esso come un semplice compiacen o qualunque interessato prestanome, l'Autorità militare si serva il diritto di revocare ecc. » può essere sostituita nel mo seguente: « Qualora da informazioni o da indagini posteri alla data della presente concessione, risulti che il concessiona non agisca per proprio conto, bensì per conto ed interesse terzi *non graditi dall'Amministrazione militare*, questa pot ecc. ecc. ».

Come al Num. precedente, ivi, pag. 590.

223 – *Concessioni idroelettriche - Clausole nell'interesse de difesa nazionale - Richiamo delle disposizioni vigenti ne zone militarmente importanti.*

Fra le clausole del disciplinare che richiamano tutte le disp sizioni delle leggi vigenti in materia di sanità e sicurezza pu blica, quelle concernenti il buon regime delle acque, l'agric tura, la piscicoltura, l'industria può essere introdotta altr apposita disposizione che richiama l'obbligo espresso testu mente di « accettare incondizionatamente (*sic*) tutti gli obblig generali e particolari, previsti dalle norme vigenti in materia concessioni in zone militarmente importanti ».

Come al Num. precedente, ivi, pag. 593.

224 – *Disciplinare di concessione idroelettrica - Clausole salvezza dell'incolumità delle persone e del bestiame Altre clausole precauzionali.*

Ove nell'impianto di una centrale idroelettrica, sia previs l'esecuzione di un serbatoio, può nel relativo disciplinare concessione, essere introdotta una clausola che testualmente i ponga alla Società concessionaria l'obbligo di esecuzione tutte le opere necessarie per garantire l'incolumità delle perso e del bestiame in prossimità del serbatoio. Altre clausole pr cauzionali nello stesso caso, possono inserirsi nel disciplina allo scopo di addossare al concessionario l'obbligo di costrui gli accessi per per permettere l'abbeveramento del bestiame, l'obbligo di costruire e mantenere « tutte le opere necessarie. per la difesa delle proprietà sottostanti al serbatoio ».

D. R. 26 marzo 1931. Concessionaria Soc. Edison. Deriv zione del Toce in Comune di Premia (Novara). Parere Con Sup. LL. PP. 15 ottobre 1930, n. 3216. (*Boll. Min. LL. PI* 1931, p. 2229 e segg.).

NOTE E RIASSUNTI

ALCUNI RAFFRONTI PRATICI CON LA TABELLA DEI COEFFICIENTI DI SCABROSITÀ DI M. STRICKLER

L'apprezzata tabella dei coefficienti di scabrezza per i canali di derivazione, che a suo tempo venne pubblicata da uno dei capi del Servizio federale delle acque di Berna, l'ing. M. Strickler, fu in seguito completata con i coefficienti proposti dal Forchheimer per la formola adottata da entrambi i nominati autori :

$$V = M R^{\mu} J^{\nu}$$

ove :

V = velocità media dell'acqua in m/sec;
M = coefficiente di attrito;
R = raggio medio in m;
J = pendenza in m per ml;
μ e ν sono due esponenti fissi che, secondo lo Strickler, hanno i valori : $\mu = 2/3$ e $\nu = \frac{1}{2} = 0{,}50$;

mentre il Forchheimer, ricavandoli anche da circa 40 risultati di esperienze eseguite in maggior parte negli Stati Uniti su condotte di calcestruzzo di diametro interno compreso tra 203 e 5486 mm e riunite a cura di M. Fréd, C. Scobey (1920), assegna ad essi i valori :

$$\mu = 0.70 \quad \text{e} \quad \nu = 0.50$$

Lo Strickler ha riassunto il copioso materiale statistico di esperienze a sua disposizione nella *tavola A*. dianzi accennata, che più sotto si riporta.

In essa, oltre ai coefficienti relativi alla enunciata formula, si espongono quelli pertinenti alle altre formole più in uso nella idraulica pratica, distinguendo ben undici categorie di diversi rivestimenti di canali o condotte, nuove oppure usate.

È bene pertanto richiamare le varie formole contemplate.

Si omette di ripetere quelle del *Bazin - Ganguillet & Kutter - Kutter semplice*, ormai universalmente conosciute, per limitarci alle importanti formole di *Lang* e di *Biel*, ambedue del 1907.

Formola Lang.

$$J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

TAVOLA A.

TABELLA DI M. STRICKLER

Valori medi del coefficiente di scabrezza nei canali di derivazione (per velocità normali di efflusso comprese tra 1.50 e 4.50 m/sec

Categoria N°.	NATURA DEI RIVESTIMENTI	Strickler	Forchheimer	Bazin (1887)	Ganguillet e Kutter	Kutter semplice	Biel (1907)	Lang
		M_S	M_F	γ	n	m	b	α
I	Intonaco ben lisciato di cemento o condotte metalliche nuove catramate o tavole piallate collegate a combasiamento	100	102	0.06	0.010	0.15	0.018	0.012
II	Intonaco di cemento ordinario (lisciato ma non levigato) o condotta di ghisa nuova	90	92		0.012		0.036	
III	Rivestimento di calcestruzzo, non intonacato, reso uniforme in seguito all'azione dell'acqua corrente o pietra da taglio lavorata	80-90	87				0.054	
IV	Calcestruzzo ruvido che conserva le tracce dell'armatura o conci di pietra lavorata alla grossa o tavole segate non piallate e accostate	70-80	77	0.16	0.013	0.35	0.072	0.020
V	Condotta metallica in servizio corrente erosa, oppure canale in pietrame squadrato, o con platea ingombrata da depositi di sabbia fine	60-70	66	0.64	0.017		(0.18)	
VI	Rivestimento di pietrame a blocchi o con platea con deposito di ghiaia minuta	50-60	56	0.85	0.02		(0.29)	
VII	Profilo misto : platea rivestita di calcestruzzo non intonacata e il resto del profilo in roccia non rivestita	45	46		0.022			
VIII	Profilo in roccia regolarizzata o rivestimento a secco con sassi non lavorati	40	41	1.30	0.025		(0.50)	
IX	Canale con forte deposito di ciottoli irregolarmente disposti	25-35	28	1.75	0.030		(0.75)	
X	Profilo in roccia non regolarizzata, in grande sezione	20-30	25				(0.90)	
XI	Profilo completamente irregolare come sopra, ma in piccola sezione	15-20	18					

NB. - I valori tra parentesi non sono tratti dall'autore della formola, ma si sono calcolati a titolo comparativo.

TAVOLA B.

TABELLA DEI COEFFICIENTI DI SCABREZZA

desunti dalle esperienze del canale « Nuova Molina » (1904) e dei grandi sifoni di cemento armato dell'Acquedotto Pugliese (1920).
(*V. Giornale del Genio Civile* 1905 (pag. 169) *e Annali delle utilizzazioni delle Acque, anno* 1926, *vol. III°, fasc. I°.*)

N°. Esperienza	Portata in m³/sec	SEZIONI E NATURA DEL RIVESTIMENTO	COEFFICIENTI DELLE VARIE ESPERIENZE: Strickler M_S	Forchheimer (1920) M_F	Bazin γ	Ganguillet e Kutter n	Kutter semplice m	Biel b	Lang α	Categorie secondo la tabella Strickler
		CANALE A PELO LIBERO								
		Derivazione « Nuova Molina » (acque del fiume Brenta								
		Sezione A.								
		Pareti intonacate e lisciate con malta di cemento - platea di calcestruzzo non intonacata.								
1	2,183	....	73.4	74.8	0.223	0.0136	0.37	0.073	0.016	IV
2	2,257	....	73.4	74.8	0.221	0.0136	0.37	0.073	0.016	
3	2.355	....	69.1	70.2	0.285	0.0145	0.44	0.094	0.018	
4	4,309	....	72.8	73.5	0.216	0.0137	0.38	0.072	0.015	
		Sezione B.								
		Pareti e fondo di calcestruzzo di cemento non intonacati								
1	4.355	....	61	61.4	0.423	0.016	0.62	0.146	0.021	V
		Pareti e fondo di calcestruzzo di cemento non intonacati. (Platea alquanto ingombra di ghiaia)								
1	2.019	....	50.1	50.8	0.689	0.019	0.91	0.266	0.034	VI
		Sezione C.								
		Piedritti di muratura di pietrame grezzo disposto regolarmente e non intonacati e platea di calcestruzzo non intonacata.								
1	2.514	....	36.8	37.2	1.259	0.026	1.57	0.59	0.062	VIII
2	3.536	....	44.2	44.6	0.911	0.022	1.18	0.37	0.042	
		Rivestimento come sopra, ma platea alquanto ingombrata di ghiaia								
1	1.214	....	35.1	35.8	1.277	0.027	1.58	0.635	0.076	IX
2	1.238	....	31.6	32.2	1.508	0.030	1.84	0.80	0.091	
		CANALE IN CONDOTTA FORZATA DI CEMENTO ARMATO - SIFONI DELL'ACQUEDOTTO PUGLIESE								
		Sifone Palazzo S. Gervasio.								
		N° 2 tubazioni c. armato, diam. 1650 mm intonacate e levigate all'interno con malta di cemento; lunghezza m 4342.								
1	2.109	....	90.3	93	0.074	0.0113	0.181	0.0195	0.0113	tra I e II
2	2.275	....	91.8	94.5	0.064	0.0112	0.169	0.0171	0.011	
3	2.387	....	91.1	93.8	0.069	0.0113	0.175	0.019	0.0112	
		Sifone Locone.								
		N° 2 tubazioni c. armato, diam. mm 1500 intonacate e lisciate all'interno con malta di cemento; lunghezza m. 1094.								
1	2.109	....	89.3	92.2	0.090	0.0115	0.195	0.0281	0.0121	II
2	2.263	....	90.5	93.5	0.080	0.014	0.184	0.0256	0.0117	
		Sifone Fiumara di Venosa.								
		N° 2 tubazioni c. armato, diam. mm 1600 intonacate e lisciate all' interno con malta di cemento; lunghezza m 685.								
1	2.109	....	87.6	90.3	0.099	0.0117	0.208	0.0304	0.0123	II
2	2.275	....	83.9	86.5	0.132	0.0122	0.246	0.041	0.0136	
3	2.387	....	87.4	90.1	0.101	0.0117	0.211	0.0388	0.0124	
		Sifone Calcarai.								
		N° 2 tubazioni c. armato, diam. mm 11000 intonacate e lisciate all'interno con malta di cemento; lunghezza m 450.								
1	2.109	....	83.35	85.74	0.133	0.0122	0.250	0.040	0.0134	II
2	2.237	....	85.2	87.7	0.115	0.012	0.229	0.035	0.0128	
3	2.397	....	87.1	89.6	0.099	0.0117	0.211	0.0307	0.0122	

per condotte circolari in pressione, essendo D il diametro, e il parametro

$$\lambda = \alpha + \sqrt{\frac{\pi M}{D V}}$$

ove α è il coefficiente di attrito, M il modulo di fluidità del liquido.

Essendo d'ordinario $\sqrt{\pi M} = 0.002$

sarà, come è facile riscontrare (cfr. rel. (2))

$$\alpha = \frac{78,4}{N^2} - \frac{0,001}{\sqrt{R V}}$$

ove R è il raggio medio della sezione bagnata.

Formola Biel.

Per canale a pelo libero:

$$V = N \sqrt{R J} \qquad \text{ove } N = \sqrt{\frac{2g}{\varphi}} \qquad (1)$$

in cui:

$$\varphi = 0,0196 \left\{ 0.12 + \frac{b}{\sqrt{R}} + \frac{C(t_0)}{V \sqrt{R}} \right\}$$

essendo $C(t_0)$ il coefficiente di viscosità alla temperatura t_0 e b il coefficiente di attrito.

Per condotta circolare forzata, sostituendo ad R il valore $D/4$ e ponendo:

$$\lambda = 4 \cdot \times 0,0196 \left\{ 0.12 + \frac{2b}{\sqrt{D}} + \frac{2C(t_0)}{V \sqrt{D}} \right\} = 4\varphi$$

si avrà, sostituendo nella (1):

$$N = \sqrt{\frac{8g}{4\varphi}} = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \qquad (2)$$

Nella citata tavola A sono interessanti quelle categorie intermedie della superficie intradossale del condotto che rispondono nella pratica a quello che si dice lo «stato in servizio corrente», al quale ogni progettista, per buona regola, deve riferirsi.

Per quanto lo si ritenga superfluo, piace ricordare che sarebbe erroneo, ad esempio, calcolare un canale intonacato con malta di cemento e lisciato accuratamente, senza tener conto della qualità, delle acque che dovranno passare, della loro possibile torbidità, della velocità e infine della circostanza che possano avvenire trascinamenti di materiali solidi, talchè in breve tempo il condotto perderebbe la sua originaria levigatezza per divenire più o meno rugoso.

Ne consegue che per la scelta della formola più adatta e per la assegnazione del relativo coefficiente di scabrezza, potrà essere utile ed alcune volte indispensabile di consultare dati pratici di esperienze dirette, specie se queste riguardano condutture che abbiano eventualmente caratteristiche eguali o poco diverse dal caso che intendesi trattare.

Riferendomi quindi ad alcune mie vecchie esperienze, ho stimato utile riassumerne i risultati nella tavola B, qui riportata, che contempla le stesse formole assunte dallo Strikler.

Per chi non avesse modo di consultare le note con le quali furono descritte le accennate esperienze, si danno i dati di forma e pendenza del canale a pelo libero esperimentato:

Sezione A. – Forma trapezoidale, larghezza al fondo m 1,55; altezza m 1,85; larghezza in sommità m 5,25; inclinazione dei piedritti 1 :1; pendenza del fondo m 0,0003 per m.

Sezione B. – Identica alla precedente, varia la scabrezza del rivestimento.

Sezione C. – Forma leggermente trapezoidale. Larghezza al fondo m 2,60; altezza m 1,65; larghezza in sommità m 3,42; inclinazione dei piedritti 0,25; pendenza del fondo m 0,0003 per m.

Circa le esperienze fatte su condotte forzate in cemento armato (sifoni), i dati costruttivi sono indicati nella stessa tabella B, nella quale sono pure menzionate le memorie relative allora pubblicate.

ING. ALBERTO BORDINI.

Chiavenna, novembre 1931-X.

LO STATO ATTUALE DELLA SIDERURGIA E DELL'ELETTROSIDERURGIA E POSSIBILITA' DI SVILUPPO DELLE APPLICAZIONI ELETTRICHE DAI RISULTATI DEL CONGRESSO E DELLA ESPOSIZIONE INTERNAZIONALE DI FONDERIA (MILANO - SETTEMBRE 1931).

Premetteremo subito che il VI Congresso Internazionale di Fonderia, per la prima volta tenutosi in Italia nel settembre scorso, ha avuto un pieno successo per il forte numero di inscritti, per la vasta rappresentanza degli Stati esteri e per l'importanza degli argomenti trattati.

Non meno interessante è riuscita l'Esposizione di Fonderia che ha raccolto, con ordine severo, nel Palazzo della Meccanica, tutto quanto ha riferimento con questa importantissima branca delle tecnologie meccaniche.

La mostra retrospettiva di suggestivo interesse storico ha poi dato un'idea chiara dello svolgersi di una scienza e di un'arte più che millenaria.

Per quanto ha attinenza all'impiego dell'energia elettrica nel campo siderurgico possiamo riassumere brevemente, da uno sguardo rapido ai risultati del Congresso, alla Mostra e da diversi stabilimenti, quanto segue:

Nell'ambito dell'alta siderurgia la produzione della ghisa dal minerale è ancora ottenuta da noi unicamente attraverso l'alto forno a coke. Gli alti forni elettrici tipo norvegese da 3000 kW previsti per una produzione giornaliera di circa t 30 di ghisa ciascuno, installati a Cogne nel 1922, sono stati sostituiti quasi subito da alti forni comuni, nei quali cioè oltre la riduzione degli ossidi, anche il calore per la fusione del ferro è data dal coke. Sembra che anche un bassissimo prezzo dell'energia elettrica non regga ancora nei confronti del coke.

B. B. Dupuis ha riferito invece sulla fabbricazione della ghisa sintetica al forno elettrico ricarburando il rottame di ferro, industria sorta durante la guerra ma ancora proficuamente esercitata quando viene specialmente favorita dal basso prezzo dell'energia elettrica, da quello dei rottami di ferro e dalle quotazioni delle ghise d'alto forno. Secondo Dupuis questo genere di produzione può essere seriamente incoraggiato da noi impiegando rottame leggero difficilmente realizzabile nella pratica siderurgica (scatolame stagnato, ecc.) utilizzando stagionalmente l'energia di supero delle centrali idroelettriche per produrre ghise speciali, attualmente importate quasi esclusivamente dall'estero.

A conferma di quanto ha riferito Dupuis al Congresso sta il fatto che la ghisa elettrica prodotta nel 1929 in Italia fu di t 13 000, salì nel 1930 a t 26 500 e nei primi 9 mesi del 1931 ha già raggiunto il quantitativo di t 34 000. Vi sono impianti in Valle Camonica (Breno, Forno Allione) ma la produzione di questi stabilimenti è irrisoria in confronto alla produzione degli alti forni.

Per le ghise ad alta resistenza e perlitiche, l'Esposizione e le visite compiute dimostrano senz'altro come sia questo il campo in cui i fonditori si dedicano attualmente con maggiore interesse e che i tecnici studiano con risultati lusinghieri.

Difatti si sono realizzati negli ultimi dieci anni progressi notevolissimi, riuscendo ad utilizzare in molte costruzioni, specie automobilistiche, la ghisa in sostituzione di bronzo, ottone, alluminio, rame e in qualche caso anche dell'acciaio stampato e dell'acciaio fuso. I fonditori hanno potuto elevare le caratteristiche meccaniche della ghisa da una resistenza ($8 \div 10$) kg/mmq a ($35 \div 40$) kg/mmq senza aggiunte speciali e senza trattamenti ulteriori, solo dosandone opportunamente i componenti normali. Per produrre queste ghise il cubilotto ordinario non serve per la sua azione ossidante su alcuni componenti e per l'inevitabile carburazione della ghisa. Alcune fonderie vi hanno applicato l'avancrogiolo riscaldato a nafta per surriscaldare la ghisa; i più accorti però sono ricorsi al forno elettrico, sia adoperato da solo sia abbinato al cubilotto.

Un esempio al riguardo si ha nella Fonderia Milanese d'acciaio, dove la miscela ghisa ed acciaio viene fusa al cubilotto e la massa travasata poi semi-fusa nel forno elettrico.

In questo si possono fare tutte le aggiunte possibili e raggiungere facilmente le temperature desiderate per distruggere anche i fenomeni di eredità.

I forni elettrici per la produzione di queste ghise speciali, principalmente la perlitica, sono costruiti secondo gli stessi principi dei forni elettrici per acciaio, salvo le diverse proporzioni del crogiolo e degli elettrodi, nonchè la diversa tensione di alimentazione.

Le ghise così ottenute per la densità massima del metallo e per la loro struttura omogenea hanno una resistenza costante in tutte le sezioni ed i getti non subiscono deformazioni fino a $450^\circ \div 500^\circ$ C.

Sullo stato attuale dei forni elettrici fusori il Prof. O. Scarpa ha presentato un'interessantissima memoria al Congresso dei Tecnici Metallurgici.

Per la produzione di ghise temprate e ipertemprate principalmente usate per i grossi cilindri da laminatoi, l'uso del cubilotto non è più possibile e si ricorre a forni a suola o a forni elettrici; questi, secondo del Grosso, sono preferibili perchè le caratteristiche meccaniche e la resistenza all'usura dei cilindri risultano molto migliori: una partita di cilindri finitori di un trio di laminazione di travi PN 140/160 hanno laminato un tonnellaggio del 32 % superiore a quello laminato da cilindri fusi al forno a riverbero.

Per la produzione della ghisa malleabile la quale, nonostante la concorrenza fattale dagli altri prodotti siderurgici (acciaio fuso, acciaio stampato), ha ancora larghissime applicazioni malgrado il suo costo elevato; Wollenigh al Congresso ha affermato che sono preferibili i forni a nafta o meglio ancora i forni elettrici per superare facilmente la difficoltà di conservare la composizione della ghisa. Per la ricottura poi, sia che si segua il processo rapido (circa 40 ore) o il lento (70-75 ore), si devono raggiungere e mantenere temperature ben determinate e costanti; nel processo lento si deve diminuire la temperatura quasi insensibilmente (pochi gradi all'ora), per cui quasi tutti i produttori di simili ghise sostituiscono con forni elettrici quelli a nafta; la facile regolabilità porta ad un prodotto notevolmente migliore.

La produzione dell'acciaio comune in Italia si fa ancora in massima parte al forno Martin-Siemens, quantunque si affermi che nel rapporto tra produzione di acciaio al forno elettrico e produzione totale, l'Italia sia al primo posto.

In questo campo è doveroso citare la Fonderia Milanese di Acciaio, la prima in Italia che nel 1888 cominciò a produrre getti di acciaio al convertitore, che nel 1900 iniziò la fabbricazione con forni Martin-Siemens e che nel 1910 installò i primi forni elettrici Stassano.

La nostra produzione di acciaio nel 1930 fu complessivamente, fra lingotti e getti, di circa t 1 743 000, per il 1929 è stata valutata in circa t 3 000 000, di cui 1/8 al forno elettrico.

I forni ad arco più diffusi sono del tipo Hèroult con capacità che vanno fino alle 15 e 20 t; il consumo di energia elettrica, da una relazione dell'Ing. Sanmarco, risulta, per forni di media potenza, di circa 750 kW/t di acciaio prodotto e, perchè ci sia convenienza a sostituirlo al forno Martin, l'energia elettrica non dovrebbe avere un prezzo superiore a 10 cent/kWh. Non essendo stato possibile avere a tali condizioni una fornitura continua e costante, molte acciaierie, quelle di Dalmine, della Breda, delle Acciaierie e Ferriere Lombarde, della Siderurgica Togni, ecc. hanno installato i due impianti, l'elettrico e il Martin.

Più che per la grande produzione di acciaio il forno elettrico può trovare applicazione nelle fonderie a marcia discontinua dove l'impiego del forno ad induzione senza nucleo magnetico dà la possibilità di vuotare completamente il crogiolo ad ogni colata, senza tener conto di tutti gli altri vantaggi tecnici siderurgici che distaccano nettamente questo tipo di forno da tutti gli altri finora in uso.

Nelle officine piccole, poi, il forno elettrico trova utile applicazione perchè richiede minore spesa di impianto in confronto al Martin, più facile messa in marcia e, quando si vogliono fare acciai speciali dove non si ha normalmente un affinaggio, ma semplicemente una fusione di materiali già dosati, il forno elettrico si è imposto anche per i risultati tecnici, potendosi avere una buona regolabilità della temperatura e un'atmosfera non ossidante, si riducono così al minimo le perdite e i notevoli vantaggi che si hanno (miglior prodotto e suo maggior costo), permettono di pagare un prezzo dell'energia elettrica anche più elevato.

Per quanto riguarda i trattamenti termici degli acciai, la cementazione e la tempera, si nota una certa diffusione dei forni elettrici a resistenza; il tipo Ferrè per esempio è tra quelli che incontrano per le cementazioni il maggior favore. Per la tempera vanno anche diffondendosi i forni Barfield con rivelatore elettromagnetico, che ha il vantaggio per molti tipi di acciai di indicare quando le varie trasformazioni del ferro si completano e quindi il momento opportuno per temprare. Per la tempra degli acciai rapidi il forno elettrico è oggi quasi universalmente impiegato, potendosi solo con questo raggiungere le temperature di 1200°÷1300° necessarie per tale operazione. Vi sono più Ditte che li costruiscono, simili tra loro: sono a bacchette di carborundum o slitte per la muffola ad alta temperatura (1200°÷1300°) e ancora a bacchette di silite o a comuni resistenze di nichel-cromo per le muffole di preriscaldo (900°).

La produzione dei metalli diversi dal ferro (rame, alluminio, zinco) dai loro minerali si fa da noi per via elettrica, la rifusione invece degli stessi e la formazione delle leghe in molte piccole officine, che sono le più diffuse, si fa ancora in forni a crogiolo riscaldato a nafta o a carbone coke. Solo le grandi officine hanno installato forni elettrici, specialmente a induzione con nucleo, i quali dànno un metallo omogeneo e ciò per le azioni elettrodinamiche che si determinano nella massa del metallo stesso e vi provocano un violento rimescolamento e risparmiano un lavoro poco agevole.

Inoltre potendosi anche tenere il forno chiuso, non si hanno perdite del materiale per ossidazione e si ha soltanto metallo puro. Questi forni sono sostanzialmente dei trasformatori monofasi il cui primario è alimentato da un autotrasformatore direttamente dalla rete a bassa tensione. Il secondario è formato da una sola spira costituita dal metallo fuso. Il più comune ha la capacità di (300÷600) kg, con una potenza assorbita rispettivamente di (80÷150) kW, con fattore di potenza 0,70÷0,75 e consumo di energia (compreso l'avviamento, servizi ausiliari, ecc.), che si aggira su (230÷250) kWh/t prodotta.

Per i trattamenti termici di questi metalli e loro leghe il forno elettrico si è dimostrato ancora più indispensabile che non per i trattamenti su ghise e acciai, perchè solo con queste si possono ottenere atmosfere neutre necessarie per metalli o leghe facilmente ossidabili. Le stesse considerazioni valgono per metalli leggeri, alluminio o magnesio; all'esposizione figuravano molte di queste leghe che hanno tanta importanza specialmente per le costruzioni areonautiche: sono tutte a basso punto di fusione e si ottengono quasi esclusivamente col forno elettrico, perchè, come si è detto, solo con questo si può avere un'atmosfera neutra e si può regolare la temperatura e mantenerla bassa, impedendo l'assorbimento di gas da parte del metallo fuso.

Per quanto riguarda l'essicamento delle staffe nelle fonderie in cui non si lavora in verde, vi è ancora molta strada da fare. Il riscaldamento delle stufe è quasi ovunque a carbone e in molti casi anche irrazionale e con perdite enormi. L'energia elettrica potrebbe essere vantaggiosamente sostituita potendo dare un essicamento razionale e uniforme.

Le anime, dove vengono fabbricate con sabbia e olio di lino, sono essicate pure in stufe a circa (200÷250)° C; alcune fonderie, come la Fiat, hanno l'essicamento elettrico; riscaldano con semplici resistenze in ghisa. Altre, come la Società Nazionale Radiatori, stanno esperimentando un essiccamento a corrente di aria calda; che sembra essere più razionale, perchè usando l'olio di lino si deve operare anche, e sopratutto, una ossidazione dell'olio perchè possa formare la pellicola che darà all'assieme la resistenza necessaria.

***

Concludendo: nella rapida gita compiuta attraverso numerosi Stabilimenti ed Officine si è constatato che nei confronti delle applicazioni elettriche vi è un sensibile sviluppo nelle industrie siderurgiche ed in particolare nelle fonderie, limitatamente però alle grandi Ditte le quali sono state spinte a ricercare sopratutto il miglioramento del prodotto.

Ma il numero grandissimo delle piccole officine esistenti in Italia condotte ancora oggi con criteri antiquati, dovrebbe costituire il campo migliore per un più grande sviluppo delle applicazioni elettriche.

Il forno elettrico ad induzione senza nucleo a media e ad alta frequenza, uscito dal campo sperimentale si profila già come l'apparecchio destinato al più grande avvenire.

Come chiusa a queste brevi note aggiungiamo che i Congressisti stranieri hanno potuto constatare, nelle visite attraverso le varie regioni, che l'Italia di oggi non offre soltanto un particolare interesse naturale, artistico e storico, ma dimostra la grande capacità fattiva ed organizzattrice che ha la sua Industria.

R. V.

Ottobre 1931-IX.

L'ENERGIA ELETTRICA NELLE FABBRICHE DI CEMENTO

Ci riferiamo qui particolarmente alle fabbriche di cemento Portland (artificiale a lenta presa) con cottura al forno rotativo, caratterizzate queste da grande sviluppo dell'apparecchiatura meccanica, che rende molte fasi della lavorazione completamente automatiche.

La produzione italiana di cementi si aggira complessivamente su 2,5 milioni di tonnellate; di essi la produzione di cemento Portland al forno rotativo è inferiore alle metà, la tendenza odierna è però quella di trasformare la vecchia industria dei cementi naturali cotti al forno verticale in quella di Portland.

Il consumo di energia in una moderna fabbrica del genere indicato si agira sulle 100 kWh per tonnellata di prodotto; fabbriche di media importanza hanno produzioni annue di 50÷100 mila tonnellate di clincher, sicchè un consumo annuo di energia di 5÷10 milioni di kWh. Come utenti di una rete di distribuzione queste fabbriche hanno al loro attivo continuità e costanza

di carico in un grado elevato, poichè le macchine che assorbono la maggiore parte dell'energia funzionano in media 22 ore su 24.

Inoltre si può sempre predisporre l'impianto in modo da evitare eccessive punte di carico. Così in America si adoperano in questi impianti dei sistemi di limitatori che pongono automaticamente fuori servizio uno o più motori prestabiliti, allorchè il carico eccede il limite normale (1).

Interruzioni di corrente sono tollerabili da diverse parti dell'impianto, sono invece dannosissime per i forni poichè un arresto di qualche ora, oltre che provocare ingenti perdite di calore, obbliga a ripetere il lungo periodo di avviamento e principalmente nuoce al rivestimento refrattario.

Le principali operazioni del diagramma di trasformazione della materia prima in prodotto si riassumono in : 1) macinazione della miscela calcare argilla; 2) cottura; 3) macinazione del clincher. La parte preponderante di lavoro motore è assorbito dalle operazioni di macinazione. Si macinano le materie prime ad estrema finezza: passaggio al vaglio da 4900 maglie per cmq, ad analoga finezza viene ridotto il clincher. Inoltre deve essere finemente polverizzato anche il carbone che alimenta la combustione nel forno rotativo.

Per la macinazione di una tonnellata di clincher occorrono kWh $32 \div 38$; per la miscela grezza corrispondente a una tonnellata di prodotto il lavoro motore occorrente si aggira pure sulla suddetta cifra, ma può variare sensibilmente secondo le proprietà fisiche delle materie adoperate. Analogamente in corrispondenza a una tonnellata di prodotto occorrono circa 6 kWh per la macinazione del carbone. Complessivamente quindi le operazioni di macinazione assorbono kWh $70 \div 80$ per ogni tonnellata di cemento (non addizionato a sostanze inerti).

I mulini oggi universalmente adoperati in questa industria, almeno per le materie prime e il clincher sono del tipo a corpi macinati liberi, formati da carcasse cilindriche a scomparti con cariche di sfere di grandezza decrescente, aventi una produzione corrispondente alla produzione di un forno rotativo, cioè alcune tonnellate-ora e richiedono motori da $360 \div 600$ kW. Sono macchine a grande inerzia, che all'avviamento abbisognano di una coppia motrice molto maggiore di quellla di regime circa 1,8. Il corpo cilindrico del mulino gira a piccola velocità: $20 \div 30$ giri al minuto, nella maggiore parte dei casi esso porta una corona dentata fissata in periferia, la quale ingrana con un pignone calettato all'albero destinato al moto, albero questo girevole a $140 \div 180$ giri al minuto (2). Il collegamento di questo albero al motore può farsi:

1) direttamente attraverso un giunto elastico;
2) con puleggie e cinghia;
3) attraverso un riduttore di velocità ad ingranaggi elicoidali e giunto elastico.

Può raramente la macchina non comprendere la coppia d'ingranaggi e la riduzione di velocità viene effettuata:

4) attraverso un riduttore di velocità ad ingranaggi elicoidali, collegato con giunto ad uno dei perni su cui ruota la macchina.

Nel caso 1) occorre un motore a elevato numero di poli, negli altri casi si può adoperare un motore più o meno veloce in relazione al rapporto di riduzione del mezzo meccanico interposto fra mulino e motore. Il metodo 1) presenta gli inconvenienti propri dei motori molto lenti, il 2) è completamente abbandonato nei nuovi impianti, perchè eccessivamente ingombrante, il metodo 3) sembra attualmente il più conveniente, dal lato economico rispetto anche al 4).

In tutti i casi è possibile l'uso del motore a riduzione ad anelli, il quale può assumere con l'inserzione di opportune resistenze al circuito rotorico, la coppia d'avviamento richiesta. Quando si mira a raggiungere un elevato fattore di potenza nell'impianto, per il comando di questi mulini si presenta l'opportunità di usare motori che a regime funzionano come sincroni data la costanza della coppia resistente. Siccome però il comune sincrono non dà all'avviamento la coppia motrice necessaria così si impiegano motori sincroni speciali, come l'autosincrono ad alta coppia d'avviamento, l'asincrono sincronizzato, ecc., motori che hanno al rotore speciali circuiti ausiliari che, opportunamente inseriti, trasformano il motore in asincrono nel breve periodo di avviamento.

Particolari esigenze nei riguardi del moto ha il forno rotativo. Le dimensioni del forno possono essere diverse. I forni più grandi raggiungono fin 100 m di lunghezza e un peso di 400 tonnellate. A parte questi casi eccezionali, i forni comunemente installati negli impianti moderni hanno la lunghezza di $60 \div 80$ metri e richiedono un motore $45 \div 60$ HP, hanno un moto di rotazione lentissimo, $1/2 \div 2$ giri al min. che deve potersi variare fino a metà della velocità normale. Nelle vecchie istallazioni si provvedeva a tale variazione di velocità mercè un doppio rinvio a cinghia con rapporto di riduzione variabile. Oggi si preferisce l'impiego di motori a velocità regolabile e si collega il motore attraverso un riduttore di velocità all'albero del pignone che ingrana con la corona dentata del forno.

L'ampia variazione di velocità richiesta è consentita per esempio dai motori a corrente continua, compound, ma raramente nello stabilimento si dispone di tale corrente nè è conveniente eseguire la conversione della corrente alternata per questo solo scopo. I motori a corrente alternata a collettore consentono le variazioni richieste con un rendimento abbastanza elevato e varie cementerie hanno adottato motori di tale specie. Attualmente però è più comune l'impiego dell'asincrono con riduzione di velocità ottenuta con l'inserzione di resistenze al circuito rotorico. Il rendimento del motore si abbassa con la velocità, però, se il sistema è proporzionato in modo che il motore dia la sua velocità massima a marcia normale del forno, la diminuzione di velocità si riferisce solo a periodi di eccezione (accensione del forno, inconvenienti di cottura ecc.) per cui il danno rimane limitato.

I motori occorrenti per gli altri servizi della fabbrica non offrono particolarità notevoli, sono motori a velocità normali del tipo a induzione con rotore a gabbia di scoiattolo per i piccoli (elevatori, trasformatori, insaccatrici, ecc.) o ad anelli per i più grossi (frantumatori, pompe, ecc.).

Per i compressori d'aria, usati specialmente per i trasporti pneumatici si adoperano anche motori sincroni.

Nei vecchi impianti per la manutenzione dei motori elettrici preoccupava l'ambiente polveroso in cui erano installati, oggi l'inconveniente è eliminato dall'uso dei filtri della polvere.

I mulini, da cui la polvere può sprigionarsi, vengono posti in leggera depressione rispetto all'ambiente esterno aspirando l'aria polverosa attraverso filtri di tessuto, che restituiscono la polvere separata.

***

All'argomento della provvista di energia per le fabbriche di cemento si connette anche quello del ricupero di calore dai forni rotativi, ossia la utilizzazione del calore residuo dei gas di tali forni per la produzione termica di energia.

Le reazioni endotermiche che hanno sede nel forno si producono ad una temperatura minima di 900° circa (dissociazione del carbonato) al disotto di tale temperatura l'assorbimento utile di calore da parte del materiale non può che suscitarne l'essiccazione e l'innalzamento di temperatura fino a quello di dissociazione. Se il sistema di fabbricazione è quello a secco il calore residuo dei gas del forno (prodotti di combustione e anidride di dissociazione) è notevole. Da qui l'applicazione di speciali installazioni di caldaie funzionanti coi gas di scarico. La quantità di calore residuo relativa all'unità di prodotto può variare con le circostanze fra cui quella che può avere una spiccata influenza si riferisce alla lunghezza del forno, giacchè col variare di questa può variare la quantità di calore utilmente assorbita.

In condizioni particolarmente propizie il ricupero di calore è stato tale da provvedere a tutto il lavoro motore dello stabilimento. Con l'impiego di forni lunghi, quali adopera la moderna industria, si potrà ricavarne tutto il vapore occorrente per l'energia di moto col mezzo delle caldaie di ricupero solo a spese di un quantitativo di combustibile maggiore di quello strettamente necessario alla cottura. Le installazioni di caldaie per questo ricupero hanno particolarità che le distinguono dagli impianti a focolare. La temperatura relativamente bassa dei gas consente pressione e surriscaldamento limitati. La trasmissione del calore è meno attiva, quindi la produzione di vapore per mq di superficie riscaldata è bassa; mentre ordinariamente nelle caldaie a tubi d'acqua si possono raggiungere trenta chilogrammi di vapore per mq qui la produzione è limitata a $5 \div 7$ kg. nelle installazioni meglio provviste con una grande velocità dei gas, conseguita con un energico tiraggio meccanico. Un inconveniente piuttosto grave negli impianti del genere è dato dalla polvere in sospensione nei gas del forno, la quale tende a depositarsi sui tubi della caldaia e costringe perciò a una frequente soffiatura con getti d'aria calda.

In America esistono parecchi di tali impianti di ricupero, anche da noi esistono esempi del genere (Cementerie di Livorno, di Genova e di Valmazzinghi d'Istria).

ING. FRANCO FED. SALERNO.

(1) V. *Electrical Eugineering*, 1931 - I - p. 18.
(2) V. *World Power*, 1928 - II - p. 505.

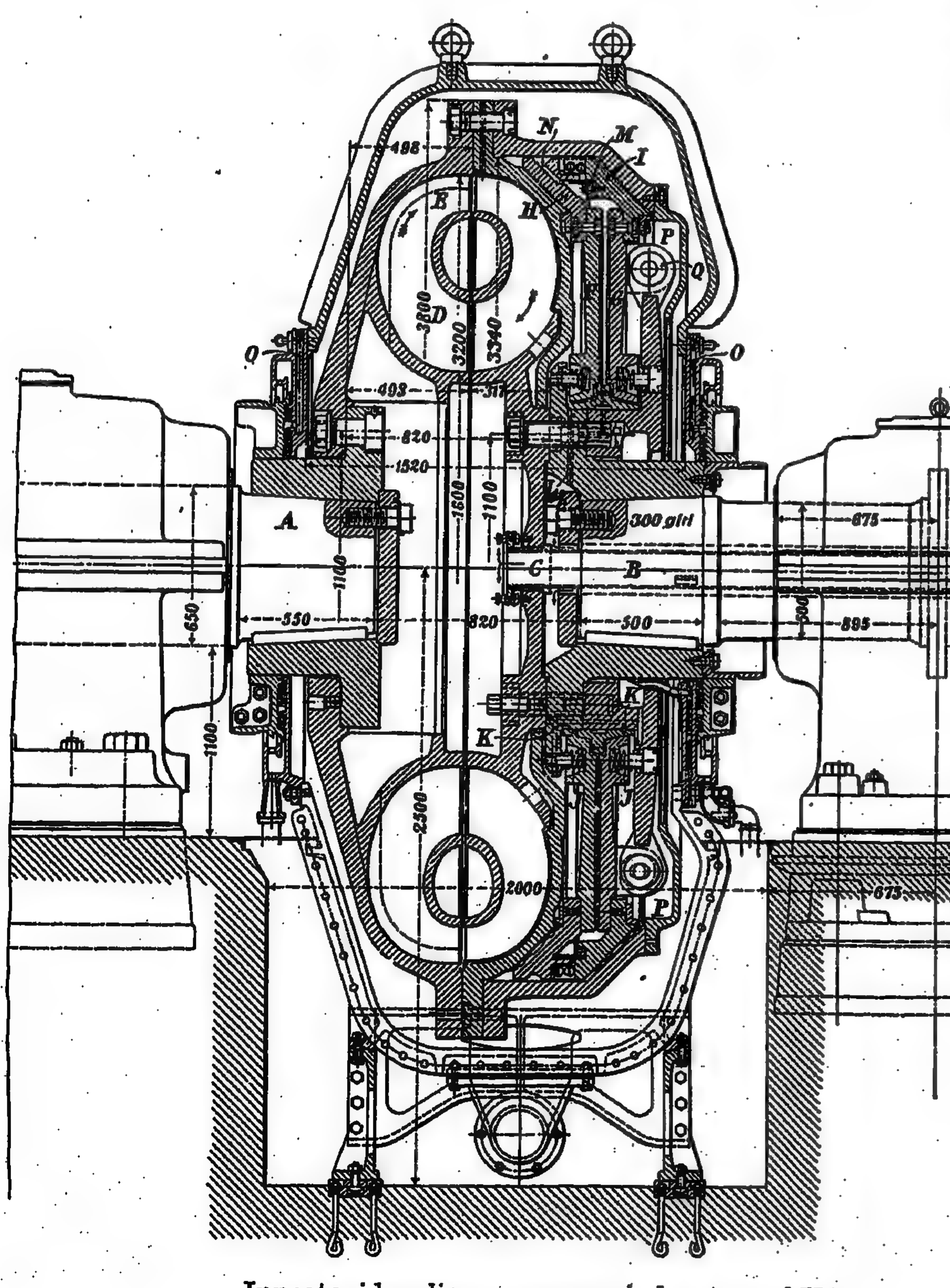
RASSEGNA TECNICA

a)

INNESTO IDRAULICO PER GRUPPI DA 40 000 kVA

Engineering, 3 luglio 1931, pag. 8.

La Casa Voith ha costruito un interessante tipo di giunto idraulico particolarmente adatto per gruppi idroelettrici destinati a funzionare accoppiati a pompe nei periodi notturni per servizio di accumulazione, onde ricavare la massima energia nei periodi di maggior richiesta. Un'applicazione si ha nella Centrale di Herdecke nella Ruhr che contiene 4 gruppi da 40 000 kVA di cui 3 con collegamento a pompe Sulzer della capacità di 36 000 HP e provvisti di tali giunti disposti fra gli alternatori e le pompe. La figura riportata rappresenta la sezione trasversale del giunto, che consiste essenzialmente in un accoppiatoio idraulico Fötinger combinato con un innesto a frizione. L'accoppiatoio porta la velocità della pompa intorno al 15 % della velocità di regime, interviene allora l'innesto il quale stringe fortemente gli elementi, motore e condotto, realizzando così il collegamento meccanico che può essere sciolto solo dal posto di comando. Dalla fig. si rileva la parte motrice a sinistra, la parte condotta a destra. Per la messa in servizio l'acqua in pressione arriva in *C*, attraverso l'albero cavo della pompa, e, circolando nei condotti, nel senso indicato dalle frecce, acquista velocità nell'elemento motore, imprimendo un momento angolare sull'elemento condotto, ciò che provoca un continuo aumento della velocità di quest'ultimo fino a raggiungere l'85% circa di quella dell'albero motore.



Innesto idraulico per gruppi da 40000 kVA.

L'innesto comprende due dischi, *F* e *G*, con le parti striscianti *H* ed *I*; quando l'accoppiamento è staccato essi sono tenuti dalle molle *J* sulle sedi coniche *KK*.

Le superfici stringenti vengono portate a contatto automaticamente dall'acqua che penetra fra i dischi attraverso i fori *L* e non può sfuggire per la presenza di una guarnizione elastica *M*, ad anello. Infatti aumentando la velocità dell'elemento condotto l'acqua è soggetta ad una forza centrifuga che genera una pressione la quale allontana i dischi e porta a contatto della parte motrice le facce *H* ed *I*. Opportuni incastri stabiliscono il collegamento meccanico che è mantenuto anche quando l'acqua non è più immessa nel giunto. Per allentare tale innesto altra acqua viene immessa attraverso le aperture *O*, che comunicano con una specie di giunto a labirinto. L'acqua che penetra nell'interno si raccoglie nello spazio *P P* e sotto la pressione della forza centrifuga spinge i dischi sulle sedi *KK*, separando le parti incastrate, le quali sono tenute poi dalle molle *Q* a cui sono collegate.

Ru

PROTEZIONE CON UN SOLO RELAIS AD IMPEDENZA (b

Siemens Zeitung, ottobre 1931. – Dr. Sorge e Neugebauer.

In questi ultimi anni il relais ad impedenza ha avuto una grande diffusione nella protezione selettiva. Purtroppo però il suo costo lo rende proibitivo nelle linee a bassa tensione ed a piccolo carico.

Per ridurre la spesa di impianto si è cominciato a montare la protezione su due sole fasi al posto di tre e successivamente si è riusciti ad istallare un relais solo con alcuni accorgimenti tecnici.

Vediamo sommariamente la teoria di funzionamento di un relais ad impedenza: esso misura il quoziente tra la tensione e la corrente e determina il tempo di scatto in base a tale valore. Si considerino quindi solo i valori assoluti sia della tensione che della corrente. Le grandezze che interessa di conoscere in un circuito trifase con neutro isolato sono la corrente di linea e la tensione concatenata tra le fasi stesse.

Se invece il neutro non è isolato necessita conoscere in più delle menzionate grandezze anche il valore della corrente in ciascuna fase ed il valore della tensione fra fase e terra.

Le possibilità di corto circuiti in sistemi trifasi sono le seguenti:

1°) Corto circuito bipolare fra 2 delle 3 fasi (3 casi);
2°) » » unipolare fra fase e terra (3 casi);
3°) » » unipolare fra 2 fasi e la terra (3 casi);
4°) » » fra le tre fasi (1 caso).

Quindi per poter determinare tutte le grandezze caratteristiche di un sistema tripolare necessiterebbero 6 relais. Sarà possibile impegnarne un numero minore

ma allora bisognerà che essi abbiano la possibilità di essere commutati su vari schemi.

Si consideri a tale scopo un sistema trifase qualunque con neutro a terra (fig. 1) e le cui grandezze caratteristiche sono indicate in figura. Se esiste in B un corto circuito fra R e S si avrà che la tensione fra le fasi stesse sarà data da

$$U_{RS} = 2\, Z_p\, I_R = 2\, Z_p\, I_S$$

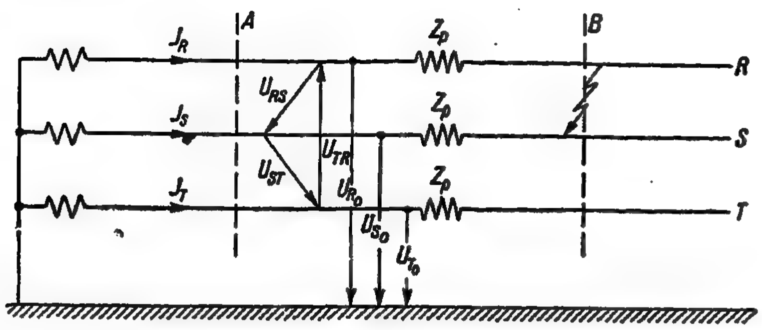


Fig. 1.

Quindi se il relais misura il rapporto fra U_{RS} e I_R esso sarà sensibile ad un valore proporzionale a

$$\frac{U_{RS}}{I_R} = 2\, Z_p \text{ (impedenza del circuito).}$$

Se il relais misura invece il rapporto fra U_{RS} e la differenza fra le correnti I_R e I_S, allora esso sarà sensibile ad un valore proporzionale a

$$\frac{U_{RS}}{I_{RS}} = \frac{2\, Z_p\, I_R}{2\, I_R} = Z_p \text{ (impedenza del tratto di linea fino al corto circuito).}$$

Questa uguaglianza risulta senz'altro evidente ricordando che nel caso considerato è

$$I_R - I_S = 2\, I_R = 2\, I_S$$

Nel caso di un corto circuito fra le tre fasi sarà invece

$$U_{RS} = I_R\, Z_p - I_S\, Z_p = I_{RS}\, Z_p = I_R\, \sqrt{3}\, Z_p$$

Anche in questo caso, se il relais misura il rapporto fra U_{RS} e I_R esso sarà sensibile ad un valore proporzionale a

$$\frac{U_{RS}}{I} = \sqrt{3}\, Zp$$

Mentre se esso misura il rapporto fra U_{RS} e I_{RS}, allora esso sarà sensibile a

$$\frac{U_{RS}}{I_R} = \frac{U_{RS}}{I_R \sqrt{3}} = Z_p$$

Infine quando si è in presenza di un corto circuito bifase a terra, si può ritenere che la misura di tensione fra fase e terra corrisponda a

$$U_e = I\, Z_p \pm I\, Z_e$$

dove Z_e è l'impedenza della messa a terra.

In pratica pare che la impedenza totale di questo circuito sia quasi sempre prossima a quella del caso di un corto circuito fra 2 fasi.

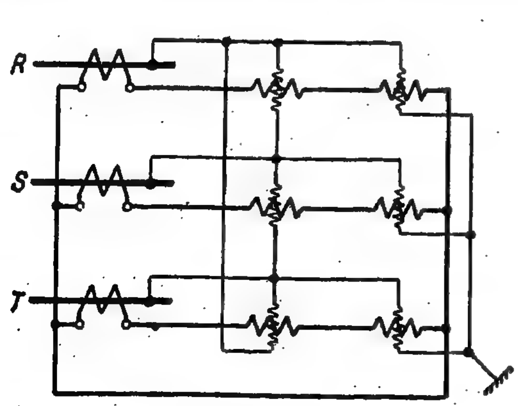


Fig. 2.

1) *Protezione con 6 relais.*

Tutte le possibilità di guasti sono protette in questo caso con relais distinti (fig. 2). In presenza di doppio circuito a terra si utilizza per semplicità la corrente di linea e la tensione concatenata.

2) *Protezione con 3 relais.*

In questo caso (fig. 3) i relais sono normalmente alimentati con la corrente di fase e la tensione concatenata. Qualora subentrasse una doppia messa a terra, allora un relais ausiliario U_E commuta il circuito voltmetrico sulle tensioni di fasi. Detto

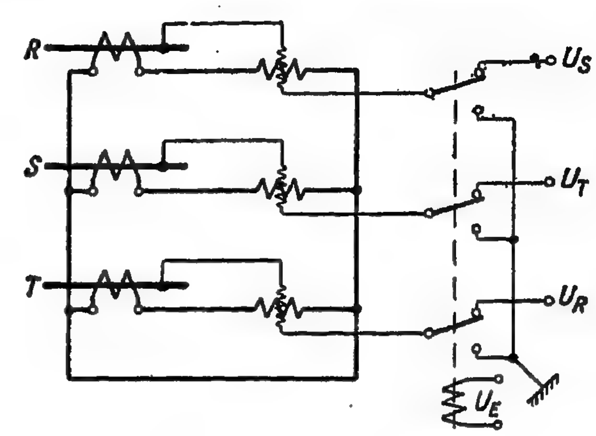


Fig. 3.

relais ausiliario può essere azionato a mezzo delle caratteristiche che subentrano in questo caso, come ad esempio l'assimmetria delle correnti nel neutro, oppure la differenza di tensione fra neutro e terra.

3) *Protezione con 2 relais.*

Con tale schema (fig. 4) necessitano solo due riduttori di corrente, ma occorrono due commutatori automatici. Normalmente i relais sono inseriti sulla tensione concatenata tra

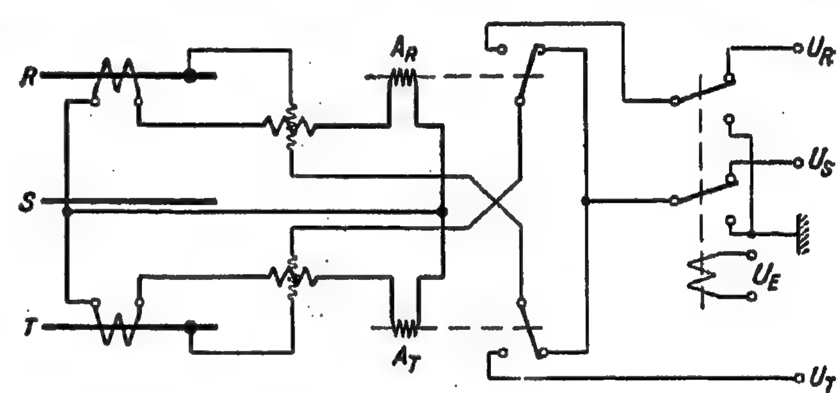


Fig. 4.

R e S e tra T e S e sulla corrente di fase. Qualora fosse sollecitato il solo relais della fase R allora si potrebbe essere in presenza o di un corto circuito fra R e S o di un corto circuito fra R e la terra o infine di un doppio corto circuito fra le fasi R e T e la terra, nel quale ultimo caso la corrente I_T utilizza come conduttore di ritorno la terra stessa. Se il commutatore U_S non è intervenuto (essendo quest'ultimo alimentato solo dalla differenza di potenziale fra neutro e terra), allora il relais in R è percorso dalla U_{RS}. Lo stesso si dica del relais in T che verrebbe percorso da U_{TS}. Se invece intervengono contemporaneamente i due relais, allora i relais ausiliari A_R e A_T attirano i commutatori loro affidati ed i relais principali vengono alimentati dalla tensione U_{TR}. Infine nel caso di corto circuito bifase a terra, interviene il relais ausiliario U_E che è azionato dalla differenza di tensione fra neutro e terra e allora i relais sono inseriti sulla tensione di fase. In altre parole i due relais fanno lo stesso servizio dei tre che venivano impiegati nello schema della fig. 3.

4) *Protezione con un solo relais.*

a) Protezione contro corto circuiti bi- e tripolari.

Il relais viene montato collo schema indicato nella fig. 5 dove la resistenza Z è uguale a quella della bobina voltmetrica del relais stesso. Allora la corrente che lo sollecita è data dalla differenza I_T-I_R, che ha valori svariati a seconda della natura del corto circuito.

E precisamente per corto circuito

fra RST la corrente è $\sqrt{3}\ I_k$
» TR » $2\ I_k$
» RS » $1\ I_k$
» ST » $1\ I_k$

Siccome il relais deve misurare la impedenza Z_p del tratto di conduttore fino al punto del guasto, a seconda dei corti circuiti che si presentano, dovrà essere differente anche la tensione da utilizzare.

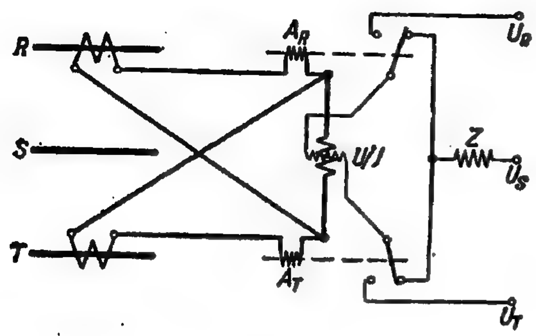


Fig. 5.

E precisamente per un corto circuito fra R e S sarà sollecitato il relais ausiliario in R e la tensione utilizzata sarà

$$\frac{U_{RS}}{2}$$

con che il relais principale misurerà $\frac{U_{RS}}{2\ I_R} = Z_p$.

Similmente si effettuerà la misura di $\frac{U_{RT}}{2\ I_T} = Z_p$ nel caso di c. c. fra S e T.

Per un c. c. fra R e T vengono sollecitati entrambi i relais ausiliari in R e T e allora il relais principale riceverà una corrente $2\ I_R = 2\ I_T$ e misurerà

$$\frac{U_{TR}}{2\ I_T} = \frac{U_{TR}}{2\ I_R} = Z_p$$

Infine per un c. c. tripolare fra le fasi, entreranno in azione i due relais ausiliari in R e T, e il relais principale riceverà una corrente

$$\sqrt{3}\ I_R = \sqrt{3}\ I_T$$

con che esso misurerà

$$\frac{U_{TR}}{\sqrt{3}\ I_T}$$

che, per quanto si è visto, è in questo caso uguale a Z_p.

b) Protezione anche contro corti circuiti bifasi a terra.

Con un relais ausiliario U_E (fig. 6) si possono proteggere anche due dei tre possibili doppi corto circuiti a terra e precisamente quelli sulle fasi R e S ed S e T. Nel primo caso si misura

$$\frac{U_{RO}}{I_R} \text{ e nel secondo } \frac{U_{TO}}{I_T}$$

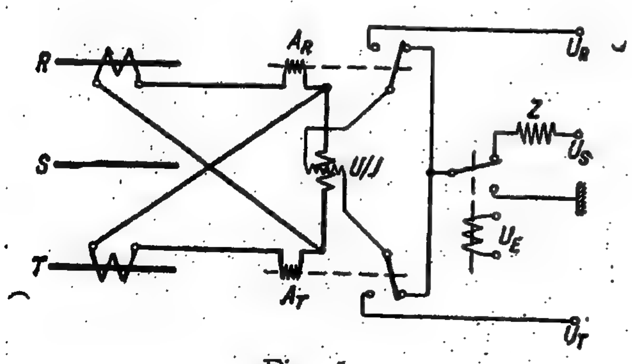


Fig. 6.

Se il doppio c. c. a terra è tra R e T allora il relais interviene semplicemente per azione del c. c. fra le fasi R e T.

c) Protezione selettiva.

Siccome il relais a impedenza non è sensibile alla direzione della corrente di c. c., basta inserire un relais wattmetrico nello schema, in modo da avere la bobina di correnti in serie con quella del relais a impedenza e quella di tensione in parallelo (fig. 7).

I momenti M di rotazione agenti sul relais wattmetrico saranno i seguenti

c. c. fra RS	$M = \frac{U_{RS}}{2} \times I_R$
» » ST	» $= \frac{U_{ST}}{2} \times I_T$
» » TS	» $= U_{TR} \times I_{TR}$
» » RST	» $= U_{RT} \times I_{TR}$
» doppio a terra fra RS	» $= U_{RO} \times I_R$
» » » » ST	» $= U_{RO} \times I_T$
» » » » TR	» $= U_{TR} \times I_{TR}$

Dall'esame dei diagrammi di corrente e tensione si può vedere che nel caso di c. c. non induttivo lo sfasamento corrisponde sempre a quello del c. c. della linea, di modo che l'azione del relais è direzionale.

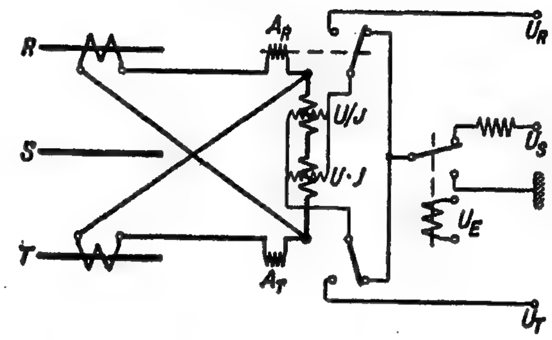


Fig. 7.

Riassumendo, quando si impiega un solo relais, esso deve essere previsto (per quanto si è detto) per una corrente doppia di quella massima fornita dal riduttore e questa corrente non deve, entro sufficienti limiti, influire sul tempo di ritardo del relais stesso. Il relais è poi previsto di un congegno che permette di tarare un ritardo fisso iniziale da 1 e 3 secondi atto a migliorare il voluto intervento successivo dei vari relais in linea.

Questi relais si prestano sopratutto per linee comprese tra i 3 e i 30 kV di tensione d'esercizio.

G. R. M.

LA PROTEZIONE DEGLI APPARECCHI ELETTRICI CONTRO LE SOVRATENSIONI DI GRANDE AMPIEZZA E A FRONTE MOLTO RIPIDO

World Power, agosto 1931. – E. T. NORRIS.

L'articolo è ricavato da una memoria in argomento presentata dall'A. all'ultima sezione dei Grands Réseaux, e richiama anzitutto la moderna tendenza a coordinare l'isolamento delle varie parti di un sistema (linea, sottostazioni e apparecchiatura) in modo che non solo si ottenga la massima garanzia di buon funzionamento ma anche che, nel caso estremo in cui l'isolamento deva inevitabilmente cedere sotto la forte sollecitazione elettrica del sistema, ciò avvenga in un punto tale da produrre il minimo danno.

Tale coordinamento è però possibile solo quando si considerino caratteristiche simili, come nel caso di archi su isolatori di linea e su passanti. Invece vi è una differenza fondamentale di comportamento fra gli isolatori di linea o passanti e l'isolamento degli avvolgimenti dei trasformatori: l'isolatore scarica quando la sovratensione eccede un certo valore, ma può resistere senza danno a qualunque numero di sovratensioni sotto tale valore; mentre nell'isolante dell'avvolgimento il danno prodotto dalle sovratensioni è progressivo e cumulativo, in modo che la perforazione può aversi tanto con una sola sovratensione di sufficiente ampiezza quanto con parecchie sovratensioni più piccole. Ora, mentre un trasformatore di costruzione moderna può resistere facilmente a una sovratensione del valore massimo permesso dall'isolamento della linea, non è economicamente possibile costruire un trasformatore che possa resistere a parecchie di tali sovratensioni: diventa pertanto necessario ricorrere a una protezione addizionale esterna.

Per studiare le caratteristiche che una simile protezione deve presentare, giova premettere un breve studio delle sollecitazioni prodotte dalle sovratensioni negli avvolgimenti dei trasformatori. Una sovratensione che entri in un trasformatore si distribuisce inizialmente lungo l'avvolgimento a seconda dei valori delle varie capacitanze fra bobina e bobina e fra spira e spira ecc.; invece l'induttanza dell'avvolgimento non influisce sulla

distribuzione iniziale della sovratensione, perchè occorre un certo tempo prima che si formi il campo magnetico. Quando la sovratensione arriva alla prima spira dell'avvolgimento, la capacità totale è data dalla capacità fra la prima spira e le adiacenti in serie con la capacità equivalente del rimanente dell'avvolgimento; ma la capacità fra la prima spira e le adiacenti è piccola, per cui la tensione relativa è grande. Lo stesso fatto si ripete, per quanto in grado inferiore, per le spire successive, ed è perciò che ormai comunemente si rinforza l'isolamento delle bobine d'entrata dei grossi trasformatori.

I costruttori moderni di macchinario usano anche dispositivi e accorgimenti per migliorare la distribuzione della tensione nell'avvolgimento e ridurre la sollecitazione elettrica dell'isolamento nelle spire di estremità: tali sono per esempio un opportuno proporzionamento delle dimensioni degli avvolgimenti per ottenere una miglior correlazione delle capacitanze fra le spire e fra le bobine, l'aggiunta di anelli di protezione e di schermi per il miglioramento della distribuzione del potenziale, ecc.

Passando a parlare degli apparecchi di protezione, l'A. si limita a considerare il tipo di bobina di self senza nucleo e combinato con un foglio di lamiera metallica ad alta resistenza che vien messo a terra e che serve come dissipatore dell'energia.

Questo tipo è già stato descritto anche nella nostra Rivista (1) e vien chiamato dal Norris « assorbitore di sovratensioni ».

Malgrado l'apparecchio comprenda una bobina di self, la sua azione è completamente diversa da quella delle comuni bobine: per la relazione elettrostatica fra il dissipatore e la bobina si forma una capacità fra bobina e terra, mentre per la relazione elettromagnetica l'assorbitore diventa la sede di correnti parassite che producono perdite nelle quali si dissipa l'energia della sovratensione. Quando una sovratensione entra nell'apparecchio, l'energia necessaria per la carica della capacità sopra accennata è sottratta dall'energia della sovratensione; inoltre la capacità agisce anche riducendo la riflessione di una sovratensione in arrivo all'apparecchio. Per effetto dell'induttanza in serie (la bobina è in serie sulla linea) e della capacità in derivazione, l'assorbitore agisce come un filtro per onde ad alta frequenza o a fronte ripido. Il valore dell'induttanza dell'apparecchio è forte: sopra 1000 microhenry, mentre quello dell'ordinaria bobina di self è da 10 a 40 microhenry.

Mentre una semplice induttanza o un condensatore, usati come apparecchi di protezione, possono entrare in combinazione con capacità o induttanze nel vicino circuito, formando un circuito oscillatorio localizzato, l'assorbitore è aperiodico, per effetto di una componente di perdita o di resistenza; questa è appunto costituita dal dissipatore, sede di perdite ohmiche e per correnti parassite. Evitando così la formazione di un circuito oscillatorio, si evita anche che le sovratensioni sopravvenienti possano, quando della stessa frequenza equivalente del circuito, provocare aumenti di tensione che renderebbero la protezione dannosa anzichè utile.

L'articolo passa poi a descrivere i vari tipi di assorbitore, la cui costruzione varia a seconda del servizio cui sono destinati. Senza stare a descrivere i diversi apparecchi ricorderemo anzitutto il tipo per installazione presso l'utente, destinato a proteggere specialmente le bobine dei contatori e i radiatori e le cucine elettriche: questo apparecchio è stato studiato per diminuire l'ampiezza dell'onda, che a quanto pare in questo caso è quella che provoca i maggiori danni, e non la ripidità della fronte. Vi è poi il tipo per sistemi di distribuzione, per tensioni fino a 16 kV e correnti fino a 25 A, a secco; il tipo per linee di trasmissione fino a 37 kV e correnti fino a 400 A, a riempimento d'olio e formato da bobine in serie contenute fra dischi metallici che hanno lo scopo di dissipare il calore; e infine quello per linee ad alta tensione, che è in genere con bobina a un solo strato elicoidale, racchiusa in un recipiente cilindrico pieno d'olio e con due isolatori passanti ad A.T. Altri tipi sono stati studiati per la trazione elettrica, la telefonia ecc.

Secondo l'A. l'efficacia dell'assorbitore, espressa in % dalla relazione $100\left(1-\frac{V_s}{V_0}\right)$ dove V_0 è la tensione misurata con lo spinterometro attraverso le spire terminali del trasformatore senza l'assorbitore e V_s la stessa tensione con l'assorbitore in circuito, raggiunge negli apparecchi normali ($80 \div 85$) %; ossia una tensione di 1000 kV verrebbe ridotta a $150 \div 200$ kV.

L'articolo descrive anche brevemente alcune prove fatte su un ordinario trasformatore di distribuzione, rispettivamente senza e con apparecchio di protezione e dalle quali risulterebbe che gli avvolgimenti dei trasformatori di distribuzione di costruzione normale non sono capaci di resistere alle sovratensioni che possono prodursi in servizio e che d'altra parte i guasti all'isolamento non sempre sono riconoscibili dall'esterno o nell'esercizio a frequenza normale. Tutti i guasti dell'isolamento constatati durante le prove si produssero fra spira e spira o fra bobina e bobina: mai fra avvolgimenti ad alta e a bassa o fra avvolgimenti e massa. Ciò starebbe a dimostrare che i guasti son dovuti non all'ampiezza dell'onda ma alla ripidità della fronte, e che pertanto gli apparecchi di protezione (escluso quelli presso gli utenti che abbiamo prima accennato) devono preoccuparsi essenzialmente di attenuare la ripidità della fronte d'onda.

M. A.

(1) *L'Energia Elettrica*, aprile 1929, pag. 453.

LE RETI AD ANELLO E LA DISTRIBUZIONE DELLE CORRENTI IN ESSE

Elektrotechnik und Maschinenbau, 28 giugno 1931. – E. Gross.

Il collegamento ad anello delle reti alimentate da centrali o da gruppi di impianti fra loro indipendenti comporta la soluzione di problemi particolari riguardanti, da un lato, i mutui rapporti delle grandezze elettriche nei punti di collegamento e, dall'altro lato, la distribuzione delle correnti nelle varie parti dell'anello.

La prima condizione necessaria per la formazione di un anello, l'eguaglianza di frequenza nelle reti da collegare, si può ritenere praticamente e generalmente soddisfatta. La seconda condizione, che implica l'esistenza di rapporti determinati di grandezza e di fase delle tensioni ai due lati del posto di collegamento, richiede o meno l'impiego di dispositivi speciali atti a rendere possibile la formazione dell'anello.

Il collegamento si può ritenere senz'altro possibile quando le sezioni da collegare hanno una tensione praticamente eguale in grandezza e fase: eventuali variazioni nella tensione o nello sfasamento, provocate da differenze di carico, sono facilmente compensate dai fenomeni smorzatori che accompagnano la manovra di collegamento.

Se le due reti da collegare hanno tensioni diverse, è indispensabile l'impiego di un trasformatore a due avvolgimenti, possibilmente munito di dispositivi per la regolazione della tensione.

Un interesse particolare offre il caso in cui, ai due lati del posto di collegamento, le tensioni siano eguali ma rotate fra loro di un angolo determinato. Queste condizioni si verificano nel caso di reti alimentate con trasformatori aventi collegamenti diversi.

Quantunque, in questi casi, l'impiego di trasformatori a doppio avvolgimento sia, in generale, sufficiente per realizzare la connessione delle due reti, si presenta però spesso più opportuna ed economica l'adozione di un autotrasformatore. Uno di questi autotrasformatori che realizza la rotazione del vettore tensione di 30° è rappresentato nella fig. 1. Il suo rapporto di trasformazione è 1:1. Nella figura X_1, Y_1, Z_1 rappresentano i morsetti di entrata ed X_2, Y_2, Z_2 i morsetti di uscita dell'autotrasformatore; X_1A, Y_1B, Z_1C sono gli avvolgimenti di eccitazione connessi a triangolo ed avvolti nelle tre colonne; x_1, y_1, z_1 sono prese scelte una per avvolgimento in modo che il numero delle spire $X_1 x_1$, $Y_1 y_1$, $Z_1 z_1$ eguagli rispettivamente $1/3\ X_1 A$, $1/3\ Y_1 B$, $1/3\ Z_1 C$; gli avvolgimenti ausiliari in serie $x_2 X_2$, $y_2 Y_2$, $z_2 Z_2$ hanno ciascuno un numero di spire eguale a 0,73 volte quello degli avvolgimenti $X_1 x_1$, $Y_1 y_1$, $Z_1 z_1$. Formando il triangolo delle tensioni concatenate $X_1 Y_1$, $Y_1 Z_1$, $Z_1 X_1$,

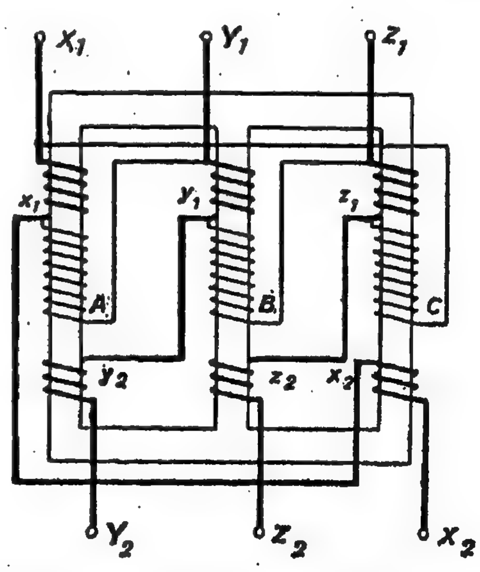


Fig. 1. - Schema collegamenti di un autotrasformatore 1:1 per la rotazione del vettore tensione di 30°.

(fig. 2), tenendo presenti i rapporti sopracitati fra le spire degli avvolgimenti, si ottengono facilmente i vertici X_2, Y_2, Z_2 del nuovo triangolo delle tensioni. I due triangoli $X_1 Y_1 Z_1$, $X_2 Y_2 Z_2$ risultano ruotati fra loro di 30°.

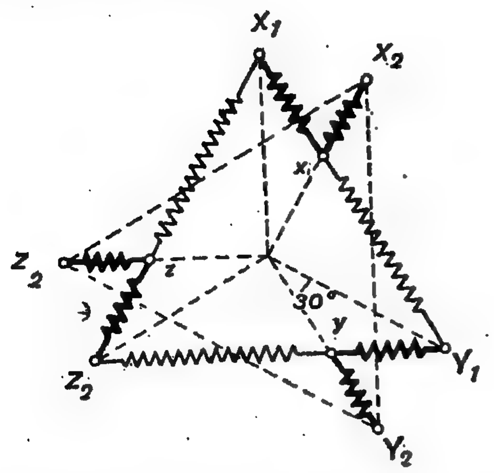


Fig. 7. - Poligono delle tensioni per un autotrasformatore 1:1 per la rotazione del vettore tensione di 30°.

Fissate le tensioni nei posti di collegamento delle varie parti di un anello, la distribuzione delle corrrenti nelle linee resta pure stabilita in modo univoco in funzione delle impedenze che entrano in gioco. Poichè questa distribuzione spontanea non corrisponde in generale alle esigenze dell'esercizio e può essere causa di sovraccarichi non ammissibili in qualche sezione dell'anello, è opportuno disporre di mezzi adatti per influenzare a piacere la ripartizione delle correnti. Questo può essere ottenuto applicando a qualcuna delle linee di collegamento una tensione supplementare opportuna.

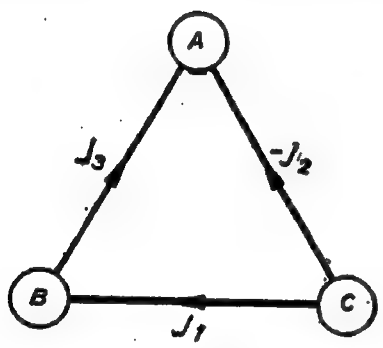


Fig. 3. - Collegamento di impianti ad anello.

Ammesso, infatti, che nell'anello rappresentato nella fig. 3, le linee BC, CA, AB, aventi le impedenze z_1, z_2, z_3 siano percorse dalle correnti $J_1' J_2' J_3'$, sussiste per la legge di Kirchhoff:

$$J_1' z_1 + J_2' z_2 + J_3' z_3 = 0.$$

Applicando una tensione supplementare E su una delle linee, si stabilisce in queste ultime una corrente sovrapposta I_0 espressa da

$$I_0 = \frac{E}{z_1 + z_2 + z_3}$$

e, quindi, le correnti circolanti nelle linee BC, CA, AB diventano J_1, J_2, J_3, soddisfacendo alla nuova equazione vettoriale

$$J'_1 z_1 + J_2 z_2 + J_3 z_3 - E = 0.$$

La potenza del gruppo cui è affidato il compito di generare la tensione addizionale E risulta dal prodotto di questa per la massima corrente nelle linee di collegamento. È opportuno, pertanto, che la tensione E venga applicata alla linea meno caricata in esercizio.

L'applicazione di una tensione addizionale consente di regolare la distribuzione tanto dell'energia attiva quanto dell'energia reattiva. Nel primo caso, è necessario che la corrente da sovrapposizione J_0 sia in fase con la tensione della rete U e, quindi, che la tensione addizionale E sia ruotata, rispetto alla tensione U dell'angolo φ corrispondente all'impedenza dell'anello $z = z_1 + z_2 + z_3$.

In media, per linee aeree di trasporto, l'angolo d'impedenza φ varia intorno ai 50°; diventa prossimo a 90° quando gli impianti A, B, C ecc. sono collegati attraverso forti impedenze (trasformatori), diventa pressochè nullo, ossia la tensione addizionale dev'essere in fase con la tensione della rete, quando il collegamento fra gli impianti è fatto attraverso cavi con sola resistenza ohmica.

Per regolare la distribuzione della corrente reattiva è necessario che la corrente di sovrapposizione risulti in quadratura con la tensione della rete, ossia che, lo sfasamento, rispetto a quest'ultima, della tensione addizionale corrisponda all'angolo $\varphi + 90°$.

È possibile costruire trasformatori adatti per regolare la distribuzione delle correnti attiva e reattiva, secondo le esigenze sopra indicate. Un collegamento che realizza la decomposizione del vettore tensione supplementare in due vettori normali fra loro è rappresentato nella fig. 4. Secondo tale collegamento, la regolazione è realizzata con l'impiego di un trasformatore d'eccitazione con collegamenti a stella e di due trasformatori serie per fase. Quest'ultimi applicano su ciascuna fase della rete due tensioni: una longitudinale ed una concatenata in quadratura con essa (tensione trasversale).

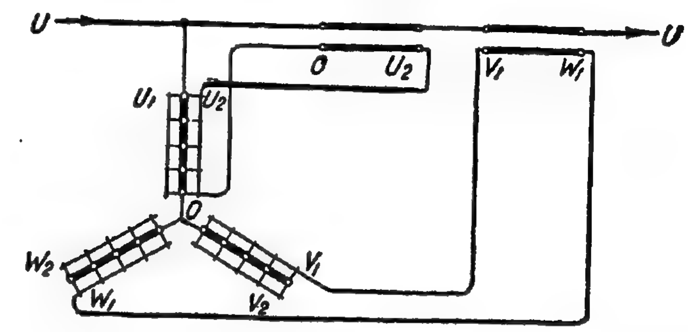


Fig. 4. - Trasformatore a nuclei separati per la regolazione della corrente attiva e reattiva.

I trasformatori di cui alla fig. 4 sono a nuclei separati; è tuttavia possibile costruire collegamenti adatti per la regolazione in questione, secondo i quali tutti gli avvolgimenti vengono montati sopra un unico nucleo. L'A. illustra uno di questi collegamenti e dimostra come si esplica la sua funzione regolatrice.

d. m.

INTORNO ALL'USO DEI PALI IN LEGNO NELLE CONDUTTURE ELETTRICHE

Revue Général de L'Electricité, 17 ottobre 1931, pag. 639. - A. HUGRON.

I pali in legno sono in Francia largamente usati nelle linee dei servizi delle poste, telegrafi e telefoni, e si calcola ne siano installati per questo scopo circa 6.000.000; inoltre si stima a circa 3.000.000 il numero dei pali in legno per le linee di trasmissione di energia in Francia. Escluse le spese di messa in opera si calcola a un miliardo di franchi l'immobilizzo corrispondente.

Per la conservazione dei pali in legno si usano, com'è noto, i sistemi di impregnazione, che sono attualmente ridotti in pratica a tre, secondo che si fa uso di solfato di rame, di bicloruro di mercurio o di creosoto. Fino al 1914 l'Amministrazione francese delle Poste-Telegrafi usava esclusivamente *l'in ezione al solfato di rame* col procedimento Boucherie, il quale esige l'abbattimento delle piante nel periodo primaverile. Successivamente venne anche in Francia adottato il metodo, molto usato all'estero, delle preparazione del legno nel vuoto e sotto pressione. I pini si lasciano iniettare molto bene quando sono secchi, mentre gli abeti e l'epicea si prestano male ad essere iniettati sotto pressione.

Il solfato di rame non ha però proprietà antisettiche sufficientemente intense ed inoltre, essendo molto solubile, soffre del progressivo dilavamento prodotto dalla pioggia e dall'umidità del suolo. Col processo Boucherie l'iniezione penetra meglio che non col metodo in vaso chiuso. La durata dei pali iniettati con solfato di rame varia moltissimo, secondo le condizioni locali: la vita media di quelli trattati col metodo Boucherie è da 12-14 anni, ma può arrivare a qualche decennio in terreni secchi, mentre può scendere a 4 o 5 anni in terreni umidi o ferruginosi. Questa influenza del terreno è anche più sensibile nel caso dei pali iniettati in recipienti chiusi.

Si rende praticamente necessario, per aumentare la durata dei pali, provvedere a protezioni speciali per il piede e la sommità di essi. Per il piede si può proteggerlo meccanicamente con rivestimenti speciali (p. es. con strati di bitume messi a caldo, ecc.) oppure aggiungere un piedestallo metallico o in cemento od

anche dare una iniezione speciale alla parte che va interrata fino ad un'altezza di 50-60 cm. fuori dal suolo. In Francia viene adottata, per la parte inferiore dei pali, una iniezione di creosoto sovrapposta a quella del solfato di rame.

Impregnazione al bicloruro di mercurio. – Il processo conosciuto col nome di kyanizzazione è in uso da molti anni specialmente in Germania e in Isvizzera. Si distingue la kyanizzazione ordinaria, che viene effettuata per sola immersione dei legni secchi nel liquido antisettico, dalla kyanizzazione profonda, che esige in trattamento speciale preventivo dei legni per allargarne i pori. Ciò si ottiene mantenendo i pali per un certo numero d'ore in forni, nei quali si inietta del vapore d'acqua addizionato di acido fenico; i pali appena sfornati vengono gettati nel bacino di impregnazione, dove restano circa un centinaio di ore; si raggiunge così una profondità di impregnazione, che va dai 10–30 mm. In Francia si usa un altro metodo : i pali vengono riscaldati e privati delle resine, a caldo, in speciali bacini di cemento rivestito di sostanze che lo proteggono dalla corrosione dell'acido e del sublimato; la soluzione antisettica viene poi introdotta direttamente in questi bacini, evitando il trasporto dei pali.

La durata media dei pali trattati con la kyanizzazione è di circa 13-14 anni, ma diviene alquanto maggiore con la kyanizzazzione profonda.

Impregnazione al creosoto. – Il procedimento noto da molti anni viene applicato con diversi metodi. Il processo Bethell è il metodo classico al vuoto e sotto pressione in vaso chiuso. Il metodo Ruping tratta prima il legno ad una pressione di 2-4 atmosfere, poi riempie l'autoclave con creosoto a 80-85° comprimendo fino a 9-10 atmosfere; si lascia poi sfuggire l'aria sotto pressione, che asporta il creosoto in eccesso. Il metodo Estrade provvede ad ottenere artificialmente l'essiccamento e la screpolatura del legno mediante corrente d'aria a circa 110°; i pali vengono poi trattati in vaso chiuso con creosoto caldo. Il metodo Poulain è un metodo misto, la cui caratteristica è l'uso di un autoclave girevole intorno ad un'asse fino a prendere la posizione verticale; con questo sistema si può effettuare l'impregnazione al creosoto della base dei pali preventivamente impregnati con altro antisettico. Il procedimento Dessemond utilizza per l'impregnazione una iniezione di liquido antisettico (p. es. solfato di rame) nel vuoto e sotto pressione; successivamente con apparecchi speciali viene eliminata una parte della soluzione prima iniettata, sostituendola, poi, sotto pressione, con un secondo liquido antisettico più energico (p. es. creosoto) che penetra più profondamente nel legno, seguendo i canali aperti dalla doppia circolazione del liquido precedente. L'impregnazione al creosoto è la più efficace; la durata dei pali è da 25-30 anni.

Prima della guerra le linee di trasmissione d'energia ad alta tensione erano in Francia quasi tutte su pali in ferro ed alcune su pali in cemento; quelle a media o bassa tensione quasi tutte su pali in legno. Dopo la guerra si è molto esteso l'uso dei pali in cemento armato in sostituzione di quelli in ferro, mentre si è andato riducendo l'uso dei pali in legno iniettati. Questi ultimi sono sempre largamente usati in Germania, nella Svizzera e in Inghilterra. Questa disparità d'indirizzo trova la sua spiegazione nelle diverse condizioni tecniche ed economiche e di approvvigionamento. L'Amministrazione delle Poste e Telegrafi francese continua però ad adoperare i pali in legno iniettati secondo i sistemi più recenti e con piena soddisfazione.

Una inchiesta sull'uso dei pali in legno sulle linee elettriche è stata compiuta fra i tecnici americani ed è riportata nell'*Electrical World* del 3 ottobre 1931 a pagina 605. Le opinioni dei tecnici interpellati sono state molto diverse fra loro.

Venne anzitutto richiesto se si potesse affermare che le linee su pali in legno garantiscono maggior continuità di servizio in causa del migliore isolamento. Alcuni tecnici lo hanno confermato, mentre altri si sono dichiarati nettamente favorevoli alle palificazioni in ferro. Alcuni affermarono che le interruzioni per scariche atmosferiche arrivano ad essere del 50-100% più gravi sulle linee in ferro che su quelle in legno. Dal complesso delle risposte non è possibile trarre conclusioni definitive, anche perchè troppi sono i coefficienti che intervengono nel fenomeno.

La seconda domanda riguardava la convenienza economica delle palificazioni in legno. Molte risposte confermarono che tale tipo di palificazioni regge al confronto economico cogli altri tipi, anche per grandi linee, fuorchè nel caso di campate eccessivamente lunghe. Alcuni tecnici, pur riconoscendo alle palificazioni in legno un minor costo iniziale, attribuiscono ad esse maggiori spese di manutenzione, minore durata e minore sicurezza di quelle in ferro. In generale sembra opinione comune che le differenze non siano di grande entità.

La terza domanda riguardava l'uso del conduttore di terra nelle palificazioni in legno. Le risposte mettono in evidenza il forte aumento di spesa che importa il conduttore di terra, spesa che non sembra a parecchi sufficientemente giustificata dall'aumento di sicurezza. In generale le opinioni non sono state molto favorevoli all'uso del conduttore di terra sui pali in legno, per quanto alcuni dei tecnici interpellati ne abbiano recisamente affermata la convenienza ed abbiano citati esempi importanti di linee con pali in legno e conduttore di terra messo a terra ad ogni palo.

Un'altra domanda riguardava gli effetti eventuali delle fulminazioni sui pali. Pochi casi sono stati citati di rottura di pali in legno dovuti a fulminazioni, a questo riguardo è stata affermata l'utilità della protezione con conduttore di terra, sebbene siano stati citati casi di rottura anche in palificazioni con tale protezione. Non sempre però la rottura del palo produce l'interruzione del servizio, potendo la parte superiore del palo restare appesa ai conduttori.

Un'ultima domanda riguardava l'utilità dell'impiego dei perni portanti in legno e delle saette in legno nei tiranti di ancoraggio. In generale è riconosciuto l'utilità delle traverse e delle saette in legno, ma non dei perni portanti. Le società che avevano usato questi ultimi in passato vanno in generale sostituendoli con perni in ferro.

Una delle società interpellate ha fatto una netta distinzione fra linee a tensione inferiore o superiore a 66000 V. Per le tensioni inferiori ritiene nettamente conveniente, anche nei riguardi della continuità di servizio, l'uso dei pali in legno, senza però conduttore di terra. Gli unici casi di fulminazione di pali registrati da questa società riguardavano pali in ferro. Per le tensioni più alte ritiene assolutamente preferibili i pali in ferro; volendo usare pali in legno ritiene che sarebbe indispensabile il conduttore di terra, con prese di terra ad ogni palo e resistenza non superiore a 5 ohm.

Ri

IL PROBLEMA DELLA ENERGIA DI PUNTA NELLA GRANDE INDUSTRIA TEDESCA

Elektrotecknische Zeitschrift, 15 ottobre 1931 e 22 ottobre, – FR. SCHRAEDER.

Si sta progettando in Germania un grande sistema elettrico formato da poche grandiose centrali collegate da una rete ad altissima tensione. Uno dei problemi più importanti che si presenta a questo riguardo è quello della produzione dei carichi di punta, e si cita appunto come vantaggio di un tale sistema la possibilità di sopperire in modo più economico alle punte annuali di carico. L'A. discute tale affermazione sulla base dell'esame dei diagrammi di carico di parecchie società elettriche tedesche.

Dopo aver riassunto quanto è stato recentemente pubblicato a questo proposito in Germania, l'A. pone la domanda se il collegamento delle grandi reti tedesche possa produrre una riduzione così forte nella cuspide annuale di carico dell'intera rete collegata, in confronto delle somma delle cuspidi delle singole reti non collegate, da costituire un fattore d'importante significato economico. Nel trattare l'argomento considera come grandi Società quelle che producono ogni anno più di 25.000.000 kWh. L'A. ha fatto un esame di un gran numero di curve giornaliere di carico delle grandi società elettriche tedesche dell'anno 1928, raccogliendone in una tabella numerica i dati principali. Le curve considerate sono state naturalmente scelte tra quelle stimate tipiche dei diversi casi. Dall'esame di tutti questi dati l'A. arriva a dimostrare che il collegamento delle 40 imprese considerate avrebbe per conseguenza una diminuzione del carico massimo del valore di 30000 kW rispetto alla somma dei singoli massimi che è di circa 2.070.000 kW nelle ore serali, vale a dire una diminuzione dell'ordine soltanto di 1,5%. Ciò è dovuto al fatto che la massima punta di carico giornaliera si verifica presso a poco alla stessa ora per le varie società. Questa constatazione è confermata dall'A. anche in base alla osservazione di alcune curve di carico pubblicate in diverse occasioni da alcune grandi società elettriche. Sotto questo aspetto quindi la possibilità di riduzione della punta di carico totale è così piccola da non poter avere una importanza economica rilevante nei riguardi dell'economia generale.

Esamina poi la questione sotto un altro aspetto, cioè nei riguardi non più del diagramma giornaliero e delle rispettive cuspidi, ma nei riguardi del diagramma annuale e della posizione del massimo carico che in esso si verifica per le varie società. La trattazione è, secondo l'A., particolarmente difficile in quanto sono relativamente scarsi gli elementi statistici disponibili al riguardo nella letteratura tedesca. Allo scopo di ottenere dei dati attendibili l'A. ha confrontato i diagrammi di

un certo numero di società elettriche tedesche pei mesi invernali dal Novembre al Febbraio (v. fig. 1). Dal confronto è risultato che il massimo carico giornaliero ha tendenza ad aumentare fin verso l'epoca di Natale, intorno alla quale il diagramma

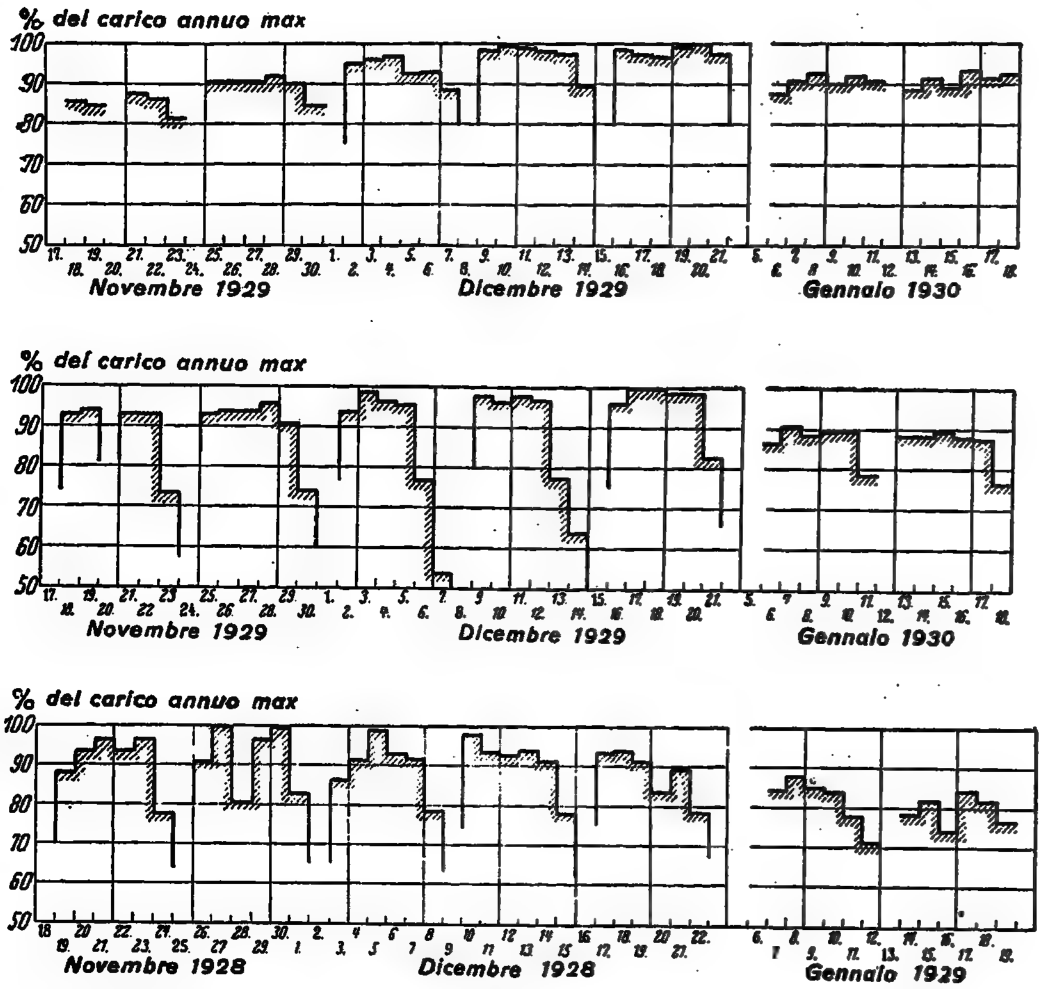


Fig. 1. - Carichi massimi giornalieri nei giorni lavorativi degli inverni 1929-30 e 1928-29 di alcune Società elettriche tedesche.

di carico massimo compie in generale qualche oscillazione. Il massimo carico annuale è compreso in generale entro le 3 ultime settimane prima di Natale e in modo più frequente verso la fine di questo periodo.

Portando in particolare l'esame su 6 delle principali società elettriche l'A. ha steso una tabella numerica di confronto dei carichi massimi giornalieri nel periodo suddetto espressi in percentuali del rispettivo carico massimo annuale. Da questo confronto risulta che la media dei valori rappresenta una sensibile diminuzione delle oscillazioni del massimo carico da un giorno all'altro del periodo considerato; infatti mentre nei valori relativi alle singole imprese queste oscillazioni del massimo carico diurno hanno dei valori che stanno fra il 22,9 e il 16,5% del carico massimo, nelle medie tali differenze scendono fra il 6,6 e il 2,5% del carico massimo. Invece la diminuzione dei valori massimi del carico, che si ottengono facendo le medie suddette, si scostano poco dal valore del massimo assoluto, restando tali differenze comprese fra il 2,4 e il 4,5% del carico massimo assoluto. Ciò vuol dire che i carichi massimi restano presso a poco invariati, come se non si facesse la media.

Si potrebbe domandare come andrebbero le cose se il valore dei singoli carichi massimi confrontati fossero molto diversi fra loro. Quanto più il carico di una centrale, che viene collegata con un certo numero di altre più piccole, è grande rispetto al carico complessivo di quelle, tanto meno la curva di carico di tale centrale viene influenzata dalle curve di carico delle altre centrali. Nel caso del collegamento ora supposto, l'effetto di regolazione del diagramma e della diminuzione del carico massimo complessivo avrebbe valori percentuali anche minori di quelli ottenuti dalle considerazioni prima fatte, relative al caso di carichi massimi presso a poco dello stesso ordine di grandezza. Riassumendo le considerazioni fatte, l'A. osserva che i fattori che tendono alla eguaglizzazione del diagramma di carico sono di 2 tipi. L'azione di uno di essi si esercita (secondo l'espressione dell'A.) in senso trasversale, cioè nella direzione delle diverse ore giornaliere, e si è visto che la sua influenza è circa dell'1,5% del carico massimo. Il secondo agisce in senso longitudinale, cioè nella direzione dei successivi giorni dell'anno, e la sua influenza si può ritenere con sicurezza non superiore al 2,5 o al 3% del carico massimo. Anche nella migliore delle ipotesi l'effetto complessivo dei 2 fattori non può essere stimato a più del 5% del carico massimo.

Questa è quindi la massima riduzione del carico massimo complessivo delle aziende elettriche tedesche, che si potrebbe ricavare da un eventuale collegamento. Tale riduzione percentuale non raggiunge nemmeno il valore corrispondente alle perdite di carico, che si devono ragionevolmente prevedere nel caso di grandi trasmissioni d'energia. Infatti anche nel caso di una assai buona utilizzazione dei conduttori la somma delle perdite nella trasmissione tra i morsetti dei generatori e l'inizio della rete di distribuzione, supponendo una doppia trasformazione di tensione, non si può in generale ritenere, secondo l'A., inferiore al 12%. Per coprire tale perdita di carico occorre naturalmente una maggiore disponibilità di potenza nelle centrali.

Pur tenendo conto che tale perdita dovrebbe essere computata soltanto nei riguardi di quella quantità di energia che verrebbe scambiata tra le centrali collegate, resta pur tuttavia il fatto che il guadagno complessivo prevedibile è in generale così piccolo, da essere presso a poco compensato delle perdite nella trasmisssione. Bisogna però ancora tenere conto della spesa d'impianto della progettata grande rete di collegamento.

Le considerazioni svolte vengono ancora confortate dall'A. sulla base delle statistiche pubblicate dalla Vereinigung der Elektrizitätswerke, le quali per il 1929 danno per 360 impianti, una produzione totale di energia di 16,363 miliardi di kWh, un carico massimo complessivo (somma dei singoli massimi) di 4.547.795 kW e una potenza installata di 7.463.345 kW; la durata dei massimi carichi è stata di 3600 ore che diventa di 2190 ore riferita alla potenza installata.

L'A. analizza i dati di tale statistica classificandoli in 4 categorie, come nella tabella qui sotto riportata.

Le categorie 1-2-3-4-5 corrispondono rispettivamente agli impianti che producono più di 100.000.000 di kWh, da 25 a 100 milioni, da 5-25 milioni, da 2-5 oppure meno di 2 milioni di kWh all'anno. Nei gruppi I e 2 il fattore di riserva è di 1,65, maggiore di quello degli altri gruppi, che danno in media 1,59. Dalle citate statistiche risulta che, mentre nel 1913 per ogni kW di massimo carico annuo si avevano 1,7 kW di potenza installata, nel 1929 si era scesi a 1,64; però nel 1913 le singole centrali lavoravano quasi tutte indipendentemente l'una dall'altra, mentre nel 1929 si erano largamente sviluppati i collegamenti.

1	2	3	4	5
Gruppo N.	Numero delle Centrali	Somma delle energie prodotte 10^3 kWh	Somma dei carichi annui kW	Somma delle potenze installate kW
I	35	10.285.933	2.695.115	4.504.025
	1	200.000*	45.000*	55.400
	1	2.400.000*	540.000*	770 495
Impianti di accumulazione	—	12.885.993	3.280.115	5.329.920
		—	—	120.000
II	37	12.885.993	3.280.115	5.449.920
	71	2.730.974	926.735	1.480.685
Somma I+II	108	15.616.907	4.206.850	6.930.605
III IV V	252	746.123	340.945	532.740
Somma I..V	360	16.363.030	4.547.795	7.463.345

Fattore di riserva I + II = 1,65
III... V = 1,56
I... V = 1,64

L'A. svolge qualche considerazione sullo sviluppo delle reti tedesche a tensione di 100-200-380 kV, nel 1929 erano in esercizio 10 348 km di linee a 100 kV, altri 960 km a 220 kV e fi-

nalmente 960 km a 380 kV; complessivamente quindi 12 268 km di linee ad altissima tensione. Queste lunghezze s'intendono riferite alla lunghezza dei conduttori e non del tracciato delle linee. Da un esame dei dati disponibili sui costi d'impianto medi delle linee ad altissima tensione (valutati rispettivamente in 71 000 marchi e 97 500 marchi per 1 km di conduttori nelle linee a 100 e a 200 kV) e delle centrali termoelettriche (al massimo 350 marchi per kW installato) l'A. deduce che la spesa d'impianto in una centrale per ogni 1000 kW installati corrisponde all'incirca alle spese per l'impianto rispettivamente di 5 e di 3 km di linee a una sola terna a 100 e a 200 kV. Complessivamente il capitale investito nelle linee tedesche a 100-220-380 kV dal 1920 in avanti corrisponde, sulla base di quanto sopra fu esposto, alla spesa per l'impianto di una potenza di circa 1 900 000 kW in centrali termoelettriche.

Poichè la lunghezza delle linee alle tensioni di 220 o 380 kV è complessivamente di 1920 km, esse corrispondono come immobilizzo di capitale a 640 000 kW installati. Ritenendo come linee di collegamento soltanto quelle a 220 o 380 kV e attribuendo quindi quelle a 100 kV alla rete di distribuzione, ne viene che, riferendosi al carico massimo di 4 536 000 kW (anno 1929) l'immobilizzo di capitale per le linee di collegamento corrisponde ad una installazione di 640 000 : 4 536 000 kW, cioè di 0,14 kW per 1 kW di carico massimo. Se si aggiungessero anche le linee a 100 kV si arriverebbe a 0,41 kW per 1 kW di carico massimo. Corrispondentemente il fattore di riserva salirebbe nei 2 casi rispettivamente a 1,78 (cioè 1,64 × 0,14) e a 2,05 (cioè 1,64 × 0,41), diventando superiore a quello di 1,70 che esisteva al 1913. In realtà i fattori di riserva si devono considerare ancora superiori ai valori citati per tenere conto degli impianti di accumulazione idraulica per mezzo di pompe e di quelli di accumulazione di vapore.

Da quanto sopra risulta che il fattore di riserva virtuale che si può attribuire alla grande industria elettrica tedesca, tenendo conto della parte corrispondente al capitale investito nelle linee è più grande di quello che appariva necessario nel 1913, quando le centrali lavoravano indipendentemente. Il che significa che con riferimento al carico massimo l'attuale sistema di grandi collegamenti importa un immobilizzo specifico di capitale maggiore di quello che si aveva nel 1913 con centrali separate.

Considerando il fattore di riserva reale (cioè trascurando quello corrispondente alle linee) risulta che esso nel 1929, qualora si tenga conto degli impianti di accumulazione, è all'incirca dello stesso valore di quello del 1913, il che dimostra che l'introduzione delle grandi linee di collegamento finora eseguite non ha permesso di migliorare l'utilizzazione della potenza installata nelle centrali nei confronti del carico massimo. Nei riguardi dell'energia prodotta si verifica bensì una migliore utilizzazione; essa però non è dovuta all'influenza dei collegamenti, ma dipende soltanto dal naturale sviluppo dei consumi. Ad analoghe conclusioni giunge l'A. dopo una minuta analisi delle reti di distribuzione a media tensione. L'A. chiude il suo studio colle seguenti asserzioni :

In Germania non si può aspettarsi un vantaggio economico in confronto all'esercizio di centrali singole dall'introduzione di una grande rete di collegamento ad alta tensione delle grandi centrali. Dall'esame dei dati numerici degli ultimi anni non appare sostenibile l'opinione che dalla introduzione di tale grande rete possa derivare una migliore utilizzazione del macchinario complessivamente installato nelle grandi centrali.

Ri

---

g) L'EVOLUZIONE DELLE CENTRALI TERMICHE ED IL CONCETTO DI ENERGIA UTILIZZABILE

Science et industrie, 1931. – ING. M. G. DARRIEUS.

L'Ing. Darrieus nel suo articolo pone in evidenza il vantaggio che l'espressione $U - T_0 S$, dell'energia utilizzabile, presenta per la corretta valutazione del rendimento. Questo concetto inoltre da un significato più preciso ai bilanci del calore, specialmente nei casi più complessi delle centrali moderne.

La presente nota, facendo astrazione dalla parte generale dell'articolo i cui fondamenti sono consegnati nei trattati di termodinamica, riassume quanto si riferisce alle pratiche applicazioni.

Se noi consideriamo l'evoluzione fra due stati estremi 1 e 2 di un corpo o di un sistema di corpi, immersi in un ambiente a temperatura assoluta T_0, costituente la sola sorgente esterna con la quale il corpo possa scambiare calore; la diminuzione, da uno stato all'altro, dell'energia interna U del sistema non può essere integralmente convertita in lavoro se questo cambiamento di stato è accompagnato dalla diminuzione dell'entropia S del sistema.

Questa variazione infatti in base al 2° principio della termodinamica comporta una cessione di calore al mezzo a temperatura T_0, almeno uguale alla diminuzione corrispondente di $T_0 S$. Il lavoro fornito è dunque tutt'al più uguale alla diminuzione dell'espressione U-$T_0 S$.

Consideriamo per esempio la combustione del carbone. Il sistema iniziale comprende oltre al carbone, la quantità di aria necessaria per assicurarne la combustione. Questi due corpi danno luogo, per combinazione, a gas bruciati con sviluppo di calore: la combustione ed il raffreddamento verranno spinti fino all'esaurimento ed i residui portati all'equilibrio di pressione e temperatura col mezzo ambiente. Il lavoro massimo che questa trasformazione è suscettibile di fornire è data dalla differenza U-$T_0 S$ dell'energia nei due stati iniziale e finale. Nel processo ordinario i gas bruciati vengono portati alla temperatura di combustione vicina ai 2000°. La migliore utilizzazione ulteriore dei prodotti della reazione CO_2 e N è data dal lento e progressivo loro raffreddamento fino alla temperatura ambiente. In questo processo la prima parte della trasformazione, la combustione viva è irreversibile, per il fatto che una quantità di calore viene necessariamente ceduta all'ambiente e misura $T_0 \Delta S$. Le reazioni che quindi si hanno sono:

$$C + CO_2 \rightleftarrows 2\,CO - 38{,}8 \text{ cal}$$
$$2\,CO + O_2 \rightleftarrows 2\,CO_2 + 136{,}4 \text{ cal}$$

complessivamente cioè: $C + O_2 \rightleftarrows CO_2 + 97{,}6$ calorie.

Il calore così sviluppato rappresenta il potere calorifico del carbone (97,6 calorie per 12 grammi, o circa 8000 calorie/kg) a cui bisogna aggiungere il termine $T_0 DS$.

Applicazione alle turbine a vapore.

Il problema che si pone ai costruttori di turbine è praticamente più definito; esso consiste nel perseguire la migliore utilizzazione della quantità di vapore di cui sia noto lo stato iniziale dal punto di vista delle pressioni e temperatura, ed importa la considerazione di quantità di vapore e di acqua calda nei numerosi altri stati corrispondenti a fughe in contropressione, a prese, ad immissione supplementari, ad estrazioni per riscaldamento dell'acqua di alimentazione, a spurghi ecc. o infine alla costituzione di riserve d'acqua calda negli accumulatori. La valutazione dell'influenza di tutti questi elementi si determina normalmente calcolando il rendimento: questo metodo però si dimostra insufficiente per le molteplici sorgenti e diverse qualità e non fornisce elementi per le ricerche.

Per contro la determinazione dell'energia utilizzabile dà al bilancio del calore un significato preciso e fornisce in ogni istante un dato diretto ed immediato del carattere più o meno perfetto del funzionamento con valutazione singola e non globale delle perdite.

La definizione del rendimento termodinamico delle macchine termiche ha per oggetto di caratterizzare con una semplice frazione il grado di perfezione raggiunto rispetto ad una macchina ideale. L'introduzione del concetto dell'energia utilizzabile permette giustamente di stabilire questa definizione su basi razionali essendo evitata qualsiasi introduzione di stato di vapore, estraneo ai dati ed arbitrariamente definito. Infatti tutta l'energia utilizzabile è suscettibile di essere trasformata in lavoro in una macchina perfetta e l'espressione naturale del rendimento termodinamico è semplicemente il rapporto del lavoro utile che essa produce all'energia utilizzabile che essa consuma. Questo consumo si otterrà facendo il bilancio degli apporti e delle cessioni di energia utilizzabile che rappresentano rispettivamente gli scambi di fluido a diverse pressioni e temperature con l'esterno, mettendo al passivo le quantità corrispondenti alle ammissioni, ed all'attivo quelle corrispondenti alle prese, estrazioni di vapore, spurghi, acqua condensata, ecc.

Nel caso in cui il fluido motore, vapore d'acqua, la cui energia è utilizzata nella macchina, attraversa questa in regime permanente, l'espressione dell'energia utilizzabile deve comprendere il lavoro di afflusso Apv dove p è la pressione e v il volume specifico, dimodochè l'energia per unità di massa diventa $W = u + Apv - T_0 s = i - T_0 s$ rapportando egualmente la energia interna u, l'entropia s e l'entalpia $i = u + Apv$ all'unità di massa. Dato che questa espressione è lineare in i ed s (TO è un fattore costante) le linee $W = C_{te}$ formano nel diagramma di Mollier di coordinate s ed i (vedi fig. 1) una famiglia di rette parallele dello stesso coefficiente angolare T_0. D'altra parte la relazione generale $\left(\frac{\delta i}{\delta s}\right) = T = cte$ mostra che una di queste

linee rette, nella zona di saturazione coincide con l'isobara p_0 corrispondente alla temperatura ambiente T_0.

È questa linea retta in luogo di quella passante per l'origine che occorre prendere per zero dell'energia utilizzabile. Il valore W per un punto qualunque A si otterrà semplicemente misurando la porzione di ordinata $A\,A_0$ compresa fra questo punto

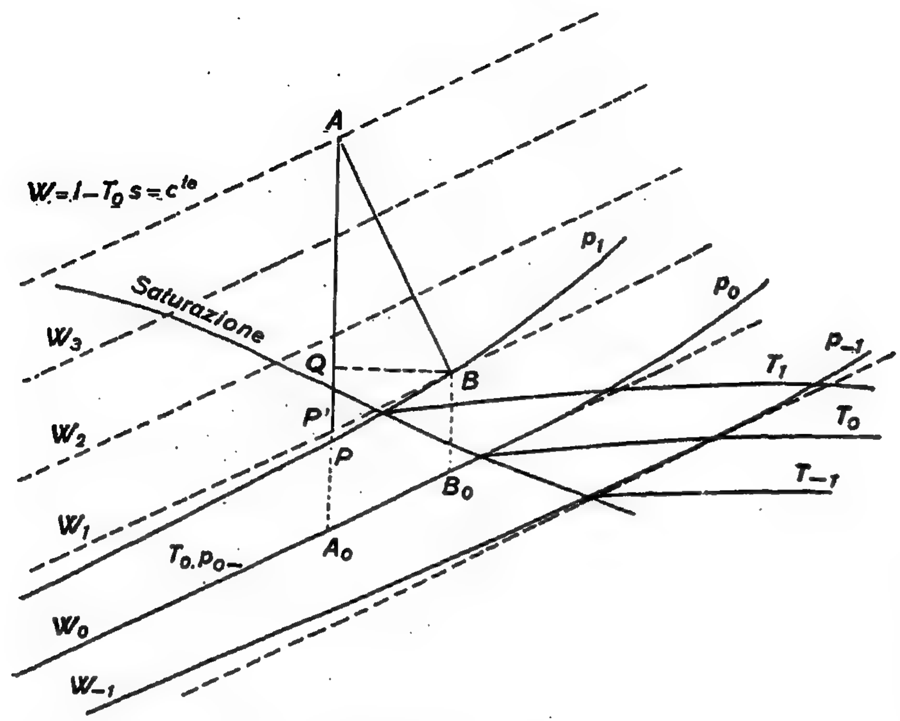


Fig. 1. - Campo delle rette parallele di uguale energia utilizzabile $W = i - T_0\, s$

e la retta d'origine $W = o$ mentre la sua variazione nel corso di una trasformazione qualunque AB sarà rappresentata dalla distanza verticale AP compresa fra le rette $W = Cte$ passanti per questi due punti.

Se il passaggio AB corrisponde ad una trasformazione reale irreversibile ma adiabatica, in maniera che la caduta d'entalpia AQ rappresenta il lavoro prodotto, l'espressione del rendimento termodinamico sarà $AQ : AP'$. Nella definizione corrente, il rendimento sarebbe dato da $AQ : AP$, ove P sull'isobara passante per B si rapporta, come abbiamo visto, ad uno stato fittizio e parassita che non ha di comune con lo stato realmente raggiunto in B che la pressione. Il punto P' non coincide con P, nel qual caso (esempio quello delle macchine semplici a condensazione) le due definizioni concordano, che se il punto B è sulla retta $W = o$ (trasformazione del vapore fino alla temperatura ambiente e all'interno della zona di saturazione). Se P' è al di sopra di P ($W > o$) vuol dire che l'energia utilizzabile, ancora disponibile in fine di trasformazione, nello stato B, è superiore a quella che lascerebbe in P una trasformazione ideale adiabatica fino alla stessa pressione. Questo fatto che d'ordinario è interpretato come fattore di ricupero fa sì che un raffreddamento isobaro da B in P restituisce a delle temperature superiori a T_0, delle quantità di calore di cui una frazione è trasformabile in lavoro. Rimane quindi dimostrato come il calcolo del rendimento termodinamico, che all'infuori dei casi più semplici, con la definizione usuale non comporta alcuna soluzione definita e soddisfacente, si effettua al contrario nei casi più complessi (sovrariscaldamenti, travasamenti ecc.), naturalmente e senza equivoci con l'aiuto dell'espressione dell'energia utilizzabile.

Questa nuova forma inoltre può essere considerata più perfetta di quanto l'antica conteneva di essenziale, ed essa giustifica meglio l'epiteto di termodinamico in quanto considerazioni di termodinamica l'hanno introdotta ed imposta naturalmente.

Ru.

h) OPINIONI CORRENTI INTORNO ALLE CENTRALI TERMOELETTRICHE

Electrical World. - 3 ottobre 1931; da pag. 588 a 593.

Gli Editori della Rivista Americana Electrical World hanno sottoposto ad un gruppo di ingegneri specializzati un questionario relativo alle odierne tendenze della tecnica delle Centrali Termoelettriche. È interessante osservare anzitutto la concordanza generalmente anbastanza grande nelle risposte, ciò che indica come la tecnica sia oggi orientata su direttive ben precise, mentre ancora pochi anni or sono le opinioni erano assai disparate.

La prima domanda del questionario era relativa agli eventuali vantaggi del nuovo tipo proposto di Centrale termica cosidetta all'aperto. Le risposte sono state nettamente contrarie; pur riconoscendo che il costo di una centrale all'aperto può essere inferiore persino del 10 o 15% a quello di una centrale completamente al coperto, qualora l'edificio abbia carattere monumentale, si ritiene invece che sia possibile in pratica render così limitato il costo dell'edificio che il risparmio per una centrale all'aperto si riduce a circa il 3%. Una obiezione fondamentale è quella relativa alla difficoltà d'esercizio nella stagione invernale; per questa ragione le centrali all'aperto non potrebbero essere adottate che nelle zone più calde. Il risparmio di spesa di impianto è relativamente piccolo, in quanto che le spese per le fondazioni, le gallerie di servizio e le strutture portanti in ferro, rimangono le stesse, venendo abolite soltanto le pareti, e la copertura; per questa ragione il vantaggio di una centrale all'aperto va rapidamente diminuendo coll'aumentare della potenza unitaria delle macchine.

Una seconda domanda era relativa alla tendenza a costituire le centrali del tipo unitario, cioè composte di gruppi comprendenti ciascuno una caldaia, una turbina un generatore coi relativi accessori e organi di comando. Le risposte sono state in generale favorevoli a tale tendenza, resa possibile dall'aumentata capacità di produzione delle moderne caldaie. Il sistema unitario si presenta specialmente opportuno per unità di potenza rilevante, di qualche decina di migliaia di kW. I progressi tecnici nella costruzione di caldaie e dei relativi accessori danno all'impianto di produzione di vapore lo stesso grado di sicurezza dei gruppi generatori e rendono quindi superflua la riserva delle caldaie. Alcuni dei tecnici interpellati ritengono che con tale sistema le spese d'impianto possano essere ridotte del 20 o 25%.

La terza domanda riguardava lo schema generale delle centrali e la tendenza alla semplificazione di esso, sia per l'impianto a vapore che per quello elettrico, collegando i gruppi unitari, caldaia, turbina, generatore, direttamente alle linee di uscita delle centrali. Si ritiene che questa tendenza sarà sempre più perseguita, in quanto che l'esperienza ha dimostrato che è possibile installare un gruppo unitario di tal genere con tutti gli accessori e gli ausiliari relativi in modo da avere un altissimo grado di sicurezza e un elevatissimo fattore di prestazione. La semplificazione di impianto e le relative economie di manutenzione e di esercizio sono assai rilevanti. Qualcuno dei tecnici interpellati ritiene però che sia opportuno mantenere sullo schema elettrico la possibilità di trasferire almeno in parte il carico dall'uno all'altro generatore.

Riguardo alla opportunità di costruire parecchie centrali di media potenza o piuttosto una sola grande centrale, le opinioni sono state concordi nel preferire la prima soluzione. Con parecchie centrali di minore potenza si può ridurre al minimo le riserve, concentrandole in una sola centrale; anche la sicurezza della continuità del servizio in caso di gravi incidenti riesce superiore. Inoltre si ottiene una maggiore elasticità di servizio. A favore della centrale di grande potenza concentrata rimane però un minore costo di esercizio.

Un'altra domanda riguardava la convenienza di impianti propri di produzione di energia nel caso di industrie che adoperano anche vapore per le lavorazioni, e circa l'opportunità che questi impianti possano venire acquistati o eserciti dalle stesse società produttrici e distributrici di energia. In generale le opinioni sono state favorevoli ad una tale soluzione, sebbene venga prospettato il pericolo che le società si trovino a fare eccessivi investimenti di capitali in impianti che interessano una sola industria, ciò che potrebbe portare gravi conseguenze economiche nel caso di periodi di depressione di quella particolare industria. La soluzione di questo problema economico e tecnico deve essere ben considerata caso per caso, dipendendo la sua convenienza da una quantità di fattori diversi e specialmente dall'andamento dei diagrammi di carico e di consumo di vapore rispettivamente della industria considerata e delle centrali della società distributrice. Praticamente si sono rilevate molte difficoltà nella stipulazione di contratti soddisfacenti fra industria e società distributrice.

È stata poi universalmente riconosciuta la concorrenza crescente che può essere fatta alle società distributrici da impianti locali di generazione di energia per mezzo di motori a combustione interna. Alcuni dei tecnici interpellati esprimono la opinione che il futuro indirizzo possa essere quello di produrre il carico base in grandi centrali e sopperire invece alle punte con impianti locali. Tuttavia l'opinione generale è stata quella che impianti individuali delle industrie con motori a combustione non possano fare seria concorrenza economica alle società distributrici di energia.

La questione si ricollega a quella del decentramento delle centrali produttrici e alla limitazione da imporre alla esagerata tendenza per la trasmissione di energia a troppo grande distanza.

In qualche caso può essere riconosciuta l'utilità di trasformare vecchie centrali termiche introducendo in esse nuovi gruppi ad alta pressione, che alimentano allo scarico i vecchi gruppi. Tuttavia tale soluzione è da adottarsi soltanto dopo attento studio, perchè in generale riesce più conveniente fare una centrale nuova e adoperare le centrali invecchiate come riserve e per sopperire ai carichi di punta. La convenienza della trasformazione è specialmente probabile, qualora il rinnovamento di una centrale possa essere fatto sostituendo soltanto i gruppi generatori e non le caldaie; queste ultime possono essere portate ad aumentare del 50-75% la loro produzione di vapore, introducendo i moderni apparecchi di combustione e le pareti a tubi d'acqua; i nuovi gruppi generatori di maggiore potenza possono essere costruiti in modo da sostituire i vecchi sulle stesse fondazioni e facendo uso degli stessi condensatori opportunamente modificati.

L'ultima domanda riguardava il costo totale di installazione relativo e il costo del kWh in una centrale da 400 000 kW in ciascuna delle 3 seguenti ipotesi di lavoro: *a*) pressione di 30 kg/cm.^{2}, temperatura 400°; *b*) 42 kg/cm^2 e 400°; *c*) 85 kg/cm^2 e 400°.

Per la centrale di maggior pressione è stato valutato un sopraprezzo di impianto di circa il 15% rispetto a quello di minor pressione. Per quanto le cifre stimate dai diversi tecnici siano un po' diverse fra loro, si può in generale ritenere come opinione predominante che la differenza di spese d'impianto siano relativamente piccole anche entro amplissimi limiti di variazione della pressione di lavoro. Un coefficiente che può variare notevolmente il costo d'impianto è quello della eventuale introduzione del surriscaldamento intermedio. Risulta come tipo generalmente ritenuto opportuno quello di una centrale che lavori con pressione fra 40 e 50 kg/cm^2 e temperature di vapore fra 50° e 500°, senza surriscaldamento intermedio.

Ri

Le prove con c. c. ad alta tensione sono relativamente poco usate, esse richiedono dei trasformatori di modesta potenza accoppiati con raddrizzatori termoionici (attualmente costruibili fino a 200 kV). La ricerca dei guasti nei cavi d'energia con isolante fluido o semifluido diventa talvolta impossibile coi metodi ordinari a bassa tensione perchè l'olio ristabilisce l'isolamento nel punto dove era avvenuto il corto circuito appena la tensione viene tolta, se però la prova di tensione è fatta con c. c. allora le misure di resistenza sui conduttori del cavo possono anche essere eseguite durante la prova stessa.

Le prove di tensione ad A. F. utilizzano la scarica oscillante di un condensatore chiuso su di una debole resistenza per alimentare il primario di un trasformatore di Tesla (senza nucleo magnetico); il condensatore viene ricaricato periodicamente con c. a. a frequenza indutriale e la scarica è adescata 2 volte ad ogni ciclo da un apposito spinterometro. Gli impianti di prova ad A. F. sono stati costruiti per frequenze fino a 200 periodi/secondo e per tensioni fino a 900 kV; un'applicazione particolare di questi impianti si ha nel collaudo delle apparecchiature radiotrasmittenti.

Anche nelle prove ad impulso si utilizza la corrente di scarica di una batteria di condensatori soltanto che invece del Tesla si adotta una disposizione particolare di spinterometri tale da mettere tutti i condensatori in serie durante la scarica ed in parallelo durante la carica; la tensione di carica continua di 200 kV ottenuta attraverso ad un raddrizzatore termoionico risulta, all'atto della scarica, moltiplicata per il numero dei gruppi di condensatori in serie. Negli impianti di prova ad impulso si realizzano delle tensioni persino di 2.000 kV ed oltre tali da permettere di esaminare il comportamento degli apparecchi elettrici in condizioni analoghe a quelle che si verificano negli impianti di trasmissione dell'energia esposti alle azioni atmosferiche.

Gli AA. terminano il loro studio con la descrizione di 4 laboratori inglesi: uno adibito a ricerche scientifiche e gli altri 3 a ricerche tecniche presso stabilimenti, tutti equipaggiati con impianti di prova adatti per realizzare delle tensioni di oltre 1000 kV.

I. L.

GLI IMPIANTI DI PROVA PER ALTA TENSIONE

J. I. E. E., Londra, giugno 1931. – E. T. Norris, F. W. Taylor.

Le prove ad alta tensione si possono classificare secondo 4 categorie: 1) prove a frequenza industriale, usate solitamente per tutto il macchinario elettrico e per le apparecchiature a c. a.; 2) prove con c. c. limitate al collaudo dei cavi già posati poichè richiedono un'apparecchiatura elettrica facilmente trasportabile; 3) prova ad alta frequenza, usate per gli isolatori di porcellana e per le matasse isolate delle macchine elettriche; 4) prove ad impulso, usate per studiare il comportamento degli isolatori e delle linee ad alta tensione sottoposti ad onde di sovratensione a fronte ripido.

I trasformatori di prova a frequenza industriale si costruiscono in un'unica unità per tensioni fino a 500 kV, oltre questo valore si dispongono da 2 a 3 trasformatori in cascata secondo il metodo proposto dal Dessauer. La regolazione della tensione si fà sempre sull'avvolgimento a bassa tensione del trasformatore agendo o sull'eccitazione dell'alternatore o sul regolatore ad induzione a seconda del modo come il trasformatore è alimentato. Nel caso di unità di piccola potenza (fino a 10 kVA) può convenire di inserire in serie sulla linea a tensione costante un reostato per regolare la corrente del trasformatore; il reostato può essere sostituito da una reattanza regolabile come negli impianti d'illuminazione. Recentemente è stato costruito un trasformatore per 500 kV col cassone cilindrico orizzontale ed i terminali verticali, questa soluzione permette di ridurre l'altezza del trasformatore completo ed è particolarmente vantaggiosa nel caso del collegamento in cascata. Negli impianti di prova ad alta tensione bisogna dedicare speciali cure alla protezione del personale addetto alle manovre; bisogna in particolare evitare che il trasformatore possa andare sotto tensione mentre gli operai sono nel recinto di prova. Si dovranno inoltre prevedere due prese di terra distinte una per tutte le apparecchiature metalliche a portata di mano del personale e l'altra per le prove di tensione propriamente dette. La potenza dei trasformatori deve sempre essere proporzionata alla tensione che si vuol realizzare, come regola generale la potenza al primario non dovrebbe mai essere minore di ½ kVA per ogni kV di tensione al secondario. Se però l'impianto è destinato alla prova dei cavi d'energia allora la potenza del trasformatore è stabilita dal carico capacitivo che il cavo può assorbire.

PERDITE NELL'INVOLUCRO DI PIOMBO E NELL'ARMATURA DEI CAVI PER CORRENTE ALTERNATA AD UNO O PIU' CONDUTTORI

Elektrotechnik und Maschinenbau, N. 32, 9 agosto 1931. – H. Feiner, H. Schiller.

Gli AA. espongono i risultati di una serie di misure effettuate allo scopo di determinare l'importanza delle perdite nell'armatura e nell involucro di piombo dei cavi monofasi e trifasi e di trarre, dai risultati ottenuti, alcune conseguenze importanti agli effetti dell esercizio.

La misura di dette perdite venne ricondotta a quella della resistenza attiva e della induttanza, con l'impiego di un ponte. Il dispositivo impiegato per i cavi monofasi è indicato schemati-

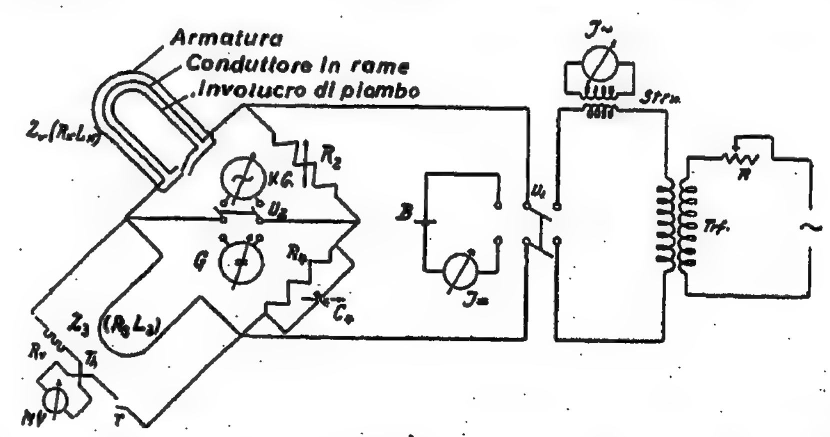


Fig. 1. - Ponte a c. a. ed a c. c. per misure su cavi monofasi.

camente nella fig. 1, nella quale i vari simboli rappresentano: R_x la resistenza ohmica attiva del cavo alimentato con corrente alternata, L_x la induttanza del medesimo, R_2 una resistenza ohmica variabile, R_4 una resistenza ohmica costante, C_4 una capacità variabile, R_3 ed L_3 la resistenza ohmica e l'induttanza di un cavo campione.

Il ponte può essere alimentato a corrente alternata dal trasformatore T_{rf} oppure a corrente continua dalla sorgente B; il commutatore U realizza la doppia alimentazione. Il commuta-

tore U_2 serve all'inserzione del galvanometro a corrente continua G oppure di quello a corrente alternata (a vibrazione) VG. Il millivoltmetro MV misura la caduta di tensione nel cavo campione.

Partendo dalle equazioni di equilibrio del ponte, un calcolo elementare permette di esprimere le grandezze incognite con le espressioni:

$$L_x = R_2 R_3 C_4 + \frac{R_3 L_2}{R_4}$$

$$R_x = \frac{R_2 \, R_3}{R_4} - \omega^2 L_2 R_3 C_4$$

Nota la resistenza attiva R_x, la resistenza R_v, che dà luogo alle perdite supplementari nell'involucro e nell'armatura del cavo, viene dedotta per differenza, essendo nota la resistenza R_1 del cavo alimentato con corrente continua

$$R_v = R_x - R_1$$

Cavi monofasi. – Il cavo ad un solo conduttore veniva, durante le prove, connesso al ponte in modo da formare una spira di larghezza ben determinata. La sezione del conduttore era di

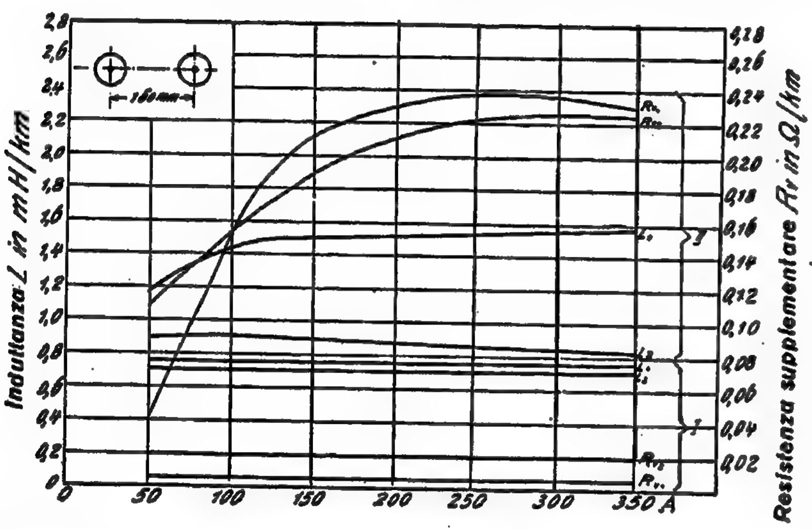


Fig. 2. - Resistenza supplementare ed induttanza di un cavo monofase non armato (*I*) e di uno armato (*II*).

70 mm², lo spessore dell isolante di 10 mm e lo spessore dell'involucro di piombo di 1,8 mm. La tesistenza ohmica era di 0,26 Ω/km. Le prove hanno permesso di determinare: il diverso comportamento di un cavo armato da uno senza armatura e, quindi, l'influenza dell'armatura agli effetti delle perdite

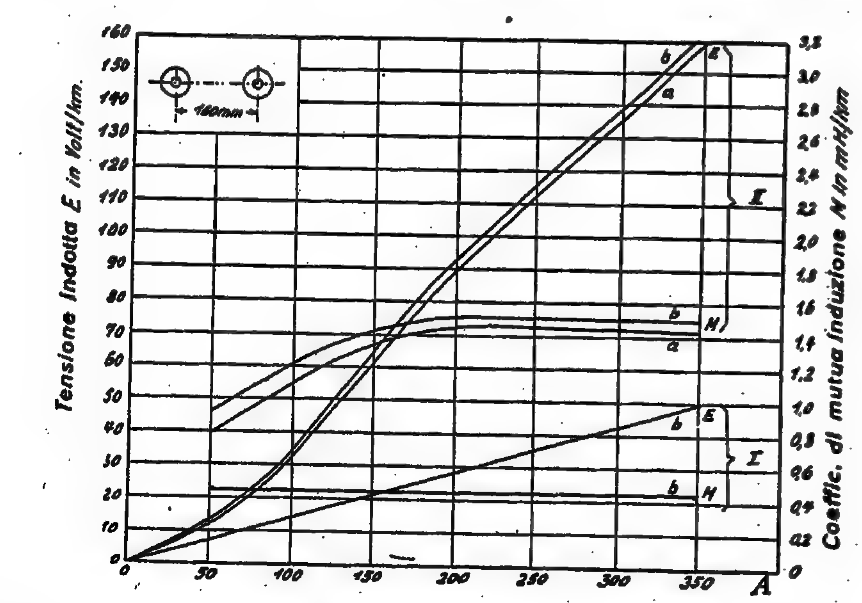


Fig. 3. - Tensione indotta E nell'involucro (*b*) e nell'armatura (*a*) e coefficiente di mutua induzione M fra involucro (*b*) o rispett. armatura (*a*) e conduttore di un cavo monofase armato (*II*) o di uno senza armatura (*I*).

ohmiche supplementari e dell'induttanza; la tensione indotta nell'involucro e nell'armatura nonchè il coefficiente di mutua induzione tra involucro di piombo e conduttore e tra armatura e conduttore; il diverso comportamento, nei riguardi delle perdite supplementari, dei cavi con involucro ed armatura isolati da quelle con queste parti collegate (chiuse in corto circuito); la diminuzione della resistenza supplementare R_v nei cavi con armatura costituita da conduttori in rame; il comportamento dei cavi armati con nastro di ferro anzichè con conduttori dello stesso metallo.

I principali risultati a cui gli AA. sono pervenuti si possono riassumere come segue:

1) Per una distanza assiale di 160 mm (fig. 2), il cavo senza armatura (*I*) presentava una resistenza supplementare ed una induttanza di gran lunga inferiori agli analoghi elementi per il cavo armato con 50 fili di ferro da 2,5 mm di diametro (*II*). Nel primo cavo questi valori erano pressochè indipendenti dalla corrente. Il collegamento dell'involucro e, rispettivamente, dell'involucro di piombo e dell'armatura portava ad una induttanza L_2 sempre inferiore all'induttanza degli stessi cavi con involucro ed armature isolati L_1; lo stesso si verificava per la resistenza del cavo armato ($R_{v2} - R_{v1}$) e l'inverso avveniva per il cavo senza armatura ($R_{v2} - R_{v1}$).

2) La f. e. m. indotta ed il coefficiente di induzione mutua M pel cavo (*I*) sono alquanto inferiori ai valori misurati per il cavo (*II*). Per una corrente di 200 A, nell'involucro di piombo sono stati riscontrati i seguenti valori: $E_{II} = 90$ V/km, $M_{II} = 1,5$ mH/km; $E_I = 28$ V/km; $M_I = 0,45$ mH/km. L'andamento delle curve E (*A*) ed M (*A*) è indicato nella fig. 3.

3) La resistenza R_v e l'induttanza L di un cavo armato con fili a sezione circolare variano a seconda che l'armatura e l'involucro di piombo sono cortocircuitati o no. La legge di variazione corrisponde all'andamento delle curve della fig. 4. Le

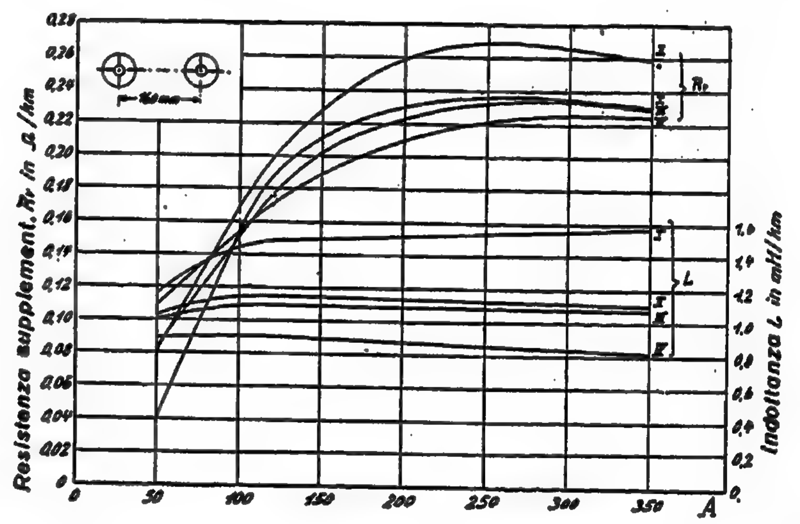


Fig. 4. - Resistenza supplementare ed induttanza di un cavo monofase armato.

quattro curve sono valide per una distanza assiale di 160 mm e si verificano a:

curva	*I*	*II*	*III*	*IV*
involucro	aperto	in corto circuito	aperto	in corto circuito
armatura di piombo	aperta	aperta	in corto circuito	in corto circuito

La stessa legge di variazione è valida anche per le distanze assiali diverse da 16 cm.

4) Le perdite ohmiche supplementari e l'induttanza L diminuiscono in larga misura sostituendo in parte i conduttori in ferro dell'armatura con altrettanti fili di rame. La diminuzione è tanto maggiore quanto più elevato è il numero dei fili in rame. Nella fig. 5 sono riportate le curve R_v (*A*) ed L (*A*) per tre cavi: (*I*) armato con 50 fili di ferro; (*II*) armato con 45 fili di ferro e 5 fili di rame intercalati; (*III*) armato con 40 fili di ferro e 10 di rame. Le curve con indice i sono state dedotte con involucro ed armatura aperti e le altre con indice v si riferiscono ad involucro ed armatura cortocircuitati.

5) Per un cavo armato con spirali in nastro d'acciaio, è stato riscontrato un notevole incremento della tensione indotta nell'involucro e nell'armatura e nel coefficiente di mutua induzione fra involucro e conduttore e rispettivamente fra armatura e conduttore. Il coefficiente M presenta un massimo in corrispondenza di una corrente limitata e decresce poi rapidamente coll'aumentare della densità di corrente.

Con involucro in piombo in cortocircuito (fig. 6, curve a tratto continuo *II*, *IV*), la resistenza supplementare R_v cresce

lentamente ed in modo continuo; l'induttanza L (curve *II*, *IV* punteggiate) si mantiene pressochè costante. Con involucro isolato, la resistenza e l'induttanza (curve *I*, *III*) crescono

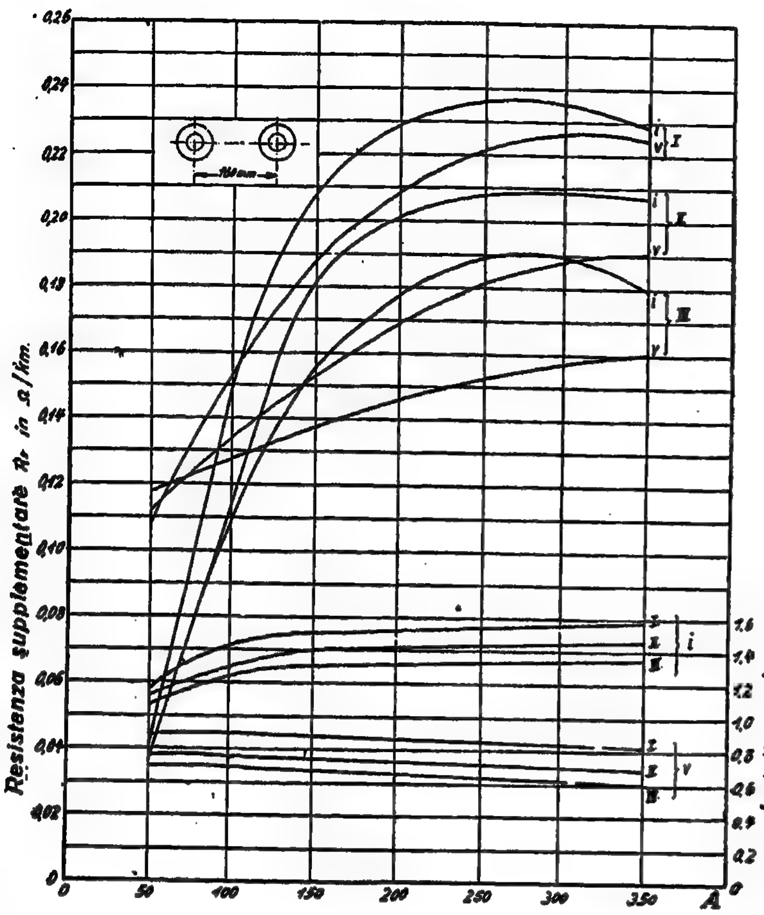


Fig. 5. - Resistenza supplementare ed induttanza di cavi monofasi armati.

dapprima fino ad un massimo (saturazione) e decrescono poi rapidamente coll'aumentare del carico del cavo. Le curve *I*, *II* valgono per l'armatura isolata; le curve *III*, *IV* per armature in cortocircuito.

Cavi trifasi. – Per le misure su cavi trifasi, il ponte descritto dianzi venne convenientemente modificato. Il cavo campione era costituito da una triplice treccia di rame da 70 mm² con resistenza ed induttanza note. Le tre estremità degli involucri

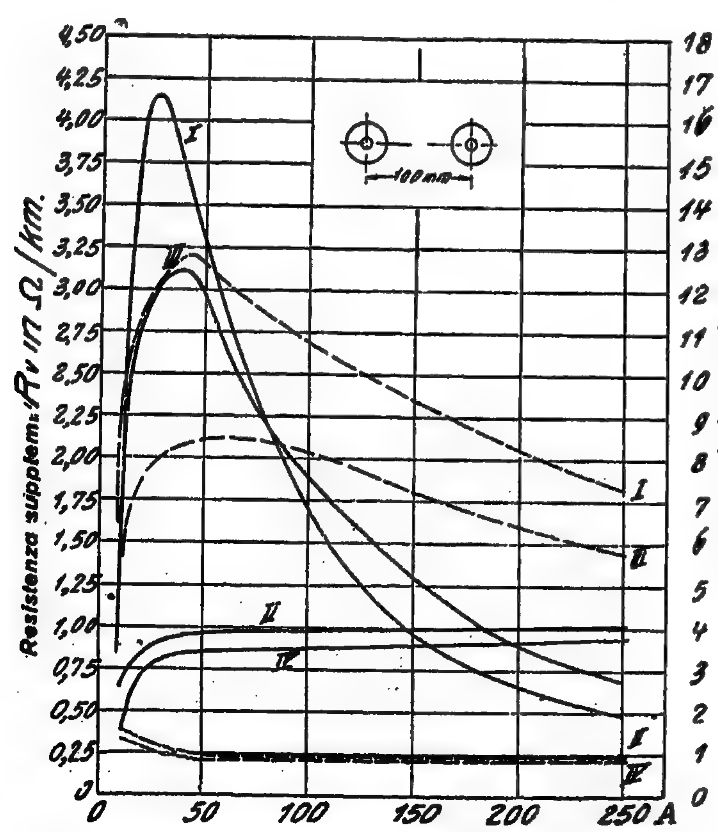


Fig. 6. - Resistenza supplementare ed induttanza di un cavo monofase armato con nastri di ferro.

di piombo erano costantemente collegate fra loro ad un capo; all'altro capo esse potevano restare isolate oppure cortocircuitate. Le misure effettuate su tre tipi diversi di cavi trifasi hanno permesso di trarre le seguenti conclusioni:

1) Un cavo tripolare con tre conduttori cordati e rivestimento comune in piombo presenta resistenza supplementare ed induttanza inferiori a quelle riscontrate per il cavo armato con conduttori in ferro a sezione rettangolare ed, in maggior misura, inferiori alla resistenza ed alla induttanza del cavo armato mediante nastro in ferro, avvolto a spirale. La resistenza supplementare va, in maggior parte, attribuita all'isteresi nel ferro dell'armatura; l'induttanza è influenzata dall'alta permeabilità del ferro. Resistenza supplementare ed induttanza sono pressochè indipendenti dalla densità di corrente.

2) In un sistema trifase costituito da tre cavi unipolari non armati, disposti sopra un piano orizzontale, venne riscontrata una distribuzione non simmetrica delle perdite, dovuta a dissimetria delle correnti negli involucri di piombo. La dissimtria non è, tuttavia, molto accentuata. La resistenza supplementare è minima quando gli involucri sono isolati. Poichè, in generale quest'ultima condizione non è soddisfatta per ragioni inerenti all'esercizio (necessità di ovviare a delle tensioni dell'involucro e, quindi, a conseguenti fenomeni elettrolitici), sono necessarie misure particolari onde ridurre le perdite supplementari.

L'impiego dell'armatura con fili di ferro non è ammissibile per cavi unipolari, a causa delle perdite eccessive. Si rimedia a possibili inconvenienti con una posa in opera opportuna dei cavi non armati oppure impiegando per l'armatura materiali non magnetici: bronzo, alluminio, rame. Le perdite si riducono se i cavi unipolari vengono disposti simmetricamente.

3) Un cavo tripolare, armato o non, costituito da tre cavi unipolari sotto piombo cordati, ha un comportamento, agli effetti delle perdite supplementari e dell'induttanza, pressochè identico a quello del cavo normale con involucro di piombo comune.

Dai risultati ottenuti, gli AA. traggono alcune conseguenze sul comportamento dei cavi trifasi delle reti a bassa tensione con neutro esterno messo a terra e sull'influenza che detti cavi possono esercitare sui cavi delle linee a corrente debole parallele.

D. M.

I RAGGI INFRAROSSI NELLA TECNICA DELLE COMUNICAZIONI E DELLE SEGNALAZIONI

VDI Zeitschrift, 10 ottobre 1931, N. 41. – G. Gresky.

Come è noto, i raggi infrarossi costituiscono un prolungamento dello spettro visibile dalla parte delle onde più lunghe: essi si collegano colle onde elettromagnetiche cortissime. Come sorgenti di raggi infrarossi si usano lampade ad incandescenza e ad arco: queste naturalmente diffondono però anche i raggi visibili dello spettro. Per determinare la presenza dei raggi infrarossi si ricorre al loro effetto calorifico su cellule al selenio oppure su quelle di Hange o Schottky, costituite da una lastra di rame provvista di uno strato di ossido di rame che porta un controelettrodo. Se passano dei raggi infrarossi attraverso questo ossido, si liberano da esso degli elettroni che, nel passaggio attraverso lo strato, producono una corrente misurabile.

Per la ricezione dei raggi infrarossi si usano mezzi ausiliari ottici: in generale l'energia raccolta viene concentrata sulla cellula con uno specchio parabolico.

Delle proprietà dei raggi infrarossi specialmente importanti per le applicazioni pratiche sono la invisibilità e la facoltà di penetrare meglio dei raggi luminosi attraverso la nebbia. Grande importanza ha in questo la lunghezza d'onda della radiazione in relazione alla grandezza delle particelle di nebbia. Se queste sono dello stesso ordine di grandezza della lunghezza d'onda dei raggi infrarossi, vale la legge di Lord Rayleigh, per la quale l'intensità della radiazione sta in ragione inversa della quarta potenza della lunghezza d'onda. Se le particelle sono più grandi della lunghezza d'onda, come è il caso per i raggi infrarossi in caso di forte pioggia, vale sempre la legge di Lord Rayleigh, per la quale si manifesta la superiorità dei raggi infrarossi rispetto ai raggi visibili. Esperimenti in proposito sono stati fatti da Granath e Hulburt e anche da Anderson, che nelle sue misure è ricorso a nebbia artificiale. Anche gli italiani Rolla e Mazza hanno fatto esperimenti in proposito e hanno mostrato che con telefonia a raggi infrarossi si è potuta raggiungere attraverso la nebbia una portata di 10 km, mentre con raggi di luce comune essa veniva limitata a 100 m.

Fra le applicazioni pratiche ricorderemo la trasmissione di comunicazioni senza fili a breve distanza, col vantaggio di una acuta direzionabilità. Per la modulazione dell'onda emittente

prodotta da lampade ad arco o ad incandescenza vi sono due possibilità: o si fa variare l'intensità della lampada in relazione alle oscillazioni della voce, oppure la emissione costante della lampada viene modulata durante il suo percorso verso il ricevitore. Al primo sistema appartiene la lampada ad arco parlante di Simon già annunciata 30 anni or sono e migliorata poi da Dudell. Per tenere le comunicazioni segrete si filtra la radiazione luminosa lasciando passare solo i raggi infrarossi.

Un'altra applicazione dei raggi infrarossi è quella della ricerca di corpi a temperatura notevolmente differente dall'ambiente (per esempio camini di navi e di fabbriche). Le radiazioni infrarosse di questi corpi sono a onda relativamente lunga: per determinare la direzione della sorgente sconosciuta di radiazioni, la cellula deve essere provvista di uno specchio parabolico: inoltre, poichè la cellula è sensibile anche ai raggi luminosi, deve essere per questi munita di filtro conveniente.

È poi allo studio l'applicazione dei raggi infrarossi per segnalazioni in caso di nebbia durante la navigazione aerea e marittima. Si pensa di sostituire ai segnali di navigazione dei dispositivi di emissione e di ricezione per raggi infrarossi: questi segnali dovrebbero emettere raggi diversamente modulati per caratterizzare, ad esempio, le posizioni di babordo e tribordo di una nave e per rendere riconoscibili le radiazioni emesse. Con tali segnalazioni anche i fari dovrebbero emettere radiazioni infrarosse.

È stato concepito anche un impianto per la protezione dell'accesso in un locale: la fig. 1 dà un'idea di una tale installazione.

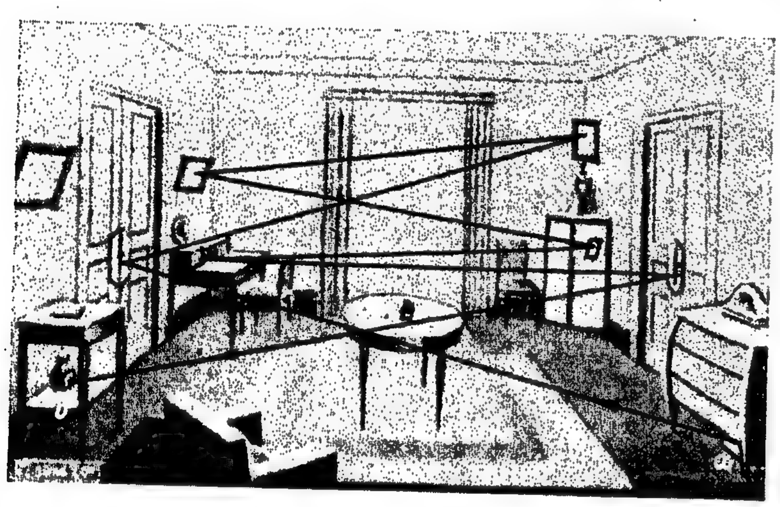


Fig. 1. - Protezione di un locale per mezzo dei raggi infrarossi.
a) = sorgente; *b*) = cellula ricevitrice.

Ad una parete è applicata una sorgente emittente di raggi infrarossi: il fascio colpisce la cellula dell'apparecchio ricevente, dopo essere stato riflesso più volte attraverso la camera, in modo che non è possibile attraversarla senza interrompere il fascio. Allo stesso modo si può utilizzare un impianto di questo genere per scopi statistici per contare il numero dei veicoli che attraversano un passaggio obbligato.

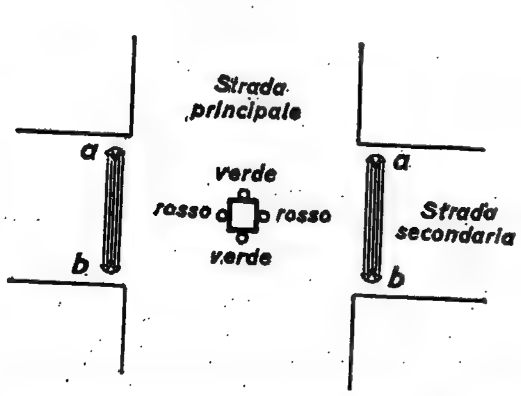


Fig. 2. - Regolazione automatica dei segnali del traffico per mezzo di un fascio di raggi infrarossi che taglia la via secondaria.
a) = sorgente *b*) cellula ricevitrice.

In America si è fatta anche un'applicazione per l'azionamento dei semafori stradali: con questo sistema i segnali sono disposti sempre per la via libera nel senso della strada principale: quando però sulla strada secondaria si avvicina al segnale un veicolo, questo, intercettando un fascio di raggi infrarossi, dispone i segnali della via principale per l'arresto e apre l'accesso della via secondaria. La fig. 2 rappresenta schematicamente la disposizione di una tale segnalazione automatica. Il dispositivo poi è stato studiato in modo che il cambio di segnalazione av venga solo dopo che il veicolo all'ingresso della via principal ha intercettato per un certo tempo il fascio dei raggi infrarossi ciò allo scopo di permettere a un veicolo, che deve solo svoltar e non attraversare, di passare senza determinare una modifica zione nella segnalazione.

T. S.

MANUTENZIONE ECONOMICA DEI CONTATORI

ETZ, N. 11 1931. – W. Zwanziger.

Da un punto di vista economico non è il valore assoluto del l'errore percentuale di un contatore che può giustificare la sua ritaratura, ma l'entità del consumo e il prezzo unitario di ta riffa.

In certi casi si possono perciò tollerare anche errori notevol quando il consumo è piccolo. Vi sono per altro dei limiti di tol leranza riconosciuti anche dalle autorità tedesche: per corrente monofase un errore nei limiti:

$$\pm E = 3 + 0{,}2\,\frac{P_n}{P} + \left(1 + 0{,}2\,\frac{I_n}{I}\right)\,\mathrm{tg}\,\varphi$$

è tollerabile: l'errore tollerabile, per solo carico luce, dipende perciò principalmente dal rapporto $\frac{P_n}{P}$ dove P è il carico momentaneo e P_n il carico ammissibile del contatore. Così per un contatore da 5 A con un consumo di 100 kWh all'anno e un carico momentaneo di 100 Watt, un errore di $\pm$ 5,2 % è ammesso anche dalle autorità.

Per altro la revisione di un contatore è conveniente solo quando la perdita, che si ha da una misurazione in meno da esso fatta per un intervallo fra una revisione e l'altra, è pari o superiore alla spesa occorrente per la rimessa a punto. La spesa di revisione di un contatore è di L. 20 circa: si può allora tracciare una curva (fig. 1) che dà le percentuali di errore, in dipendenza del tempo, per le quali le perdite sono eguali alla spesa di revisione per un consumo annuo di 100 kWh. Se il consumo è x volte o se il prezzo di tariffa è y volte quello fissato, il periodo di tempo per il quale è conveniente la revisione è ottenuto dividendo il tempo dato dal diagramma per $x\,y$. Per altro se si adotta un lasso di tempo molto lungo, per es. 10 anni, si devono tollerare errori più piccoli, mentre se la revisione avviene, ad es. ogni due anni, si possono ammettere errori più alti, perchè questi, che possono poi peggiorare, sono eliminati dalla revisione più sollecita.

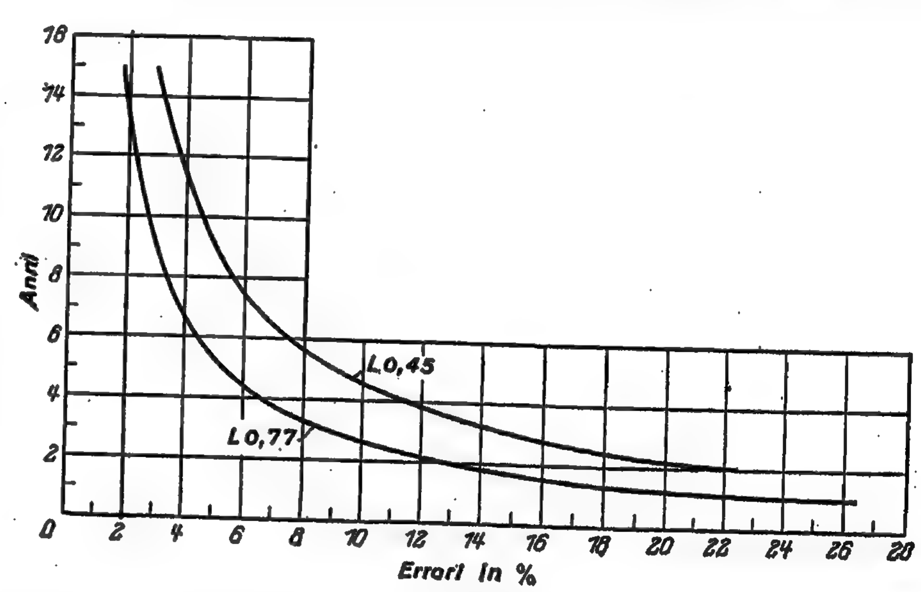


Fig. 1. - Errori percentuali in funzione del tempo per il quale, ammettendo un consumo di 100 kWh e un prezzo dell'energia di L. 0,77 o L. 0,45, le perdite dovute all'errore pareggiano la spesa per la taratura e la riparazione del contatore (L. 20).

Circa gli errori presentati dai contatori il 64 % sono dovuti alla polvere che vi entra sempre, il 26 % a difetti nei perni e nei supporti e il 10 % solo a guasti sopravvenuti durante il funzionamento.

T. S.

Pubblicazioni

DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO

ING. CARLO SOLARI: *Macchine elettriche* (Funzionamento e prove). – Editore Ulrico Hoepli, Milano 1931.

L'opera consta di due volumi, il primo dedicato ai preliminari e alle macchine a corrente continua e il secondo alle macchine a corrente alternata, ed è destinato specialmente agli allievi delle Scuole professionali di elettrotecnica, nonchè ai capitecnici e agli operai elettricisti.

In forma semplice e quasi elementare, con pochi riferimenti teorici, il libro tratta un argomento essenzialmente pratico, quale è il funzionamento delle macchine elettriche e la loro prova; verrebbe così a completare il testo sulla costruzione delle macchine, pure dedicato alle Scuole industriali di Elettrotecnica, e dovuto al prof. Rebora.

Dopo un breve richiamo delle nozioni fondamentali sulle correnti alternate, l' A. entra senz'altro a parlare delle macchine a corrente continua, dei modi di eccitazione, della regolazione della tensione e dell'accoppiamento delle dinamo e della loro prova, passando poi ai motori a c. c. e relativo funzionamento e prova; nel secondo volume, vengono con lo stesso ordine trattati i trasformatori, compresi gli auto-trasformatori e i riduttori di corrente e di tensione, gli alternatori, i motori sincroni e asincroni, e infine le convertitrici e i raddrizzatori a vapori di mercurio. L'ordine della materia è quello adottato nella Scuola, dove alla trattazione di un dato tipo di macchina si fanno seguire le relative prove di laboratorio.

L'opera, che riporta anche numerosi problemi perchè l'allievo possa utilmente esercitarsi nella loro soluzione, può venir letta con vantaggio anche da tutti coloro che, senza avere una cultura tecnica specializzata, desiderano possedere delle cognizioni chiare e precise sulle macchine elettriche.

***

ING. FRANCO FED. SALERNO: *La tecnologia del cemento portland.* 1 Vol. in 16° di 358 pag. con 143 figure, 3 tavole e 60 tabelle. Ed. U. Hoepli, Milano 1931. Prezzo: L. 48.

Premesse alcune notizie storiche e statistiche sulla produzione e sul consumo dei cementi naturali ed artificiali, l'A. passa immediatamente alla trattazione delle proprietà del cemento, facendo riferimento alle più moderne vedute circa la costituzione del clincher e la presa dei cementi. Ai due argomenti basilari della fabbricazione del portland: la macinazione e la cottura, sono dedicati due capitoli distinti, ampi ed accurati. L'opera dell'Ing. Salerno viene a colmare degnamente una lacuna della nostra letteratura tecnica e può costituire un utilissimo ausilio per tutti quei tecnici ed ingegneri che direttamente o indirettamente si occupano della produzione e delle applicazioni del cemento.

***

Von der Werkstatt zur Werkstadt. — Der Siemens-Konzern im Bilde.

Si tratta di due pubblicazioni del Gruppo Siemens, aventi scopo e caratteri pubblicitari.

Nella prima sono date numerose notizie sull'origine, lo sviluppo e la formazione del Gruppo ed è accennato alle varie lavorazioni che sono venute man mano ad integrare la complessa attività della Ditta, dai primi impianti telegrafici e di segnalazione al grosso macchinario, dalle prime tramvie e ferrovie elettriche ai recenti impianti di telefonia ad alta frequenza, dai quadri e strumenti di misura alle applicazioni domestiche.

Il secondo volume illustra invece in numerose e belle fotografie i principali stabilimenti per la fabbricazione di materiale Siemens e molti fra i più importanti impianti eseguiti, sia nel campo della produzione di energia elettrica sia nei più svariati rami delle applicazioni.

Libri ricevuti

D. GERMANI (Professore presso il Politecnico di Bucarest): *Sur la structure des formules et la synthèse des lois de similitude en Physique. - Considérations sur les grandeurs et leurs unités.* Edito per cura de L'Institut Nationale Roumain pour l'étude de l'Aménagement et de l'utilisation des sources d'énergie Bucarest 1931.

Scopo dell'A è di sintetizzare le leggi di similitudine in una legge unica di carattere generale che possa essere facilmente applicata in qualunque campo della fisica. A tale uopo egli riduce una qualunque legge di similitudine fra due sistemi analoghi, all'eguaglianza, nei sistemi considerati, delle *misure specifiche* di un dato *parametro* (ad es. gravità o viscosità), che caratterizza il fenomeno studiato.

***

MINISTERO DEI LL. PP. - SERVIZIO IDROGRAFICO: *Risorse idrauliche per forza motrice utilizzate e ancora disponibili.* Bacini del compartimento del Magistero delle Acque: Vol I°, *Adige* (fascicolo VII della pubblicazione N. 12 del Servizio Idrografico). Roma (1931-IX). Libreria del Provveditorato Generale dello Stato. – Prezzo L. 50.

***

MINISTERO DEI LL. PP. - SERVIZIO IDROGRAFICO: *Grandi utilizzazioni idrauliche per forza motrice* (Elenco degli impianti in funzione e in costruzione al 31 dicembre 1930). Pubblic. N. 10 del Servizio Idrografico. Vol. VI. Roma (1931/IX) Libreria del Provveditorato generale dello Stato. - Prezzo L. 35.

***

UFFICIO IDROGRAFICO DEL R. MAGISTERO ALLE ACQUE: *Le risorse idriche del Compartimento (Regione veneta) e le possibilità della loro utilizzazione nei riguardi dell'Agricoltura.* - Roma (1931/IX). Libreria del Provveditorato generale dello Stato.

***

R. MAGISTERO ALLE ACQUE: *Antichi scrittori di idraulica veneta.* Vol. II: *Discorsi sopra la laguna di Cristoforo Sabbadino.* (Parte I^a, a cura di ROBERTO CESSI). Venezia, 1930.

***

UFFICIO IDROGRAFICO DEL PO - Parma: *La magra eccezionale nel bacino padano nell'anno 1922 e la grande piena del Po nell'anno* 1926. Relazione dell'Ing. Prof. MARIO GIANDOTTI. Roma (1931/IX). Libreria del Provveditorato generale dello Stato. - Prezzo L. 40.

***

DOTT. ING. FRITZ BUSMANN: *Arbeitsströmung einer Propellerturbine.* - Forschungsheft 349 - V.D.I. Verlag - Berlin NW7/1931 Prezzo RM. 5.

L'A. espone i risultati di ricerche sperimentali appositamente istituite per verificare la validità e i limiti di applicabilità delle moderne teorie idrodinamiche per lo studio delle turbine ad elica.

Notiziario

LE NUOVE NORME (1931) PER LA COSTRUZIONE E IL COLLAUDO DELLE CONDOTTE METALLICHE FORZATE AD ALTA PRESSIONE (a

A cura dell'Associazione italiana per gli studi sui materiali da costruzione è stata recentemente pubblicata la relazione della Commissione incaricata di rinnovare le « Norme per le condotte metalliche ad alta pressione ».

La prima edizione di tali norme, come è noto, era stata presentata alla IX riunione dell'associazione predetta nell'aprile 1922. In essa erano stati deliberatamente fissati coefficienti di resistenza e di allungamento superiori a quelli che nell'uso corrente si raggiungevano, nel duplice intento di unificare i materiali delle strutture per tubazioni con quelli delle caldaie a vapore e di promuovere un miglioramento dei prodotti siderur-

gici che l'uso dei residuati di guerra aveva sensibilmente peggiorato.

Ma i nove anni di esperimento ora trascorsi hanno dimostrato che le pratiche possibilità della metallurgia non raggiungono i caratteri meccanici allora stabiliti e ciò per la necessità di valersi con molta larghezza di rottami di provenienza e natura diverse, nella fabbricazione dell'acciaio per lamiere da tubi. E perciò nelle nuove norme è stata apportata una moderata riduzione dei valori limiti, stabiliti nella misura del 10 % per gli allungamenti e di 1 kg/mm² per le resistenze. La Commissione ha preso pure in attento esame la questione della prova di resilienza ed ha deliberato di ridurre di due a tre unità i valori limiti prima prescritti.

Gli altri punti, in cui le nuove norme differiscono dalle precedenti riguardano:

1) le modalità costruttive e le condizioni di sicurezza delle tubazioni cerchiate con anelli senza saldatura;

2) la definizione dell'acciaio occorrente per i bolloni delle tubazioni;

3) i criteri di calcolo delle tubazioni per rapporto al colpo d'ariete e alle sollecitazioni secondarie dovute alle condizioni di posa;

4) i carichi di sicurezza rispetto al cimento trasversale delle tubazioni;

5) la prova di collaudo delle brevi condotte facilmente ispezionabili.

Riteniamo di fare cosa gradita ai nostri lettori riportando integralmente il testo delle nuove norme.

PARTE I.

Natura e qualita' dei materiali da impiegarsi nella costruzione delle condotte.

Art. 1. – I tubi metallici per condotte forzate possono essere costituiti:

a) di acciaio semiduro;

b) di acciaio extradolce.

I pezzi speciali possono essere costituiti anche di acciaio in getti.

I chiodi debbono essere fabbricati con acciaio extradolce.

I bulloni possono essere costruiti in acciaio dolce oppure in acciaio speciale al nichel.

Art. 2. – *Acciaio semiduro per tubi senza saldatura (trafilati).* — L'acciaio ordinario al carbonio per la fabbricazione di tubi senza saldatura deve avere una resistenza alla trazione compresa tra i 55 e 65 kg/mmq ed un allungamento di rottura compreso tra il 18 e il 14 %; al quale corrisponde una contrazione tra il 42 e il 33 %.

Tali caratteristiche saranno verificate su barrette lunghe normali ($l \times 11,3 \sqrt{F}$) ricavate longitudinalmente dai tubi finiti, senza operazioni di spianamento.

Il numero di resilienza verificato su barrette tipo Mesnager non dovrà risultare inferiore a 6 kgm/cmq.

Inoltre anelli ricavati pure da tubi finiti dovranno potersi appiattire a freddo fino ad una distanza tra le facce interne uguali a sei volte lo spessore, senza manifestare screpolature o lesioni.

Qualora il costruttore intendesse impiegare altra qualità di acciaio, ovvero volesse adottare speciali trattamenti termici, dovrà preventivamente indicarne le caratteristiche e fornire i campioni necessari per un controllo esauriente di esse.

Art. 3. – *Acciaio dolce per gli anelli di cerchiatura (blindatura) dei tubi.* — Per tubazioni cerchiate si intendono quelle rinforzate con anelli in un sol pezzo, senza saldatura o bollitura, ricavati mediante laminazione da lingotti fucinati, ed applicati con semplice forzamento termico sulla parete esterna del tubo.

L'acciaio per gli anelli di cerchiatura dovrà presentare le seguenti caratteristiche meccaniche: carico di snervamento non inferiore a 28 kg/mmq.; resistenza alla trazione compresa tra 45 e 55 kg/mmq; allungamento minimo di rottura: su barretta lunga ($l \times 11,3 \sqrt{F}$) 22 a 18 %, su barretta corta ($l \times 5,65 \sqrt{F}$) 27 a 23 %; numero di resilienza (su barretta Mesnager) non inferiore a 7 kgm/cmq.

Art. 4. – *Acciaio extradolce in lamiere per tubi chiodati o saldati ed in barre per chiodi.* — L'acciaio extradolce per lamiere da tubi e per barre da chiodi non potrà contenere fosforo e solfo in quantità superiore al 0,05 % ciascuno; inoltre le lamiere, che debbono essere sottoposte a saldatura, non potranno contenere più del 0,6 % di manganese, del 0,02 % di silicio, del 0,08 % complessivamente di rame e di arsenico, escludendo in massima la presenza di altri elementi, perchè nocivi alla saldabilità. Qualora l'analisi non accusi la presenza di silicio, si potrà tollerare un tenore più elevato in rame ed in arsenico, purchè Cu + 2 As non superi 0,20 %.

Le lamiere dovranno di norma essere ricotte in adatti forni, in cui siano impediti il processo di ossidazione del metallo ed i colpi di fiamma diretti e la temperatura si mantenga uniforme, regolabile e controllabile. Per accordi col fabbricante di tubi potrà essere omessa la ricottura delle lamiere da sottoporsi alla saldatura.

Art. 5. – *Acciaio in barre per bulloni.* — L'acciaio dolce per la costruzione dei bulloni non potrà contenere fosforo e solfo in quantità superiore al 0,05 % ciascuno.

L'acciaio al nichel dovrà essere del tipo cosidetto al 3 % di nichel.

Art. 6. – *Prove meccaniche e tecnologiche delle lamiere per tubi chiodati e saldati, e delle barre per chiodi e bulloni.* — Barrette ricavate dai lembi delle lamiere ricotte (possibilmente nella zona superiore dell'asse del lingotto) sia longitudinalmente sia trasversalmente, dovranno presentare le caratteristiche delle seguenti tabelle, nelle quali si intende che alle resistenze minime devono corrispondere gli allungamenti e le contrazioni massime.

Per le resistenze intermedie si richiedono gli allungamenti e le contrazioni che risultano interpolando linearmente tra i valori estremi.

Resta inteso che la misura della contrazione serve come indice di attendibilità dell'allungamento ed autorizza a scartarne il risultato, quando non vi sia la corrispondenza che i limiti stabiliscono, come avviene nel caso della formazione di più sezioni contratte.

Le lamiere per la costruzione dei tubi debbono inoltre essere sottoposte, allo stato di ricottura, alle prove di resilienza.

La ricottura dello spezzone prelevato dalla lamiera per il saggio dovrà essere eseguita con le precise modalità di quella che ha luogo per i tubi finiti, avendo speciale riguardo a riprodurre esattamente il processo di raffreddamento.

Le barrette per la prova di resilienza avranno una lunghezza, parallela al senso della laminazione, di mm 55, una altezza di mm 10 ed una grossezza, ricavata nello spessore della lamiera, di mm 10, ovvero uguale allo spessore se questo è inferiore a mm 10.

L'intaglio del tipo Mesnager sarà fatto in quest'ultimo lato.

La temperatura del saggio sottoposto a prova di resilienza non deve essere minore di 15° nè maggiore di 35° centigradi.

Il numero di resilienza non dovrà risultare inferiore a 8 kgm/cmq.

Le barre per i chiodi devono possedere le seguenti caratteristiche:

resistenza alla trazione: kg 34 a 40 per mmq;
allungamento minimo di rottura: su barretta lunga 27 %, su barretta corta 33 %; contrazione 58 %.

Su di esse si dovranno eseguire prove di piegamento a freddo a 180° sopra una spina avente il diametro uguale alla metà di quello della barra fino a mm 20 e sopra una spina di diametro uguale a quello della barra se maggiore di mm 20.

Le barre per i bulloni dovranno possedere le seguenti caratteristiche meccaniche:

a) per i bulloni di acciaio dolce:
resistenza minima alla trazione kg 37 per mmq;
allungamento minimo di rottura: su barretta lunga 20%, su barretta corta 25%;

b) per bulloni di acciaio al nichel:
resistenza minima alla trazione kg 55 per mmq;
allungamento minimo di rottura: su barretta lunga 18%, su barretta corta 22 %; contrazione 50 %.

Art. 7. – *Regolamentazione delle prove sui materiali.* — Le prove per la verifica delle qualità dei materiali verranno eseguite per ogni colata nel caso di tubi di acciaio senza saldatura (trafilati), o di pezzi speciali di acciaio in getti, e per ogni colata e spessore nel caso di tubi in lamiera chiodata o saldata.

Le provette per gli esperimenti saranno ricavate da almeno due lamiere per ciascun gruppo.

Verificandosi deficienze anche in una sola delle lamiere prescelte, la prova dovrà essere estesa a tutte le lamiere del gruppo.

Per i chiodi ed i bulloni le barrette si ricaveranno dal 2 % delle barre di ogni colata.

Per gli anelli di cerchiatura si ricaveranno barrette fucinate da un lingotto per ogni colata; in caso di esito negativo, si ripeterà la prova su barrette di altri due lingotti.

Il fornitore dei materiali dovrà, se richiesto, indicarne l'analisi chimica.

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DELLE LAMIERE PER TUBI CHIODATI.

PROVE DI TRAZIONE						
Carico di rottura	Barretta proporzionale	Allungamento percentuale minimo per spessori di millimetri				
		5 a 15	16 a 20	21 a 25	26 a 30	31 a 35
kg/mmq minimo: 37 — massimo: 45	lunga $l = 11{,}3 \sqrt{F}$	24 a 22	23 a 21	22 a 20	21 a 19	20 a 18
	corta $l = 5{,}65 \sqrt{F}$	29 a 26	28 a 25	27 a 24	26 a 23	25 a 22
	Contrazione percentuale minima	60 a 50	58 a 48	56 a 46	54 a 44	52 a 42

PROVE DI PIEGAMENTO

(barrette ricavate nelle due direzioni ortogonali)

Piegamento a 180° senza screpolature. Distanza A tra le faccie interne per spessori di lamiera s:

$A = 0{,}5\, s$ per $s = 5$ a 20 mm.
$A = s$ per $s = 21$ a 35 mm.

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DELLE LAMIERE PER TUBI SALDATI.

PROVE DI TRAZIONE										
Carico di rottura	Barretta proporzionale	Allungamento percentuale minimo per spessori di millimetri								
		5 a 15	16 a 20	21 a 25	26 a 30	31 a 35	36 a 40	41 a 45	46 a 50	51 ed oltre
kg/mmq minimo: 34 — massimo: 40	lunga $l = 11{,}3 \sqrt{F}$	28 a 25	27 a 24	26 a 23	25 a 22	24 a 21	23 a 20	22 a 19	21 a 18	20 a 17
	corta $l = 5{,}65 \sqrt{F}$	34 a 30	33 a 29	32 a 28	31 a 27	30 a 26	29 a 25	28 a 24	27 a 23	26 a 22
	Contrazione percentuale minima	62 a 55	60 a 53	58 a 51	56 a 49	54 a 47	52 a 45	50 a 43	48 a 41	46 a 39

PROVE DI PIEGAMENTO

(barrette ricavate nelle due direzioni ortogonali)

Piegamento a 180° senza screpolature. Distanza A tra le faccie interne per spessori di lamiera s:

$A = 0{,}5\, s$ per $s = 5$ a 15 mm
$A = s$ per $s = 21$ a 40 mm
$A = 2\, s$ per $s > 40$ mm

Art. 8. – *Prove di saldatura.* — Per le lamiere destinate alla fabbricazione di tubi saldati è richiesta anche una speciale prova di saldatura. A tale scopo, nello stabilimento del costruttore delle tubazioni, impiegando i mezzi correnti di saldatura, verranno saldate, per una lunghezza di almeno un metro, due lamiere dello spessore minimo e due dello spessore massimo da impiegare nella tubazione, ricuocendo successivamente il pezzo nei forni appositi.

Se la saldatura apparirà ben riuscita, e, spalmata di petrolio, non darà luogo ad alcun trasudamento, si ricaveranno attraverso ad essa non meno di 10 barrette da sottoporsi a prove di trazione e di piegamento.

Tali barrette avranno una dimensione uguale allo spessore della lamiera.

Le barrette per la prova di trazione verranno ridotte di larghezza a 4/5 nel tratto comprendente la saldatura, con opportuno raccordo ai tratti continui, per modo da assicurare che la rottura avvenga nel tratto stesso. Nelle prove di trazione, da eseguirsi almeno sopra cinque barrette, il carico di rottura medio non dovrà risultare inferiore a 30 kg/mmq e nessuna delle barrette provate dovrà presentare una resistenza inferiore a 25 kg/mmq.

Le barrette per la prova di piegamento, anch'esse in numero di 5 almeno, avranno di norma la seconda dimensione tripla dello spessore, e in nessun caso minore dello spessore.

Nelle prove di piegamento la rotazione relativa dei due capi della barretta dovrà raggiungere i 180° con una distanza tra le faccie interne uguale ad 8 volte lo spessore, e si richiede che in tre almeno dei 5 saggi tale prova possa compiersi senza che si manifesti alcuna screpolatura sulla faccia esterna, nè alcun distacco lungo la linea di saldatura.

Art. 9. – *Acciaio in getti.* — I pezzi fusi dovranno essere ricotti in forni adatti allo scopo; insieme coi pezzi verranno fuse e ricotte le barrette destinate alle prove, e dopo la ricottura staccate.

Dalle prove di trazione si richiederà una resistenza alla rottura compresa tra 40 e 50 kg/mmq ed un allungamento (su barretta corta) del 22 al 18 %, corrispondente ad una contrazione del 32 al 24 %, dovendosi al solito esigere che gli allungamenti massimi si verifichino per le resistenze minime con interpolazione lineare per i valori intermedi, come fu spiegato all'art. 6.

PARTE II.

Norme costruttive.

Art. 10. – *Tubi di acciaio senza saldatura* (*trafilati*). — I tubi in acciaio senza saldatura devono avere superficie interna ed esterna liscia e sezione circolare.

Piccole alterazioni di forma sono tollerabili se lo spessore minimo da prescriversi in ogni caso è rispettato. Le tolleranze si riferiscono al diametro esterno nella misura dell'1 % in più od in meno fino a 200 mm dell'1,5 % oltre i 200 mm.

Art. 11. – *Tubi di acciaio extradolce.* — L'incurvamento delle lamiere per la fabbricazione dei tubi potrà essere eseguito a freddo, quando il raggio di curvatura non sia inferiore a 20 volte lo spessore di esse.

Si potrà scendere al disotto di tale limite quando si provveda alla ricottura del tubo.

Art. 12. – *Tubi chiodati.* — I fori per le chiodature devono essere eseguiti al trapano; tuttavia nelle lamiere di spessore non superiore a 10 mm si può tollerare la foratura al punzone secondo un diametro di almeno 5 mm inferiore al definitivo, il quale deve essere raggiunto mediante alesatura. In ogni caso è vietato l'uso delle spine di acciaio per allargamento.

I fori dei lembi da chiodare devono corrispondersi esattamente e le lamiere devono essere portate a perfetto combaciamento prima dell'applicazione dei chiodi. Le due teste di ogni chiodo devono risultare perfettamente coassiali. La ribaditura dei chiodi nelle unioni longitudinali si eseguirà in officina per mezzo di chiodatrici meccaniche a pressione graduale, essendo escluso l'impiego di martelli pneumatici, elettrici, ecc., salvo nelle lavorazioni in cantiere, quando se ne presentasse la necessità.

Art. 13. – *Tubi saldati.* — Il processo di saldatura delle lamiere, da eseguirsi nella fabbricazione di questo tipo di

tubi, sarà di norma quello della bollitura, ottenuta previo riscaldamento con fiamma al gas d'acqua o altro mezzo.

La zona saldata dovrà risultare di spessore uniforme, esente da porosità, bruciature, scorie, scaglie, screpolature ed altri difetti. È assolutamente vietato dissimulare i difetti di saldatura per mezzo di cianfrinature o applicazioni di mastici.

Tutti i tubi saldati debbono essere accuratamente ricotti, e quindi passati nuovamente alla calandra. Nei forni di ricottura la fiamma non dovrà investire direttamente i tubi, nè essere ossidante; la temperatura dovrà essere uniforme, regolabile e controllabile.

Art. 14. – *Tubi cerchiati.* — L'anima dei tubi cerchiati sarà costituita da un tubo di lamiera saldata secondo le prescrizioni dell'articolo 13.

Gli anelli dovranno essere applicati a caldo ed in modo da risultare bene aderenti al tubo, senza l'applicazione di mastici, spessori od altro.

L'integrità della superficie degli anelli collocati in opera sarà richiesta come garanzia che per infilarli nella posizione assegnata non sono state necessarie operazioni violente di mazza.

Art. 15. – *Giunzioni trasversali.* — Saranno fatte mediante chiodature o mediante briglie da riunirsi con bulloni, assicurandone in tal caso la tenuta per mezzo di guarniture.

Di norma le giunzioni da eseguirsi sul cantiere si possono effettuare con chiodature per diametri superiori a 550 mm. Al disotto di tal limite è necessario provvedervi con briglie.

Art. 16. – *Pezzi speciali.* — È desiderabile che i gomiti e in generale i pezzi speciali vengano muniti di flangie di unione e siano costruiti in modo da permettere la prova idraulica in officina.

Le modalità di tracciamento e di orientazione di tali pezzi devono essere tali da non dar luogo ad accumulazioni di aria, e da avviare le linee di flusso dell'acqua nel modo migliore.

Art. 17. – *Dispositivi di sicurezza.* — All'imbocco della condotta deve collocarsi almeno un apparecchio od un dispositivo di sicurezza, che interrompa automaticamente il deflusso nel caso che la velocità dell'acqua superi il doppio della velocità di esercizio. Tale apparecchio dovrà essere al tempo stesso comandabile sia a distanza dalla centrale, sia e mano. Nel caso in cui il comando a distanza dalla centrale sia fatto elettricamente, esso deve dipendere da un circuito alimentato da energia diversa da quella direttamente prodotta con la tubazione sulla quale è inserito l'apparecchio di sicurezza.

A monte di esso si dovrà collocare un organo di chiusura (valvola, paratoia, saracinesca) non automatico.

A valle deve collocarsi un ampio tubo piezometrico, o, quando ciò riesca difficile per ragioni costruttive, una valvola di entrata e di uscita dell'aria.

PARTE III.

Norme di calcolo.

Art. 18. – I calcoli di resistenza dei singoli elementi delle condotte devono essere fatti:

a) per una pressione interna uguale alla somma della pressione idrostatica corrispondente al livello massimo dell'acqua nella camera di carico, e della sovrapressione dovuta al colpo d'ariete più sfavorevole tra quanti si possono verificare nelle condizioni normali di esercizio;

b) per le altre sollecitazioni, che possono derivare dal peso proprio, in relazione all'andamento altimetrico e planimetrico della condotta, dalla distanza tra gli appoggi, dalla funzione degli ancoraggi e dei giunti di dilatazione, dall'influenza delle variazioni di temperatura, dall'attrito tra tubazioni ed appoggi, ecc.; il coefficiente di attrito per appoggi a scorrimento fra superficie di ferro, ghisa o acciaio fuso, dovrà essere assunto non inferiore a 0,5.

Per quanto riguarda il punto *a*), la sovrapressione massima che occorre considerare dipende, come è noto:

1° dal rapporto caratteristico della tubazione

$$\frac{a\, v_0}{2\, g y_0},$$

dove v_0 ed y_0 sono la velocità e la pressione in colonna d'acqua corrispondenti al regime di massima portata nella sezione più bassa della conduttura,

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48{,}3 + 0{,}5\,\frac{d}{s}}}$$

è la velocità di propagazione dell'onda di sovrapressione in metri al secondo, calcolabile introducendo come diametro *d* del tubo e spessore *s* della parete i loro valori medi;

2° dalla rapidità di chiusura dell'otturatore comandato dal regolatore della turbina, la cui velocità di azione si definisce col così detto tempo di chiusura T, necessario a chiudere interamente la luce di efflusso, inizialmente tutta aperta.

Nei casi normali si debbono esigere tempi di chiusura abbastanza lunghi e sempre tali che sia:

$$T > \frac{2\,L}{a}$$

essendo L la lunghezza della conduttura; e si dovranno pure richiedere deviatori di getto e scarichi sincroni per compensare la lentezza di chiusura degli otturatori agli effetti della regolazione della turbina, nonchè un elevato momento d'inerzia della girante del turbo-alternatore.

In questa ipotesi la sovrapressione massima alla base della tubazione dovuta al colpo di ariete si può calcolare con gli abachi dati dall'Ing. Allievi nella sua fondamentale « Teoria del colpo di ariete » e il valore assunto nel calcoli della tubazione dovrà essere appunto quello che il costruttore della turbina fisserà, tenendo conto della possibilità di una simultanea attività massima degli otturatori di tutte le turbine, servite da una stessa tubazione, ma in nessun caso inferiore al 10 % della pressione idrostatica.

Si ammetterà inoltre che la stessa percentuale di sopvrapressione idrostatica possa rappresentare l'effetto più grave del colpo di ariete nelle altre sezioni della tubazione.

Nei casi eccezionali per cui si abbia invece:

$$T \leq \frac{2\,L}{a}$$

la massima sovrapressione per il colpo d'ariete nelle tubazion di spessore e diametro costante è data, in altezza di colonna d'acqua, dà:

$$\frac{a\, v_0}{g};$$

nelle tubazioni di spessore e diametro variabili, per le quali la velocità *a* di propagazione dell'onda varia da a_2 nella sezione di imbocco (parere sottile) ad a_1 nella sezione di sbocco (parete grossa), posto

$$b = \frac{a_1 - a_2}{a_1 + a_2},$$

la massima sovrapressione si deduce colla formola di De Sparre:

$$(1 + 8\, b - 4\, b^2)\,\frac{a_1\, v_0}{g}.$$

Si ammetterà poi che tali sovrapressioni si verifichino per un tratto di tubazione la cui lunghezza, a partire dallo sbocco, è data da:

$$\frac{n - 1}{n}\, L,$$

essendo

$$n = \frac{2\,L}{a\,T}.$$

Come criterio complementare di verifica, si considererà pure il caso anormale della chiusura istantanea di un solo degli otturatori del gruppo di turbine azionate.

Per le sollecitazioni calcolate in questa ipotesi, particolarmente gravosa per i tronchi superiori della conduttura, si intenderanno adottabili carichi di sicurezza doppi di quelli prescritti nell'articolo 19, verificando rispetto ad essi gli spessori dei tronchi suddetti.

Art. 19. – La determinazione degli spessori dei singoli elementi sarà fatta in modo da non superare i seguenti carichi di sicurezza:

	kg/mmq
Pezzi in acciaio colato	7,0;
Tubi in acciaio trafilati senza saldatura:	12,5;
Tubi chiodati (sezione netta lungo la chiodatura):	
tubi a coprigiunto doppio	10,5;
tubi a sovrapposizione	9,5;
Tubi saldati	8,5;
Tubi cerchiati	10,0;

Il calcolo dei tubi cerchiati si intende eseguito come prescritto all'articolo 18 commi *a*) e *b*), facendo astrazione dalle sollecitazioni iniziali dovute al forzamento degli anelli. Il carico di sicurezza sopra indicato presuppone che la sezione resistente degli anelli sia almeno metà di quella dell'anima del tubo.

Per i tubi collettori e distributori, per i tratti di tubazione a monte degli apparecchi di sicurezza prescritti dall'articolo 17, per i pezzi speciali a gomito ed in genere per i pezzi che difficilmente si possono sottoporre ad un calcolo rigoroso, la massima sollecitazione calcolabile coi procedimenti approssimati di verifica verrà aumentata nella misura del 15 % prima di confrontarla coi carichi di sicurezza prescritti.

In ogni caso l'aumento di spessore che risulterà da questo aumento della sollecitazione dovrà essere di almeno 2 mm.

Art. 20. – I diametri dei chiodi per le chiodature longitudinali si calcoleranno per sollecitazione riferita all'area delle sezioni resistenti, in ragione dei seguenti carichi di sicurezza:

per chiodature a sovrapposizione semplici: 7,7 kg/mmq;
per chiodature a sovrapposizione doppie: 7,2 »
per chiodature a doppio coprigiunto: 6,2 »

Le chiodature trasversali si proporzioneranno tenendo conto sia della resistenza, sia, sopra tutto, della tenuta.

I diametri dei bulloni si calcoleranno per sollecitazioni riferite all'area della sezione del nocciolo, in ragione dei seguenti carichi di sicurezza:

per bulloni ricavati da barre di acciaio dolce: 6,0 kg/mmq;
per bulloni ricavati da barre di acciaio al nichel: 8,5 »

Nel calcolare le sollecitazioni si dovrà tener conto anche degli sforzi derivanti dal serraggio iniziale che occorre effettuare per assicurare la tenuta delle guarnizioni. Tali sforzi non vanno però integralmente aggiunti a quelli di esercizio, ma combinati secondo le note regole della resistenza dei materiali.

Art. 21. – Determinati gli spessori dei singoli elementi secondo le ipotesi ed i carichi di sicurezza sopra indicati, occorre verificare se gli spessori stessi sono sufficienti per resistere, anche nelle seguenti speciali condizioni di sollecitazione:

a) durante il riempimento ed il vuotamento delle condotte, che provocano nei tronchi più sottili e di maggior diametro cimenti di natura ben diversa da quelli dell'esercizio normale.

Se le tensioni corrispondenti superano del 50 % i carichi di sicurezza stabiliti, occorre aumentare lo spessore delle pareti e aggiungere nervature di rinforzo;

b) rispetto alla possibilità di schiacciamento per la formazione di forti depressioni nell'interno della conduttura, dovute sia a false manovre delle valvole all'imbocco, sia a mancato funzionamento dei tubi piezometrici o delle valvole di ingresso d'aria, sia ai contraccolpi di depressione prodotti dai rapidi movimenti degli otturatori.

Ritenuto sufficiente per questa sollecitazione un rapporto di sicurezza uguale a 2, e dedotta la massima depressione p', basterà verificare se, nel caso di tubi lisci, sia:

$$\frac{s}{d} \geq \sqrt[3]{\frac{p'}{E}}$$

ovvero, per i tubi rinforzati con nervature che si ripetono periodicamente a distanza l, detto J il momento di inerzia dell'insieme della nervatura col tratto corrispondente di parete, rispetto al proprio asse baricentrico longitudinale, si abbia:

$$\frac{J/l}{d^3} \geq \frac{p'}{12\,E}.$$

Si richiede che alla depressione p' venga attribuita per la verifica il massimo valore fisicamente possibile di un'atmosfera, nel qual caso si deduce come limite inferiore del rapporto tra spessore s della parete e diametro d la frazione 1/130.

Nei tronchi pei quali tale valore limite non fosse rispettato, occorre aumentare lo spessore della parete, ovvero aggiungere nervature di rinforzo calcolabili con la seconda delle formole sopra indicate.

PARTE IV.

Prove dei tubi e della tubazione.

Art. 22. – I tubi di acciaio senza saldatura, i tubi saldati ed i tubi cerchiati devono essere sottoposti nell'officina del costruttore alle prove idrauliche elemento per elemento.

La pressione di prova dovrà essere tale da provocare sulle pareti dei singoli elementi sollecitazioni unitarie uguali ad una volta e mezzo i carichi di sicurezza indicati per i diversi tipi di materiali e di struttura nell'articolo 19; essa sarà mantenuta almeno per 15 minuti. Durante la prova i tubi verranno percossi con leggeri colpi di martello lungo la saldatura.

Per i tubi cerchiati, deve essere sottoposto alla prova anche il tubo costituente l'anima prima dell'applicazione degli anelli, secondo le prescrizioni sopraindicate per i tubi saldati.

Art. 23. – Sulle condotte in opera verranno eseguite le due prove seguenti:

a) prova di riempimento lento, durante la quale si visiterà la condotta con speciale riguardo ai tronchi con parete sottile e piccola pendenza, potendosi in essi verificare le speciali condizioni di sollecitazione indicate nell'articolo 21;

b) prova idraulica della condotta intera, o suddivisa in tronchi, ad una pressione tale da provocare nelle pareti dei singoli elementi del tronco in prova sollecitazioni unitarie variabili tra un massimo di 1,5 ed un minimo 1,25 volte i carichi di sicurezza indicati nell'articolo 19.

Per la definizione delle particolarità di tale prova, debbono intervenire accordi col costruttore all'atto della ordinazione della condotta, affinchè questi possa predisporre il necessario numero di giunti a flangie e di fondi di chiusura dei singoli tronchi, e prevedere le dimensioni degli ancoraggi adeguati alle speciali sollecitazioni della prova stessa.

La prova può essere soppressa ed abbinata con l'esperimento di collaudo delle turbine, quando le dimensioni delle tubazioni siano tali che il prodotto del loro diametro (espresso in metri) per il carico idrostatico sul punto più basso (espresso in metri d'altezza di colonna d'acqua) non superi il valore 100.

NUOVA UTILIZZAZIONE DEI PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE NELLE CENTRALI TERMOELETTRICHE (b

La California Carbonic Ice Company, riferisce l'*Electrical World*, si propone di utilizzare i prodotti della combustione che ora vanno dispersi dal camino della centrale A della Pacific Gas e Electric Company di San Francisco, come materia prima per un impianto capace di produrre 50 tonnellate giornaliere di anidride carbonica solida, il cosidetto «ghiaccio asciutto»; questo sarà il primo impianto che adopererà come materia prima l'anidride carbonica proveniente dalla combustione di gas naturali a scopo di produzione di energia elettrica.

In tale centrale sarebbero disponibili ogni giorno circa 2000 tonn. di anidride carbonica, esente da solfo, ciò che ne semplifica moltissima la depurazione; essa contiene invece grandi quantità di vapore acqueo, che si pensa di condensare per ricavarne acqua distillata di notevole purezza da adoperarsi per l'alimentazione delle caldaie a vapore della medesima centrale.

LE TASSE E L'INDUSTRIA ELETTRICA NEGLI STATI UNITI D'AMERICA (c

Dalle seguenti cifre pubblicate nelle statistiche della NELA si ricava che l'importo delle tasse (federali, statali e locali) pagate dalle Aziende elettriche negli Stati Uniti è salito da dollari 2 654 885 nel 1902 a dollari 203 500 000 nel 1930; la quota percentuale che l'importo delle tasse medesime rappresenta rispetto all'introito totale conseguito dalle aziende per la vendita di energia elettrica è cresciuto dal 3,4% nel 1902 al 10,2 % nel 1930; in altre parole l'incremento delle tasse, in detto periodo, è stato triplo dell'incremento degli introiti.

Anno	Importo totale tasse in dollari	% dell'introito totale
1902	2 654 885	3,4
1907	6 345 796	4,2
1912	13 117 198	5,2
1917	29 897 106	6,9
1922	73 128 440	8,4
1926	140 400 000	9,3
1927	157 000 000	9,4
1928	178 000 000	9,5
1929	187 000 000	9,7
1930	203 500 000	10,2

Interessante è pure il calcolo della percentuale assorbita dalle tasse riferita a quella sola parte dell'introito dovuta alla ven-

dita di energia a scopo domestico, escluso cioè ogni scopo commerciale ed industriale:

Anno	Importo totale tasse pagate in dollari	Introiti per usi domestici in dollari	% delle tasse
1912	13 117 198	74 000 000	18
1917	29 997 106	108 000 000	28
1922	73 128 440	256 000 000	29
1926	140 400 000	432 000 000	32
9127	157 000 000	474 000 000	33
1928	178 000 000	518 000 000	34
1929	187.000 000	561 000 000	33
1930	203 500 000	600 000 000	34

d) LA VARIAZIONE DEL CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA NEGLI STATI UNITI SECONDO L'USO

È interessante di esaminare l'effetto, che si ha del resto pressochè in altri paesi, che negli Stati Uniti ha avuto la attuale crisi sopra il consumo di energia elettrica, distinto a seconda delle varie categorie di utenze; riportiamo pertanto la tabella ultimamente pubblicata dalla NELA e riflettente i consumi dei primo otto mesi degli anni 1929, 1930 e 1931:

UTENZE	Consumo in milioni di kWh			Aumento in % consumi 1931 su quelli degli anni	
	1931	1930	1929	1930	1929
Domestiche	7.681	7.115	6.212	+ 2,9	+23,7
Commerciali, luce e picc. f. m.	9.208	9.095	8.456	+ 1,2	+ 8,9
Commerc. e grandi utenze	25.954	28.442	29.331	— 8,7	—11,5
Illuminazione pubblica . .	1.467	1.400	1.272	+ 4,8	+15,3
Tramvie	3.114	3.256	3.358	— 4,4	— 7,3
Ferrovie	395	387	401	+ 2,1	— 1,5
Varie	308	328	275	— 6,2	+12,0
Totale.	48.127	50.023	49.305	— 3,8	— 2,4

Dalle cifre sopra riportate appare veramente degno di nota l'incremento subito dal consumo per le utenze domestiche, quasi il 25% in soli due anni; notevole pure è l'incremento dell'illuminazione pubblica stradale. Le piccole utenze industriali e commerciali hanno avuto pure un incremento, per quanto assai lieve, mentre la diminuzione sostanziale del consumo totale è dovuta alla contrazione del consumo delle grandi utenze che, per quanto abbia raggiunto soltanto l'11,5% in due anni, ha un valore notevole, perchè la categoria delle grandi utenze preleva circa i tre quinti del consumo totale.

e) INGEGNERIA SANITARIA ED URBANISTICA

Il III° Congresso internazionale di Ingegneria Sanitaria ed Igiene Urbanistica, avrà luogo a Lione dal 6 al 9 marzo del prossimo anno.

Il grande successo che ottenne nell'aprile di questo anno il Congresso che ebbe luogo a Milano sotto l'alto patronato di S. M. il Re ed al quale parteciparono i delegati di ben trentadue Nazioni, lascia presumere che le Provincie, i Comuni, gli Ente sopratutto i tecnici e gli esperti italiani contribuiranno nel prossimo anno a rendere numerosa e degna la rappresentanza italiana in Francia.

Anche a Lione il Congresso sarà integrato da una Esposizione Internazionale alla quale parteciperanno, nella sezione documentaria, i Governi e gli Enti pubblici e nella sezione industriale gli interessati.

Tutti i chiarimenti concernenti le inscrizioni, sia al Congresso che alla Mostra, i ribassi ferroviari ed ecc. possono essere richiesti alla Delegazione Internazionale di Tecnica Sanitaria e di Igiene Urbanistica, in Viale Romagna, N. 51 a Milano.

LE APPLICAZIONI ELETTRODOMESTICHE NEL CANADA' (f

L'*Electrical World* del 28 novembre 1931, informa che al principio dell'anno 1931 si stimava che nel Canadà vi fossero istallati in complesso i seguenti apparecchi elettrodomestici:

84 000 frigoriferi elettrici
210 000 cucine elettriche
800 000 apparecchi radio
350 000 aspira-polvere
560 000 tosta pane elettrici
84 000 scalda-acqua elettrici
350 000 lavatrici elettriche
70 000 ventilatori elettrici.

Tutti questi apparecchi consumarono da soli nel 1930 ben 908 080 000 kWh e l'importo complessivo del consumo di energia elettrica per uso domestico, compresa però anche la luce, ammontò per quello stesso anno, ad oltre 700 milioni di lire.

L'ELETTRICITA' IN AGRICOLTURA NELLA NEW ENGLAND (U. S. A.) (g

I primi dati pubblicati (nei bollettini della NELA) sul censimento agricolo eseguito il 1° aprile 1930 negli Stati Uniti d'America mostrano come nei sei Stati della New England (Massachussets, Connecticut, Rhode Island, Maine, New Hampshire e Vermont), sopra a un totale di 124.955 fattorie e cascinali esistenti, 51.439 (cioè il 40,2% del totale) erano fornite di impianto elettrico almeno per l'illuminazione e di queste 5.917 (il 3,8% del totale) avevano un impianto generatore proprio, mentre 45.522 (il 36,4 del totale) erano allacciate alle reti delle aziende distributrici di energia elettrica. Ben 77.084 (61,7 %) erano munite di telefono e 36.684 (26,2%) avevano il bagno con acqua corrente. In 14.792 cascinali (il 32 % di quelli forniti di corrente elettrica) vi erano in totale 23.746 motori elettrici, mentre in altri 27.828 cascinali si trovavano istallati 34.481 motori a scoppio fissi.

Necrologio

A Milano, il 26 dicembre, la Signora Rina Archivolti ved. Norsa, madre dell'Ing. Comm. Renzo Norsa, Consigliere Delegato della Compagnia Generale di Elettricità.

A Legnago, il 26 dicembre, il Cav. Ing. Giovanni Orlandi, Presidente della Cooperativa Elettrica Legnaghese.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore*
ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO
Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO
ING. ETTORE CESARI, *Redattore-Capo responsabile*

Indice dell'anno 1931 - Volume VIII

Indice per Autori

Indice per Materie

1. Atti Ufficiali dell'UNFIEL. — 2. Apparecchi di comando, regolazione e protezione. — 3. Applicazioni agricole dell'elettricità. — 4. Applicazioni varie dell'elettricità. — 5. Canali, condotte, gallerie. — 6. Congressi, esposizioni, concorsi. — 7. Dighe, sbarramenti, serbatoi. — 8. Economia e finanze. — 9. Elettrotecnica in generale. — 10. Elettrochimica, elettrotermica, elettrometallurgia. — 11. Esercizio. — 12. Fatti e testimonianze. — 13. Idrologia e idraulica. — 14. Impianti idroelettrici. — 15. Impianti termoelettrici. — 16. Insegnamento, scuole e laboratori. — 17. Legislazione e giurisprudenza. — 18. Materiali e costruzioni. — 19. Macchine elettriche (alternatori, dinamo e motori). — 20. Misure, prove, apparecchi e metodi. — 21. Motori primi, termici e idraulici. — 22. Necrologio. — 23. Norme e regolamenti. — 24. Pubblicazioni. — 25. Scienze fisiche e naturali. — 26. Statistica industriale. — 27. Tariffazione dell'energia, vendita e contributi. — 28. Trasformatori, convertitori e raddrizzatori. — 29. Trasporto e distribuzione dell'energia. — 30. Trazione e propulsione navale. — 31. Varie.

1) - UNFIEL

2) - APPARECCHI DI COMANDO, REGOLAZIONE E PROTEZIONE

3) - APPLICAZIONI AGRICOLE DELL'ELETTRICITA'

4) - APPLICAZIONI VARIE DELL'ELETTRICITA'

5) - CANALI, CONDOTTE, GALLERIE

13) - IDROLOGIA E IDRAULICA

ARTICOLI ORIGINALI

NOTE E RIASSUNTI

RASSEGNA TECNICA

SOMMARI

14) - IMPIANTI IDROELETTRICI

ARTICOLI ORIGINALI

NOTE E RIASSUNTI

RASSEGNA TECNICA

NOTIZIARIO

15) - IMPIANTI TERMOELETTRICI

ARTICOLI ORIGINALI

RASSEGNA TECNICA

SOMMARI

NOTIZIARIO

16) - INSEGNAMENTO, SCUOLE E LABORATORI

ARTICOLI ORIGINALI

NOTIZIARIO

17) - LEGISLAZIONE E GIURISPRUDENZA

ARTICOLI ORIGINALI

Diritto e Giurisprudenza :

25) - SCIENZE FISICHE E NATURALI

ARTICOLI ORIGINALI

RASSEGNA TECNICA

26) - STATISTICA INDUSTRIALE

ARTICOLI ORIGINALI

RASSEGNA TECNICA

NOTIZIARIO

27) - TARIFFICAZIONE DELL'ENERGIA VENDITA E CONTRIBUTI

ARTICOLI ORIGINALI

NOTE E RIASSUNTI

RASSEGNA TECNICA

28) - TRASFORMATORI, CONVERTITORI, E RADDRIZZATORI

ARTICOLI ORIGINALI

NOTE E RIASSUNTI

RASSEGNA TECNICA

NOTIZIARIO

29) - TRASPORTO E DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA

ARTICOLI ORIGINALI

NOTE E RIASSUNTI

RASSEGNA TECNICA

NOTIZIARIO

30) - TRAZIONE E PROPULSIONE NAVALE

ARTICOLI ORIGINALI

RASSEGNA TECNICA

NOTIZIARIO

31) - VARIE

ARTICOLI ORIGINALI

NOTE E RIASSUNTI

RASSEGNA TECNICA

NOTIZIARIO